Р. П. ДИДЫК, В. Н. ЗАБАРА, П. М. ШИЛОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТ ГОРНЫХ МАШИН

Издание третье
переработанное
и дополненное

Рекомендовано Министерством
образования Украины
в качестве учебника
для студентов
горных вузов

Дтпропетровськ
«Пороги»
1996

ББК 34.7
Д 44
УДК Д662.232 (75.8)

Рецензент: Академик НАН УкраТни В. Н. Потураев

Рассмотрены основы технологии производства, ремонта, монтажа горных машин и оборудования для шахт, карьеров и обогатительных фабрик. Приведены комплексные технологические процессы механической обработки типовых деталей горных машин. В отличие от предыдущих изданий в третье включены элементы проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ и изложены принципы программирования для различных типов станочного оборудования. Рассмотрены технологичность горных машин и деталей, элементов технологического нормирования, сборки и монтажа горных машин и комплексов. Изложены мероприятия по диагностике, подготовке машин и комплексов к ремонту, современные методы восстановления изношенных деталей. Приведенная в учебнике организация ремонта и обслуживания горных машин и оборудования включает новые сведения по автоматизации управления ремонтом на горных предприятиях.

Для студентов горных вузов и факультетов.

Видано в авторсьюй редакцм.

Автори книги щиро дякують колективу акцюнерного товариства "Днтроважмаш" за велику допомогу у виданж цього т'д ручника.

250100Q000-031
Д 96

ISBN 966-525-015-9

© Дидык Р. П.,
Забара В. Н.,
|Шилов ПГК],1996.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебнике отражен многолетний опыт преподавания специальных дисциплин "Технология горного машиностроения", "Ремонт и монтаж горного оборудования", "Эксплуатация и ремонт горных машин и оборудования", современные достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области технологии машиностроения и ремонтного производства, а также результаты исследований, проведенных кафедрой технологии горного машиностроения Днепропетроского горного института.

Учебник содержит две части. Первая часть посвящена технологии механической обработки типовых деталей горных машин. В отличие от предыдущих изданий в нем излагаются принципы проектирования технологического процесса производства горных машин с использованием станков с ЧПУ и гибких производственных систем (ГПС).

Вторая часть содержит необходимые сведения по эксплуатации, обслуживанию и ремонту горных машин. Задачи этого раздела заключаются в необходимости дать знания студентам по основам технологии ремонта и монтажа горного обрудования, технологии восстановления деталей машин, организации ремонтной службы. В этот раздел впервые включено описание элементов автоматизированного управления ремонтов оборудования на горных предприятиях. Высокий уровень механизации технологических процессов добычи полезных ископаемых, определяемый наличием тысяча единиц и более основных видов оборудования в пределах современной шахты, карьера, рудника со всей очевидностью убеждает в необходимости знания основ производства горных машин и комплексов, их обслуживания и ремонта для студентов, получивших квалификацию горного инженера.

Ч а с т ь 1. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ.

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является важнейшей отраслью народного хозяйства, т. к. обеспечивает технологические процессы средствами производства - машинами и механизмами. Технология машиностроения, как отрасль науки, изучает закономерности, действующие в процессе производства машин, чтобы использовать эти закономерности для обеспечения требуемого качества машин при наименьшей их себестоимости.

Основная задача отечественного машиностроения - на базе новейших достижений науки и техники и современных технологий выпускать в необходимом количестве для народного хозяйства высококачественные машины и орудия производства, отвечающих требованиям и уровню мировых стандартов.

Основоположником технологии машиностроения, как науки, является проф. И.А. Тимме (1838-1920), который создал первый капитальный труд "Основы машиностроения, организация машиностроительных фабрик в техническом и экономическом отношении и производство в них работ" (1885). Основополагающие работы в'области машиностроения изложены в трудах академика В.М. Саверина и йрофессора И.В. Двигунского. Дальнейшее развитие науки о машиностроении связано с именами Б.С. БалакШИиа, М.Е. Егорова, Н.Ф. Бородачева, К.В. Вотинова, Ф.С. Демьянюка, А.И. Каширина, А.П. Соколовского, Ю.М. Соломенцева, JI.H. Кошкина.

Различие машиностроительных производств определяется спецификой выпускаемого оборудования, масштабами его производства. Поэтому создание обобщающих научных трудов по технологии машиностроения сочетается с работами отражающими условия и опыт отдельных машиностроительных производств. Одной из таких развитых отраслей машиностроения Украины является горное машиностроение. Заводы этого профиля действуют в Харькове, Днепропетровске, Горловке, Донецке, Краматорске, Дружковке, Конотопе, Александрии, Рутченково, Кривом Роге и др. городах.

Горное машиностроение характеризуется широкой номенклатурой изделий, что обусловлено не только большим разноообразием горных машин, но и стремлением приспособить их к разнообразным горногеологическим условиям эксплуатации. В результате этого на заводах отрасли практически отсутствовало крупносерийное и массовое производство, что повышало себестоимость изготовления горной техники. Снижение удельных

затрат обеспечивалось постепенным повышением уровн,я стандартизации размеров, формы и относительного расположения обрабатываемых поверхностей детали и присоединительных поверхностей сборочных единиц горных машин. Результатом этого процесса явилось изменение масштабов производства, что позволило резко повысить уровень автоматизации горного машиностроения. Большое значение в настоящее время имеет широкое внедрение гибких переналаживаемых производственных систем и высокоэффективного оборудования со встроенными средствами управления и контроля на базе микропроцессорной техники.

Особенности горного машиностроения отражены в научной дисциплине "Технология производства горных машин". Горное машиностроение характеризуется широкой номенклатурой изделий, большим разнообразием габаритных размеров, массы горных машин и видов производства - единичного, мелкосерийного, серийного и массового. К горным машинам предъявляются специальные требования, вытекающие из специфики условий их применения - взрывобезопасность, пыленепроницаемость, ограничение габаритных размеров, коррозионная стойкость, способность противостоять ударным нагрузкам. Все эти требования необходимо учитывать в процессе непрерывного развития и совершенствования машин, приборов и механизмов для горной промышленности.

Технический прогресс в горной промышленности определяется значительным увеличением выпуска существующих горных машин и комплексов и освоением большого числа новых высокопроизводительных машин. Большое внимание при этом должно уделяться повышению качества, надежности и долгошнности машин, а также их прогрессивному обслуживанию, ремонту и монтажу.

Повышение надежности - одна из важнейших задач современности. Важность проблемы повышения надежности в широком смысле этого понятия непрерывно возрастает в связи ,с интесификацией технологических процессов горного производства, повышением производительности оборудования и увеличением воздействующих на него нагрузок.

Одно из основных условий, которому должно удовлетворять оборудование, является его безотказная работа с необходимой надежностью в течение заданного периода времени, что обеспечивается высоким уровнем качества горной техники. Большой вклад в развитие технологии горного машиностроения, прогнозирования сроков службы эксплуатации горных машин, теории оценки уровня качества и организицию ремонта горной техники внесли отечественные ученые Г.И. Солод, В.И. Солод, В.И. Морозов, И.А. Бегагоен, В.П. Малеев и др. Качество горной техники это понятие концентрирующее современные научно-технические достижения в проектировании, технологии и организапии производства,

эксплуатации средств механизации горного производства.

Авторы выражают глубокую благодарность коллективу кафедры "Технология горного машиностроения" горной академии за помощь и советы при подготовке рукописи учебника.

Глава 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1.1. Производственный, технологический и вспомогательный процессы в машиностроении

Машиностроительный или рудоремонтный завод - сложное промышленное предприятие, в котором параллельно выполняются различные процессы. Важнейший и наиболее характерный из них - производственный процесс переработки сырья, полуфабрикатов или изношенных деталей в готовые изделия.

Изделием называется предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделия, предназначаемые для поставок или реализации, относят к основным, а для собственных нужд - к вспомогательным. Различают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплекты и комплексы. *Деталь* - это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных работ. *Сборочная единица* (узел) - это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями. *Комплектом* называют набор изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например, комплект запасных частей для проходческого комбайна, комплект инструментов для дежурного электрослесаря и т. п. *Комплексом* называют два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, выемочные или проходческие комплексы в угольных шахтах, вскрышные комплексы на карьерах и др. В зависимости от того, что является объектом данного предприятия, изделием может быть законченная сборкой машина, или сборочная единица (узел), или деталь. Например, изделиями завода горного машиностроения являются горный комбайн, погрузочная машина, шахтная вагонетка, перфоратор и др.; изделиями подшипникового завода - подшипники, служащие деталями для машин, изготовляемых на других заводах.

Совокупность процессов, взаимосвязанных действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления или ремонта

изделия на данном предприятии, называется *производственным процессом*. Производственные процессы машиностроительных и рудоремонтных предприятий разделяются на основные, или технологические, и вспомогательные. На машиностроительных заводах технологический процесс состоит из следующих этапов: 1)изготовление заготовок деталей литьем, ковкой, штамповкой, прокаткой или первичной обработкой прокатного материала; 2)обработка заготовок на металлорежущих станках, а также термическая, электрохимическая, электроискровая и другие методы обработки; 3)сборка и проверка сборочных единиц (узлов); 4)окончательная сборка и регулировка машины; 5)пробный пуск, доводка и испытание машины; б)окрашивание и внешняя отделка машины.

Технологическим процессом называется часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда. Следовательно, в этом процессе изменяются форма и размеры заготовки, свойства материала, качество поверхности в соответствии с заданными техническими требованиями. Например, технологический процесс механической обработки вала подъемной машины состоит из центрования, токарной обработки, фрезерования шпоночных пазов, сверления отверстий и нарезания в них резьбы. Технологический процесс должен обеспечивать необходимую точность обработки и шероховатость поверхностей, высокую производительность труда, а также наименьшую трудоемкость и себестоимость выпускаемых изделий. Выполняется технологический процесс на рабочих местах.

Рабочим местом называется участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

К вспомогательным процессам относятся межцеховое и внутрицеховое транспортирование изделий и заготовок, изготовление инструмента и приспособлений для обработки на станках, ремонт и поддержание в исправном состоянии оборудования, экспериментальные работы.

1.2. Структура технологического процесса

Для построения наиболее рационального процесса механической обработки детали нужно составить план обработки с указанием поверхностей детали, подлежащих обработке, порядка и способов обработки. Поэтому весь технологический процэсс механической обработки расчленяют на составные части: операции, установы, позиции, переходы, ходы, рабочие приемы, элементы приема - движения (рис. 1.1.).

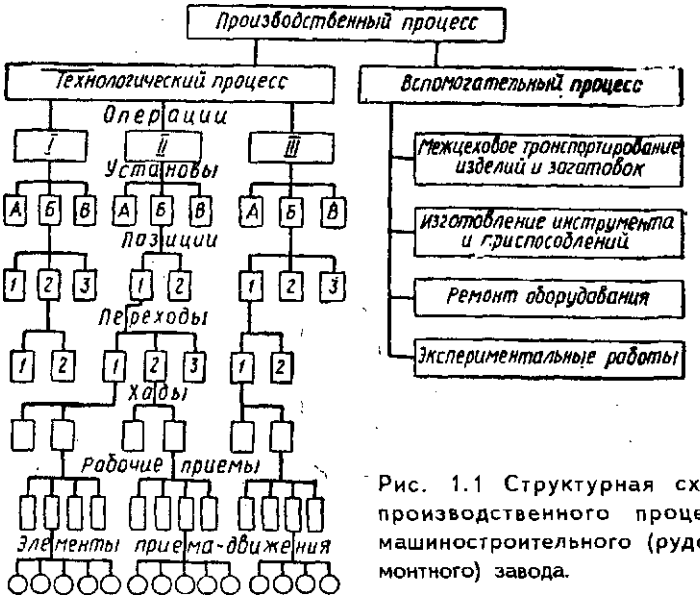


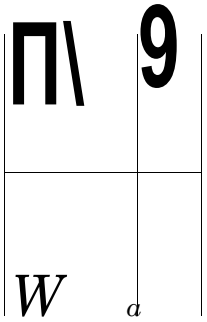
Рис. 1.1 Структурная схема производственного процесса машиностроительного (рудоремонтного) завода.

Технологической операцией называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Она может осуществляться одним рабочим или группой рабочих, а также без участия рабочих или под их наблюдением над одной или несколькими одновременно обрабатываемыми деталями и охватывать все последовательные действия над ними до перехода к следующей такой же детали или их группе. Например, на токарном станке могут последовательно выполняться черновая и чистовая обработки каждого вала из партии валов. Те же обработки могут выполняться иначе: вначале черновая всей партии валов, а затем ее чистовая обработка. В первом случае обработка представляет собой одну операцию, а во втором случае состоит из двух операций, хотя и выполняется на одном рабочем месте.

Технологическая операция - основная единица производственного планирования и нормирования. Исходя из времени, затрачиваемого на выполнение отдельных операций, рассчитывают загрузку оборудования и нормируют труд рабочих.

Бывает так, что во время выполнения одной операции деталь нужно переустановить, например, когда она вначале обрабатывается с одной стороны, а затем - с другой. В таких случаях операция состоит из двух частей - двух установов. Операция может состоять из одного установа или нескольких.

Установом называется часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы. Каждый установ может рассматриваться как



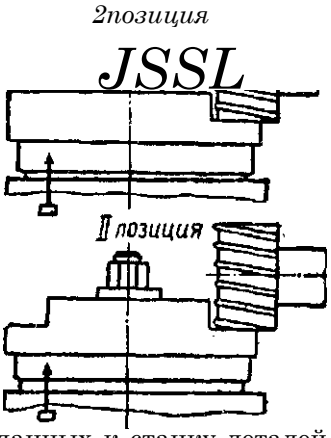


Рис. 1.2. Последовательность обработки заготовки вала-шестерни на токарном станке.
Рис. 1.3. Двухпозиционное фрезерование детали.

отдельная операция, если вся партия поданных к станку деталей сначала обрабатывается на одном установе, а затем - на другом. Например, требуется обработать заготовку вала-шестерни угольного комбайна на универсальном токарном станке (рис. I.2.). В данном случае обработку можно выполнить двумя способами:

1) за одну операцию в два установа, т. е.. сначала обработать поверхности 1 и ***2*** (рис. 1.2, а), затем перевернуть деталь и обработать поверхности *3, 4 и 5* (рис. 1.2, *б);*

2) за две операции - сначала все детали партии обработать по поверхностям *1 и 2 и* снять со станка (первая операция), затем обработать также все детали по поверхностям *3, 4 и 5* (вторая операция).

Первый способ обработки характерен для единичного производства, второй - для серийного.

Обрабатываемая заготовка или собираемая единица, находясь в приспособлении, може?т изменять свое положение относительно рабочих элементов оборудования при помощи поворотных устройств. При этом она будет занимать различные позиции. *Позицией* называется каждое из фиксированных положений неизменно закрепленной заготовки или сборочной единицы совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определен-ной части операции. На рис. 1.3 показана двухпозиционная обработка, осуществляемая без перестановки (открепления) детали на поворотном столе. Такую операцию можно выполнить за один или несколько переходов (см. далее). Стрелка показывает фиксацию поворотной части стола.

При обработке заготовок на токарно-револьверном станке позициями считаются каждое из последовательных положений револьверной головки для ввода в действие нового инструмента. Применение многопозиционной обработки повышает производи-

тельность труда вследствие сокращения потерь времени на смену режущего инструмента, а также на установ и закрепление заготовок.

Операция разделяется на технологические и вспомогательные переходы. *Технологическим переходом* называется законченная часть операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах и установке. Изменение хотя бы одного из указанных элементов, т. е. обрабатываемой поверхности, инструмента или режима резания, вызывает новые переход. Например, обработка отверстия в крышке редуктора может осуществляться в три перехода:. 1-й - сверление, 2-й - растачивание отверстия, 3-й - растачивание выточки.

Вспомогательным' переходом называют законченную часть технологической операции, состоящую из действий человека и (или) оборудования, не сопровождающихся изменением свойств предметов труда, но необходимых для выполнения технологического перехода, например, установку заготовки перед обработкой, поворот резцовой головки и др.

Переход может быть выполнен за один или несколько рабочих и вспомогательных ходов. При этом все ходы выполняются без изменения режима работы станка. *Рабочим ходом* называют законченную часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств заготовки. За каждый рабочий ход снимается определенное количество слоев материала заданной толщины при неизменном режиме обработки. *Вспомогательным ходом,* называют законченную часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода. Например, перемещение суппорта токарного станка в необходимое исходное положение после выполнения обточки. Ход расчленяется на рабочие приемы.

Рабочий прием представляет собой законченную совокупность действий, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением, например: установка, закрепление и съем детали, пуск и установка станка, переключение скорости и подачи, подвод и отвод инструмента. Так, при станочной операции по нарезанию резьбы в гайке нужно выполнить семь рабочих приемов: взять заготовку, включить станок, подвести метчик к заготовке, нарезать резьбу, отвести шпиндель в исходное положение, раскрепить гайку и положить на стол или в ящик.

Элементом приема, или *движением,* называется наименьшая (элементарная) часть технологического процесса, поддающаяся наблюдению при помощи киносъемки. Цель таких

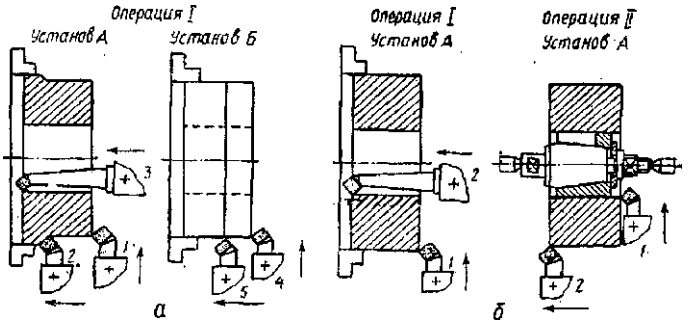


Рис. 1.4. Токарная обработка втулки:
а - на одном токарном станке с установкой детали в трехкулачковом патроне;
б - на двух станках с установкой детали в трехкулачковом патропе и на опоавке.
1-5 - последовательность переходов.

наблюдений - изучить движения, на основании анализа рационализировать их, а также точно установить длительность приемов для нормирования работ в крупносерийном и массовом производствах.

На рис. 1.4 показаны схемы технологического процесса токарной обработки втулки в двух возможных вариантах, а также необходимые при этом операции, установы, переходы и ходы. В технологической документации операции принято обозначить римскими цифрами, а переходы - арабскими. Номера переходов даются для каждой операции самостоятельно, начиная с первого номера. Установы обозначают буквами, начиная с первой буквы алфавита в каждой операции. Ходы знаками не обозначаются, но указывается их число (см. рис. 1.1). Чтобы точнее представить план и способы обработки детали, каждый технологический документ, кроме краткого названия операций, иллюстрируется эскизами переходов с указанием поверхностей обработки, способа крепления детали на станке или в приспособлении, положения детали, приспособления и инструментов. Следовательно, эскизы изображают технологические наладки для обработки поверхностей детали.

1.3. Типы производств

Характер технологических процессов, выбор оборудования, инструментов и других элементов технической подготовки производства всего завода или цеха в целом зависят прежде всего от типа производства. В зависимости от масштаба производства и номенклатуры изделий различают три типа производств - массовое, серийное и единичное.

Массовым называют такое производство, при котором непрерывно в большом количестве и в течение продолжительного времени изготовляется определенный объект производства, например зубки, кулачки и планки цепей комбайнов и врубовых

машин, ролики и цепи конвейеров, шахтные вагонетки, шахтные лампы, металлические стойки, горный инструмент.

Массовое производство бывает двух видов:

поточно-массовое производство, при котором осуществляется непрерывность движения деталей по рабочим местам, расположенным в порядке последовательности технологических операций, выполняемых в примерно одинаковый (или кратный) промежуток времени;

массовое прямоточное производство, при котором технологические операции также выполняются на определенных рабочих местах, расположенных в порядке операций, но время на выполнение отдельных операций не всегда одинаково, вследствие чего у некоторых станков необходимы заделы деталей.

Массовое производство возможно и экономически выгодно при выпуске достаточно большого количества изделий. Характеризуется оно следующими основными технологическими признаками:

1) за каждым рабочим местом закрепляется одна постоянно повторяющаяся операция;

2) обработка деталей и сборка изделий осуществляются по непрерывно-поточному методу;

3) широко применяются агрегатные, автоматические, специальные станки и автоматические линии;

4) оборудование расставляется соответственно технологическому процесеу обработки деталей;

5) степень оснащенности специальными приспособлениями, инструментами и автоматическими измерительными устройствами высока;

6) строго соблюдатеся принцип взаимозаменяемости;

7) относительно невысока квалификация рабочих на операционных станках, но высока квалификация наладчиков и механиков.

Серийным называется производство, в котором несколько установившихся изделий изготовляются сериями, регулярно повторяющимися через определенные промежутки времени. Это наиболее распространенный вид производства. Заводами горного машиностроения серийно выпускаются: врубовые машины, угольные и проходческие комбайны, скребковые и ленточные конвейеры, породопогрузочные машины, рудничные электровозы, электросверла ручные и колонковые, пневматические отбойные молотки, перфораторы, лебедки, вентиляторы, насосы и др.

Основные технические признаки серийного производства:

1) закрепление за каждым рабочим местом нескольких операций;

2) обработка деталей и сборка машин по технологическому

процессу, разделенному на отдельные операции;

3) применение универсального оборудования и специализированных станков для обработки основных деталей;

4) расстановка оборудования соответственно технологическому процессу обработки деталей;

5) широкое применение специальных приспособлений и инструментов;

6) соблюдение принципа взаимозаменяемости;

7) средняя квалификация рабочих.

В зависимости от заданной программы, номенклатуры изготовляемых изделий и их трудоемкости технологические признаки серийного производства могут существенно изменяться, поэтому различают *мелкосерийное, среднесерийное* и *крупносерийное* производство. По техническим признакам мелкосерийное производство мало отличается от единичного, а крупносерийное приближается к массовому. Серийность производства принято характеризовать числом операций, закрепленных за одним рабочим местом, которое обозначают каэффициентом К. В крупносерийном производстве за одним рабочим местом закрепляют не более 10 операций, следовательно, K — 1 - 10. Для среднесерийного производства if = 10 - 20; при K = 20 - 40 производство считается мелкосерийным; K > 40 - производство единичное.

При массовом и крупносерийном производствах технологический процесс строят по принципу дифференциации' или концентрации операций. В первом случае технологический процесс расчленяют на элементарные операции с примерно одинаковым временем выполнения (тактом - см. далее) или кратным ему. Станки применяют специальные и узкоспециализированные простейшей конструкции. *Используют специальные* приспособления (для одной операции), которые часто являются неотъемлемой частью станка. В случае концентрации процесса применяют многошпиндельные автоматы, полуавтоматы, станки агрегатные, многопозиционные многорезцовые. Технологические операции выполняются отдельно на каждом станке или на автоматизированных станках, связанных в одну линию (автоматические линии). Одновременно осуществляется несколько операций, что значительно уменьшает затраты времени на обработку детали.

Принцип организации серийного производства, как и массового, позволяет изготовлять детали поточным методом на непрерывно-поточных линиях. Для современных поточных линий характерна максимальная автоматизация выполняемых процессов. После обработки на одном рабочем месте детали тотчас передаются для обработки на другое рабочее место по ходу технологического процесса. Перемещаются детали автоматически ленточным, пластинчатым или подвесным конвейером, тележками, роликовыми

столами (рольгангами) или тельферами. Такая непрерывность производственного процесса обеспечивается тем, что продолжительность выполнения каждой операции на отдельных рабочих местах линии равна или кратна некоторому промежутку времени, называемому тактом. *Такт* t_B мин, определяется как частное от деления заданного фонда рабочего времени Т, мин, за смену или другой промежуток времени на заданный выпуск деталей *n,* шт.:

$$t_в = \frac{T}{n}$$

Непрерывно-поточное производство является прогрессивной формой организации труда и характеризуется строгой ритмичностью и синхронностью операций. Однако в среднесерийном производстве не всегда можно загрузить линию на длительный период, поэтому работа ведется по потоку, организованному в виде переменно-поточных линий. На таких линиях через определенные промежутки времени, например через 5-10 дней, в. обработку запускается партия деталей, сходных по своей конструкции и технологическому признаку.

В мелкосерийном производстве могут иметь место только элементы потока.

Единичным называется производство, в котором изготовляются часто сменяющиеся изделия. Для этого производства характерны следующие основные технологические признаки:

1) загрузка рабочих мест деталями, сравнительно близкими по геометрическим формам и характеру обработки;

2) обработка деталей л сборка машин по технологическому маршруту в последовательности операций;

3) применение универсального оборудования;

4) расстановка оборудования по специализированным участкам с учетом замкнутого технологического цикла обработки деталей. Обработка деталей от начала до конца производится, как правило, на одном участке. Специальные приспособления и инструменты применяются только для изготовления многократно повторяющихся деталей и запасных частей;

5) частичное соблюдение принципа взаимозаменяемости: для запасных частей, шпоночных, шлицевых и резьбовых соединений, зубчатых и цепных передач, посадочных мест под подшипники качения и др.;

6) применение пригоночных работ в сборке машин;

7) высокая квалификация рабочих.

Единичное производство характерно для тяжелого машиностроения (подъемные машины, прокатные станы, гидротурбины), а также для инструментальных и ремонтных цехов.

Заводами горного машиностроения единично и мелко-

серийно выпускаются: вентиляторы осевые и центробежные главного проветривания, подъемные машины, копровые шкивы, проходческие комбайны, комплексы автоматизированных шахтных крепей, грохоты, питатели, элеваторы, сепараторы и другое оборудование.

Существуют машиностроительные предприятия, занимающие промежуточное положение между названными тремя типами производств.

1.4. Типовые технологические процессы и групповая обработка

На некоторых заводах с серийным и мелкосерийным производством обрабатываются несколько десятков тысяч наименований деталей в месяц. При этом для каждого наименования применяются разнообразные технологические процессы, станки, инструменты и приспособления с учетом индивидуальной технологической подготовки каждой детали. Это вызывает непроизводительные затраты на дублирование технологической документации и оснастки, значительное увеличение длительности производственного цикла освоения новых и изготовления серийных мащин, сложность потоков движущихся деталей и низкую специализацию рабочих мест.

Несмотря на разнообразие форм, размеров и требований, *предъявляемых к изготовляемым деталям, подавляющее* большинство из них можно классифицировать так, что в результате каждая деталь будет отнесена либо к определенному типу, либо к определенной группе. В этом случае разработка технологии, проектирование, изготовление оснастки и внедрение процесса происходят не разрозненно на отдельную деталь, а планомерно - на тип или группу деталей. Следовательно, основой для комплексного усовершенствования технологической подготовки производства является типизация технологических процессов и групповой обработки.

Типизация технологических процессов заключается в классификации типовых деталей, т. е. в распределении их на классы, подклассы и группы (по признаку подобия технологических процессов), а также в комплексном решении всех задач, возникающих при осуществлении процессов механической обработки каждой классификационной группы. Предварительно всесторонне изучается технологический процесс, в том числе план обработки, оборудование, инструменты, режимы резания, участие рабочего в процессе, определяется время обработки деталей и оценивается технико-экономическая эффективность проектируемых или существующих технологических процессов.

Организация труда по типовой технологии возможна в том случае, если детали, отнесенные к одному типу, имеют общие

конструктивные признаки и различаются между собой некоторыми размерами, не влияющими на технологию изготовления. Обработка типовых деталей осуществляется по единому плану операций с одинаковым числом установов на однородных станках и приспособлениях.

Для деталей, которые не могут быть отнесены к типовым, применяют систему технологической подготовки производства, основанную на групповой обработке. **Метод групповой обработки** заключается в изучении, проектировании **и** осуществлении технологического процесса, основанного на классификации деталей по видам обработки с последующим комплексным решением указанных выше задач по классификационным группам. Детали, составляющие группу, конструктивно различны. Объединяет их общность видов обработки (токарные, строгальные, фрезерные операции), а также оснастки и настройки станков.(

Типизация технологических процессов и групповой метод обработки позволяют упорядочить методику разработки технологических процессов. Они вносят единообразие в процесс обработки деталей, сходных по конструктивным или технологическим признакам, сокращают цикл подготовки производства и освоение новых типов машин, способствуют внедрению в производство научной организации труда (НОТ) и прогрессивных технологических методов.

1.5. Производственный состав машиностроительных и рудоремонтных заводов

Машиностроительный завод состоит из отдельных производственных единиц, называемых цехами и службами. Цехи завода разделяются на основные и вспомогательные. Основные цехи работают непосредственно над созданием промышленной продукции, т. е. изделий, выпускаемых заводом. Вспомогательные цехи заняты обслуживанием основных цехов.

Основные цехи разделяются на заготовительные, обрабатывающие и сборочные. К заготовительным цехам относятся чугуно- и сталелитейный, кузнечно-прессовый, цех для резки металла со складами материалов и заготовок.

К обрабатывающим цехам относятся механический, термический, металлопрокатный.

Сборочные цеха предназначаются для узловой и общей сборки и регулировки машин.

В состав вспомогательных цехов входят инструментальный с термическим отделением, модельный, ремонтно-механический, электроремонтный, ремонтно-строительный, экспериментальный и некоторые другие.

Складские помещения завода предназначаются для

хранения металла, инструмента, формовочных и шихтовых материалов, приспособлений и разных материалов, готовых изделий, топлива, моделей и др.

К энергетическим устройствам завода относятся: электростанция, теплоэлектроцентраль, компрессорные установки, санитарно-технические устройства (отопление, вентиляция, водоснабжение, канализация).

Общезаводские службы и устройства включают в себя главную и проходную конторы, центральную и измерительную лаборатории, транспортные устройства, медпункт, амбулаторию, устройства связи, столовую, клуб и др.

Рассматривая производственный процесс того или иного цеха машиностроительного завода, иногда бывает затруднительно установить, к какому типу он относится - массовому, серийному или единичному, так как в одном и том же цехе одни детали могут изготовляться индивидуально, другие - серийно, третьи - массовым порядком. В подобных случаях характер производства определяется той его разновидностью, которая преобладает.

1.6. Технико-экономический анализ технологического процесса машиностроительного производства

Каждую технологическую операцию и технологический процесс в целом можно разработать в нескольких технически равноценных вариантах. Выбирают вариант в результате технико-экономического сравнительного анализа показателей, характеризующих эффективность и рентабельность вариантов.

Операция, как уже указывалось (см. 1.2), - это основной расчетный элемент технологического процесса. Время, затрачиваемое на операцию, является критерием, характеризующим целесообразность ее выполнения в условиях заданной производственной программы.

Все работы, затрачиваемые в машиностроительном производстве на выполнение той или иной операции, разделяются на три вида - основную, вспомогательную и подготовительно-заключительную.

Основной работой называют работу, направленную непосредственно на изменение формы, размеров, состояния или положения данного предмета труда (изделия, заготовки, материала), если это изменение является целью данного производственного процесса. Например, в механических цехах основная работа - Изменение формы и размеров деталей резанием, в кузнечных - штамповка и ковка, в литейном - литье, т. е. изменение состояния материала.

Вспомогательной работой называют работу, которая необходима для выполнения данного производственного процесса,

но не вызывает в предмете труда изменений, являющихся целью технологического процесса. При механической обработке на станках к вспомогательным работам относятся следующие: установка детали на станок; выверка, крепление, освобождение, съем, переустановка детали; включение и выключение станка; изменение скоростей резания и подач; установка и съем инструмента.

Основная и вспомогательная работы повторяются регулярно при каждой операции над каждым изделием.

Подготовительно-заключительная работа выполняется один раз на всю партию деталей и разделяется на подготовительную и заключительную. *Подготовительная работа* включает в себя получение наряда, чертежей и инструкций, а также заготовки (материала), приспособлений и инструмента, ознакомление с чертежом, наладку и смазку станка. *Заключительной работой* называется работа, которую следует выполнить по окончании обработки одной детали или партии деталей: сдача работы, съем со станка, сдача инструментов и приспособлений, уборка станка и т. д.

Если основная или вспомогательная работа полностью выполняется на станках-автоматах, то ее называют машинной. При отсутсвии на станке автоматизированных нагрузки и управления основная работа считается машинно-ручной, а вспомогательная - ручной.

Время, затрачиваемое работающим на выполнение того или иного технологического процесса или его части, называется *трудоемкостью.* Единицей трудоемкости служит человеко-час. Промежуток времени, в течение которого обрабатываемая деталь находится на станке, называют *станкоемкостью.* Единица станкоемкости - станко-час. Различают станкоемкости операции, детали и изделия. Трудоемкость и станкоемкость могут быть фактическими и расчетными.

Для нормирования труда и планирования производственного процесса используется норма времени или норма выработки. *Нормой времени* называют регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации. При установлении нормы времени на металло-трудоемкие операции, исчисляемые минутами или даже секундами, применяют *норму выработки* - регламентированный объем работы, которая должна быть выполнена в единицу времени в определенных организационно-технических условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации. При установлении нормы времени на малотрудоемкие операции, исчисляемые минутами или даже секундами, применяют *норму выработки* - регламентированный объем работы, которая должна быть выполнена в единицу времени в определенных органи-зационно-

технических условиях одним или несколькими исполнителями соответсвующей квалификации. Норму времени измеряют в часах или минутах с указанием квалификации работы, например: 11ч, работа 5-го разряда. Норма выработки измеряется количеством изделий в единицу времени с указанием квалификации работы, например: 980 шт./ч, работа 4-го разряда.

1.7. Понятие о техническом нормировании в машиностроительном производстве

Разработка технологических процессов в машиностроительном производстве неразрывно связана с техническим нормированием работ. Технически обоснованная норма времени служит критерием для проверки расчетом правильности выбранного технологического варианта и является важным фактором повышения производительности труда на производстве. Технически обоснованная норма времени, устанавливаемая на каждую операцию, должна быть прогрессивной и стимулировать применение высокопроизводительных методов производства.

Технологические процессы и технически обоснованные нормы времени - основа для составления календарного плана работы участка (цеха). На основе планов работы цехов с учетом пропусконой способности каждого вида оборудования составляется промышленно-финансовый план (промфинплан) завода.

В машиностроении применяются три метода технического нормирования - аналитический, опытно-статистический и суммарно-сравнительный.

Аналитический метод нормирования наиболее точен и прогрессивен; выполняется двумя способами - расчетно-аналитическим и аналитически-исследовательским. Первым способом техническая норма времени рассчитывается на основе подробно разработанного технологического процесса, а также анализа и содержания действий рабочего и работы станка при наивыгоднейшем использовании эксплуатационных свойств последнего. Основное (машинное) время станочной обработки определяется для каждого перехода из рациональных режимов резания, рассчитываемых по нормативам. Анализ цифровых данных, полученных при расчете нормы времени по элементам, часто позволяет установить возможность повышения производительности труда в результате изменения порядка переходов и рабочих приемов, совмещения работы инструментов и других параметров.

При аналитически-исследовательском способе нормирования оптимальные технологические режимы и уточненные нормы времени устанавливают в результате исследовательской работы, проводимой непосредственно в цехе или, при надобности, в

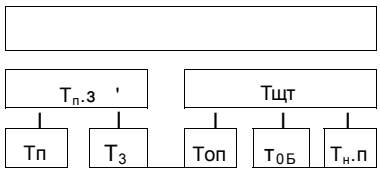


Рис. 1.5. Состав калькуляционного Времени обработки детали

заводской технологической лаборатории. Анализируют методы обработки, технологические режимы и элементы рабочего времени. Аналитически-исследовательский способ позволяет более точно установить техническую норму времени, но по сравнению с расчетно-аналитическим способом требует большей затраты времени и средств. Поэтому его применяют преимущественно в массовом и крупносерийном производствах. Исследования ведут, применяя хронометраж элементов технологического процесса и фотографию рабочего дня. Для проведения хронометража каждую операцию расчленяют на отдельные рабочие приемы или комплексы связанных между собой приемов, анализируют структуру операции, устанавливают последовательность переходов и рабочих приемов. Затем на рабочем месте проводят наблюдения и измерения при помощи секундомера, т. е. хронометраж каждогоэлемента исследуемого процесса. По окончании хронометража обрабатывают и анализируют полученные результаты, что позволяет установить рациональную суруктуру операции и рассчитать обоснованную норму времени для ее выполнения. Фотографию рабочего дня применяют, чтобы изучить общую структуру баланса рабочего времени в течение одной или нескольких смен, исследовать и проанализировать потери рабочего времени, выявить и устранить недостатки в организации и обслуживании рабочего места, а также установить нормы подготовительно-заключительного времени и времени обслуживания рабочего места.

Опытно-статистический метод заключается в анализе суммарных затрат рабочего времени на всю операцию без расчета ее по элементам. Применяется он в серийном и мелкосерийном производствах.

Суммарно-сравнительный метод основан на использовании типовых укрупненных норм и применяется преимущественно в мелкосерийном и единичном производствах. Норму времени устанавливают суммарно на всю операцию, сопоставляя нормируемую операцию с аналогичной операцией обработки подобно, но с другими размерами заготовки, на которую имеется ранее установленная норма времени.

Себестоимость детали, а также годовые и месячные программы для станочных участков рассчитывают по так называемому *калькуляционному времени* $T_к$, которое подразделяется на *подготовительно-заключительное* $T_{п\ з}$ и *штучное время* $Г_{шт}$ (рис. 1.5.). В состав *Tn.-з* входит подготовительное время $Т_п$ и заключительное время Т. Подготовительное время расходуется на озна-

комление станочника с работой, чтение чертежа, подготовку рабочего места, настройка станка, приспособлений и инструмента для обработки заданной партии деталей; заключительное время - на съем инструмента и приспособлений по окончании обработки этой партии деталей. Подготовтительно-заключительное время Т затрачивается один раз на всю партию деталей. *Партия деталей* - число деталей одного наименования, обрабатываемых при одной наладке станка, т.е. с однократной затратой подготовительно-заключительного времени на одном рабочем месте.

Штучное время при изготовлении партии деталей затрачивается столько раз, сколько штук деталей входит в состав партии. Т состоит из трех частей: оперативного времени Топ, времени обслуживания станка $T_{0Б}$ и времени нормирования перерывов $Г_{нп}$. Элементы $Г_{оп}$ - основное время $T_{0(.}$, затрачиваемое на выполнения основной работы, и вспомогательное время Т , затрачиваемое на выполнение вспомогательной работы. Элементы времени $Г_{0Б}$ - время организационного обслуживания T_{00}, затрачиваемое в начале и в конце смены на осмотр станка; время технического обслуживания рабочего места Т , затрачиваемое на регулировку и наладку станка в процессе работы, а именно: на замену затупленного инструмента, доводку резца оселком без его съема, правку шлифовального круга и сметание стружки в процессе работы.

При техническом нормировании подробно рассчитывают только $T_ж$ и $T_в$, а остальные элементы штучного времени берут упрощенно, в процентах к оперативному времени. Ориентировочно можно принимать: для мелкосерийного производства

$$T_{0.o}+T_{т}.O+T_{нл}Ч4 - 12\%)T_{т} \qquad (2)$$

для крупносерийного и массового производств

$$T_{ТО}=(1\text{-}4{,}5\%)T_{ж}; \qquad (3)$$

$$ТоЛ._{а}=(4\text{-}6\%)T_{ш}. \qquad (4)$$

В каждом отдельном случае данные уточняют по нормативным справочникам.

Размер партии деталей для разных видов производства приближенно можно определить так:

$$n=(\text{£}T_{п}J\text{£}T_{тТ})k, \qquad (5)$$

где хГд.з - суммарное подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на все операции технологического процесса обработки данной детали, мин; ^Т

[одну деталь по всем операциям технологического процесса, мин;
с- числовой коэффициент, зависящий от типа производства; для эупносерийного и массового производства к>30, для мелкосерийного к<10.

Калькуляционное время $T_к$, мин, на партию деталей, состоящую из п шт.

$$T_{пж}=T_{п.-з}+{}^{п}T_{шт} \quad (6)$$

на одну деталь

$$T_{кг}(1/п)T_{п_з}+T_{шт}. \quad (7)$$

При массовом изготовлении деталей время $(l/n)T_{n\ 3}$ незначительно по сравнению с $T_{шт}$, поэтому принимают

$$^Kl^IIIT \quad (8)$$

Норма штучного времени

$$T_{Ш}^T_{ж}+T_{г}+T_{0()}+T_{Т0}+T_{Ш1}, \quad (9)$$

или

$$T_{ШТ}=T_{к}+T_{ОП}+T_{ОБ}+T_{НП}, \quad (10)$$

При нормировании работ в единичном, мелко- и среднесерийном производствах пользуются формулой

$$т_т^т_к+т_иX1+Лоо). \quad (и)$$

или

$$T_ш=T_{оп}(1+_а/100), \quad (На)$$

где а - коэффициент, характеризующий сумму времени, затрачиваемого на обслуживание и нормированные перерывы:

$$_а=[(T_{то}+T_{оо}+T_{нп})100]/T_ш, \ \%. \quad (12)$$

При нормировании работ в крупносерийном и массовом производствах

$$T_{шт}=T_{ос.сч}/Ю0+T_ш[1+(сь+aj/lOO], \quad (13)$$

или

$$T_{шт}\text{-}T_{ш}[1+(a_1{*}+a_{2+}a_г)/100] \quad (14)$$

где a_j - коэффициент, характеризующий время технического обслуживания рабочего места, в процентах от $T_{(X}$; коэффициент, характеризующий время технического обслуживания рабочего места, в процентах от $T_{№}$; a_2 - коэффициент, характеризующий время организационного обслуживания рабочего места, в процент^ от $T_{оп}$, α_3 - коэффициент, характеризующий время нормированных перерывов, в процентах от $T_{оп}$. Величины a, a_j, a_i, a_2 и приводятся в нормативных справочниках для соответствующей отрасли машиностроения.

Упрощенные способы определения норм времени. Один из упрощенных способов расчета норм времени использует таблицы и графики типовых норм времени, составленные на основные операции обработки деталей, часто повторяющихся в данном производстве, имеющих одинаковую или сходную форму и отличающихся одна от другой только размерами. Таблицы норм времени на обработку таких типовых деталей (втулка, валы, фланцы, зубчатые колеса и т.д.) составляют на основе подробных аналитических расчетов норм только для некоторых размеров изготовляемых деталей, а для остальных размеров составляют графики.

Другой упрощенный способ приближенного расчета норм в условиях единичного и мелкосерийного производств основан на определении машинного времени для каждого перехода по упрощенным формулам, легко выводимым из обычных формул машинного времени. Так, машинное время при продольном точении, растачивании, сверлении, зенкеровании, круглом шлифо-вании (наружном и внутреннем) с продольной подачей

$$T_u=b_u dl. \quad (15)$$

где $к_ш$ - коэффициент наиболее вероятных условий обработки; d и I - соответственно расчетные диаметр и длина обработки, мм. Коэффициент $к_л$ можно определить по формуле

$$k_M\text{^}/lOOOvS,$$

где i - число проходов при неизменном режиме резания; v и S - наиболее вероятные скорость резания, м/мин, и подача, мм, определяемые методом наблюдений в механических цехах.

В случае ручного подвода инструмента расчетную длину обработки I, мм, определяют как сумму длин обрабатываемой поверхности l_f, мм, врезания инструмента l_f, мм, и схода (сбега) инструмента

Значения l_R и l_c берут из нормативных таблиц.

Калькуляционное время

$$T_к = \psi_к T_м \qquad (16)$$

где - отношение калькуляционного времени к основному (машинному):

об (17)

Значение для конкретных случаев берут из таблиц, полученных на основе анализа заводской технологической документации.

1.8. Последовательность разработки технологического процесса производства изделий

Основная задача разработки технологического процесса производства изделий - возможное уменьшение трудоемкости процессов, экономия материалов и снижение себестоимости при заданном выпуске изделий.

Различают единичный и типовой технологические процессы. *Единичный процесс* применяют для изготовления и ремонта изделий одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства. *Типовой процесс* в отличии от единичного предназначен для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками (валы, втулки, зубчатые колеса и другие группы деталей).

По назначению технологические процессы разделяются на рабочие и перспективные. *Рабочий процесс* разрабатывается для предприятия в соответствии с требованиями рабочей технической документации на изготовление (ремонт) конкретного изделия. *Перспективный процесс* разрабатывается как информационная основа рабочего технологического процесса. В нем используются последние достижения науки и техники.

По степени детализации различают маршрутные, операционные и маршрутно-операционные описания технологических процессов. *Маршрутное* - сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. Указываются оборудование, приспособления, инструмент, материальные и трудовые нормативы. *Операционное описание технического процесса* содержит разработку всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов, режимов обработки и данных о необходимых средствах

технологического оснащения (приспособления, инструмент). *Маршрутно-операционное описание технологического процесса* содержит сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте с полным описанием определенных операций в других технологических документах.

Проектирование технологических процессов представляет собой составную часть Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), созданной в СССР. ЕСТПП содержит совокупность государственных стандартов для организации и управления технологической подготовкой производства с учетом новейших достижений науки и техники. Применение ЕСТПП обеспечивает освоение и выпуск изделий высшей категории качества при минимальных затратах труда, организацию производства высокой степени гибкости, выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ на основе механизации и автоматизации. Общие положения и основные требования к технологической подготовке производства подробно освещены в ГОСТ 14.001 - 73, ГОСТ 14.002 - 73, а порядок организации научно-технических разработок, приемки и передачи их в производство - в ГОСТ 14.003 - 74.

Разработка технологического процесса - задача комплексная и отличается многообразием решений. За основу при этом принимают технико-экономический принцип, добиваясь обеспечения стабильного качества выполняемого процесса при наименьших затратах труда. Проектирование технологического *процесса* механической обработки заготовки (детали) должно соответствовать ГОСТ 14.301 - 83 и ГОСТ 14.303 - 73.

Проектирование технологического процесса механической обработки детали включает в себя выбор заготовок и баз, расчет припусков и такта, выбор типа производства и последовательности операций, выбор и проектирование приспособлений и инструмента, расчеты режимов и норм времени на обработку детали, выбор или разработку средств контроля, назначение порядка приемки, сборки, окрашивания и упаковки изделия. Чтобы решить эту задачу, технолог должен иметь следующие исходные материалы:

1) рабочие чертежи деталей, сборочные чертежи узлов и машины в целом;

2) технические условия на детали и изделие в целом. Рабочий чертеж в совокупности с техническими условиями должен содержать все данные для изготовления и приемки детали, для проектирования инструмента и приспособлений;

3) данные о типе производства и количестве деталей на годовую программу, а если производство серийное, то и о величине серии. В производственной программе завода задается требуемое количество выпускаемых машин в течении года, квартала и месяца. В производственной программе цеха указывается количество заданных к выпуску деталей и узлов, а для сборочного цеха и готовых машин, кроме того, сроки их изготовления.

Производственная годовая программа по заданной детали $и_д$, шт.,

$$n_n = n_u m(1+a/100), \qquad (18)$$

где n - производственная программа изделий в год, шт.; m - потребное число деталей на одно изделие, шт.; а - коэффициент запасных частей для данной детали, в процентах от т ;

4) технические или паспортные данные станочного парка, а также количество и вид имеющихся станков;

5) сведения о наличии на заводе нормализованной и специальной оснастки, применяемой при обработке этих деталей, а также чертежи на нее.

В качестве справочных и руководящих материалов при проектировании технологических процессов можно использовать:

1) альбомы нормалей, приспособлений и инструментов, стандарты на инструменты, детали и узлы приспособлений;

2) стандарты и производственные нормали на припуски и допуски для поковок, штамповок, отливок и заготовок из проката;

3) заводские или отраслевые нормали операционных припусков и допусков;

4) нормы точности станков и приспособлений;

5) материалы по уже разработанным процессам на аналогичные детали, имеющиеся на заводе или в проектной организации.

Приступая к проектированию технологического процесса, необходимо *проверить технологичность конструкции изделия* (ГОСТ 14.204 - 73, ГОСТ 14.203 - 73). Надо также произвести технический контроль размерных цепей и в необходимых случаях внести конструктивные изменения.

Разрабатывать технологический процесс изготовления детали нужно в следующем порядке:

1) определить тип (организационную форму) производства по предварительным данным;

2) выбрать род, форму и метод изготовления заготовки;

3) наметить (предварительно) маршрут обработки;

4) найти общие припуски на обработку и размеры заготовки;

5) выполнить эскиз заготовки;

6) составить технологический план обработки детали с разбивкой процесса на операции;

7) разбить каждую операцию на установы и переходы, выбрать базы, определить размеры обработки, промежуточные припуски и допуски, выбрать измерительный инструмент, конструкцию, размеры и геометрию режущих инструментов для каждого перехода;

8) рассчитать режимы резания.

На основе такой подробной разработки технологического процесса расчитывают технические нормы времени для каждой операции. Иногда ту или иную операцию можно выполнить на различных станках, -в таких случаях требуется технико-экономическое сопоставление различных вариантов механической обработки для выявления оптимального.

1.9. Технологическая документация

В зависимости от типа производства при разработке технологического процесса применяют различные виды технологической документации (ГОСТ 3.1102 - 81). Для деталей единичного и мелкосерийного производств основной документ, с помощью которого технологический процесс доводится до рабочего места, - это *маршрутная карта,* составляемая по форме 2 и 2а ГОСТ 3,1105 - 84 и дополненная *операционным эскизом* или *чертежом детали.* В серийном и массовом производствах принято разрабатывать развернутые технологические процессы с подробным описанием отдельных операций на *операционных картах,* совмещая их!с *картами эскизов* (ГОСТ 3.1105 - 84, формы 5 и 5а). Переходы операций механической обработки записывают в картах-формах 1 и 1а по ГОСТ 3.1407 - 74. Для слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных операций применяют карты по форме 2 и 2а ГОСТ 3.1407 - 74. В результате получают комплект операционных карт, карт эскизов, ведомостей на приспособления и инструмент, обычно сопровождаемый маршрутной картой.

Операционный эскиз является графическим технологическим документом, заменяющим на операции рабочий чертеж детали. Главная проекция представляет собой вид детали со стороны рабочего места у станка после выполнения обработки. Дополнительные виды, проекции, сечения, разрезы и выносные элементы выполняют при необходимости показать все поверхности, обрабатываемые на данной операции, их размеры и характеристики, а также поверхности, принятые за базы. Если операция содержит несколько установов, то в карте эскизов вычерчивают операционные эскизы заготовки после обработки на каждом из них. Выполнять эскизы можно в произвольном масштабе, но поверхности обработки нужно показывать линиями, утолщенными в два-три раза по сравнению с толщиной основной линии. Размеры на операционном эскизе проставляют только те, которые определяют положение поверхности обработки относительно базы на данной операции. Все размеры пишут арабскими числами, наносят предельные отклонения и условные обозначения полей допусков по ЕСДП. Номера размеров проставляют в окружностях диаметром 6 - 8 мм, располагая их на продолжениях размерных линий. Нумеровать размеры следует по часовой стрелке. На операционных эскизах нужно проставлять справочные и габаритные размеры, по которым определяется возможность установки детали на станке.

Маршрутная карта содержит описание операций технологического процесса в их технологической последовательности, данные об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых затратах в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105 - 84. Маршрутная Карта имеет графы, которые заполняют определенными данными. Наименования и содержание операций в маршрутной карте (графа 25) записывают с учетом требования ГОСТ 3.1701 - 79... ГОСТ 3.1705 - 81, которые определяют перечни операций, их кодирование, правила записи этих операций и составляющих их переходов

и т.д.

Применяют две формы записи содержания операций в маршрутной карте - соответсвующую наименованию группы операций или уточненную (например, расточная или горизонтально-сверлильная и т.п.). Текст содержания операций также имеет две формы записи - полную и сокращенную. Полная форма имеет все характеристические компоненты, определяющие содержание операций. Она делается в маршрутной карте при отсутствии или недостаточно полном графике, заменяющей необходимость в дополнительной информации. Графы маршрутной карты, содержащие данные об оборудовании и приспособлениях, должны иметь наименования и инвентарные номера по заводскому каталогу.

Кроме рассмотренной технологической документации при необходимости могут применятся:

1) *сводная карта технологического процесса* (табл. 1), содержащая все основные данные из операционных и технологических карт механической обработки и данные, необходимые для определения трудоемкости, организации и планирования производства;

2) *спецификация оснастки,* предназначаемая для расчета потребной оснастки, заказа ее и комплектования рабочих мест необходимыми приспособлениями, режущим и измерительным инструментом;

3) *карта изменений,* которая обеспечивает строгий порядок внесения изменений в действующий технологический процесс. Эти изменения могут возникать как из конструктивных, так и из технологических соображений;

4) *карта технологического контроля,* составляемая только для особо сложных деталей;

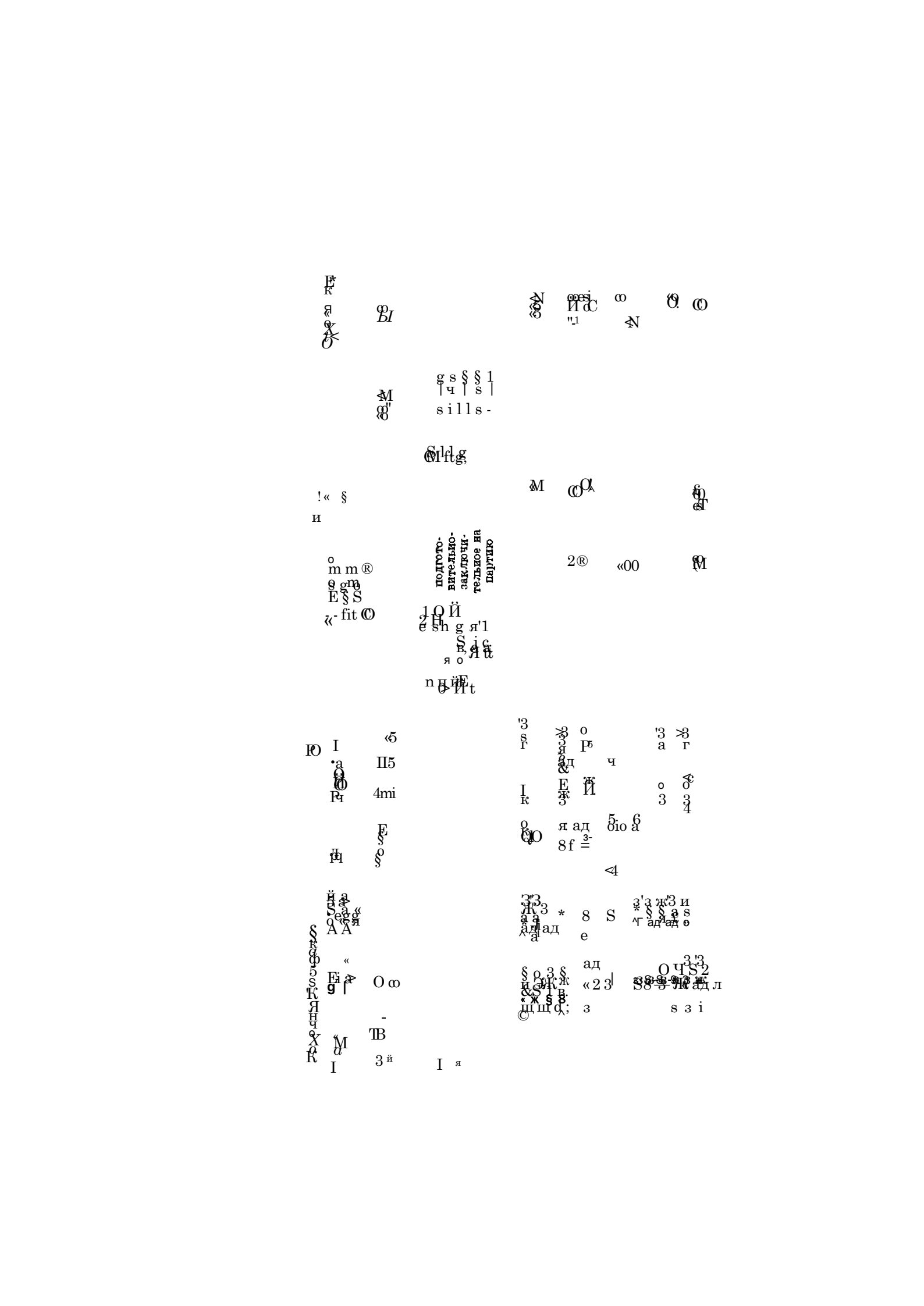
5) *карта согласования обработки,* которая предназначается для увязки работы смежных цехов. В этой карте указывают данные о размерах и допусках заготовок, а также о технических требованиях, предъявляемых к ним после заключительной операции, которая выполнена в цехе, передающем заготовку для последующей обработки в другой цех.

1.10. Определение экономически оптимального варианта процесса изготовления детали

Любой технологический процесс должен выполнятся с наименьшими затратами труда, энергии и материалов. Поэтому технологу необходимо сравнить варианты по себестоимости обработки, чтобы выбрать их них наивыгоднейший. При этом могут встретиться таких три случая:

1) трудоемкость вариантов изменяется при планировании обработки только в одном цехе без изменения затрат на материал детали;

2) трудоемкость изменяется при планировании обработки в нескольких цехах также без изменения затрат на материал;


подготовительно-заключительное на партию

3) трудоемкость изменяется при планировании обработки в нескольких цехах с изменением затрат на материал.

В первом случае экономичность вариантов оценивают, сравнивая их трудоемкости по калькуляционному времени обработки.

Во втором случае разность себестоимостей двух вариантов, 'руб.,

$$C_2\text{-}C=3_{42}t_2(l+q_2) \;-\; 3_{ч1}VWA \qquad (19)$$

где $З_{ч1}$ и $З_{ч2}$ - средняя часовая зароботная плата в соответсвующих цехах по соответсвующему разряду работы, руб.; t_5 и t_2 - трудоемкость сравнимаемых вариантов, ч; qj и q_2 - коэффициенты накладных расходов в соответсвующих цехах: q,=H,/lOO; $q_2=H_2/100$; Hj, H_2 - цеховые накладные расходы.

В третьем случае при изменении затрат на материал и времени обработки расчеты производят с учетом этих обстоятельств. Например, затраты на материал уменьшаются в заготовительном цехе на величину $С_м$, руб., а трудоемкость обработки в механическом цехе увеличивается при этом на величину t, ч. В этом случае разность себестоимостей вариантов обработки

$$C_2\text{-}C=3_4t(l+q) \;-\; C_ш, \qquad (20)$$

где $З_ч$ - средняя часовая заработная плата по механическому цеху, руб.; q - коэффициент накладных расходов по цеху. Чтобы не было удорожания цродукции, необходимо иметь С2-СК0, т.е. экономия на материале должна составить

$$3_4t(l+q)<С_М.$$

Цеховая себестоимость детали складывается из стоимости материала $С_и$, заработной планы З и накладных расходов Н:

$$C=C_Ш+З+H. \qquad (21)$$

В серийном производстве средние значения составляющих цеховой себестоимости можно принимать следующими: стоимость материала $С_м$=48%, заработную цлату З = 19 %, цеховые накладные расходы Н = 33 % , т.е. всего 100 % .

Для получения минимальной себестоимости детали необходимо стремиться к тому, чтобы заготовка имела минимальную массу, наибольший коэффициент использования материала и наименьшее время обработки. Это достигается рациональным выбором формы заготовки, возможно близкой к форме готовой детали и требующей наименьших затрат времени на обработку.

Глава 2. ВЫБОР ЗАГОТОВОК, ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ

2.1. Общие сведения

Заготовкой называют отливку, поковку и прокат, которые подвергаются последующей обработке для получения детали. До начала обработки такую заготовку обычно называют *перцовой заготовкой.* Обжатый слиток для свободной ковки крупных деталей, отрезанный кусок сортового проката для свободной ковки или штамповки принято называть *исходной заготовкой.*

При разработке технологического процесса одной из первых решается задача выбора заготовки. Выбрать заготовку - значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности детали, рассчитать размеры заготовки и указать допуски на неточность ее изготовления.

Если на чертеже детали указаны такие материалы, как Ст2, СтЗ, Ст4, Ст5, 12ХНЗА, 20Х, 40Х, то это означает, что заготовку получают кузнечным способом или из проката; если же указаны такие материалы, как литая сталь, чугун, силумин, бронза и другие сплавы, то заготовки получают методом литья.

Количество материала, расходуемого на изготовление деталей машин, определяется чистой массой Q_4 годных деталей и тем количеством материала, которое пошло в отход в процессе их изготовления. Отход производства деталей машин состоит из технологического $Q_т$ и заготовительного Q_3 отходов. Поэтому расход Q материала, устанавливаемый за единицу продукции с учетом определяемых конкретных производственных условий, можно выразить формулой

$$Q = Q_4 + Q_т + Q_3 \qquad (22)$$

Массу Q_4 годной детали можно рассчитать по формулам на основании данных чертежа или при непосредственном измерении, а в случае особо сложной конфигурации детали определить контрольным взвешиванием образца.

Масса технологического отхода $Q_т$ характеризует неизбежные для данного производства потери материала в виде припусков на механическую обработку, угар, литейные и штамповочные уклоны, облой, прибыли и т.п. Этот отход прямо зависит от условий технологического процесса и особенностей применяемого для обработки оборудования.

Масса заготовительного отхода Q_3 вызывается условиями поставки материала, например отход прутки из-за некратностй его длины.

Правильный выбор заготовки - важное условие, от которого

зависят трудоемкость изготовления и себестоимость детали.

Основные факторы, влияющие на выбор заготовки:

1) материал детали (назначается конструктором), необходимые его свойства и технологическая характеристика;

2) конструкция детали, ее форма и размеры;

3) объем выпуска деталей;

4) наличие на заводе оборудования для получения заготовки;

5) требуемая точность выполнения заготовки, а также особые технические условия, предъявляемые к работе детали в машине (взрывобезопасность, износостойкость, прочность, сопротивление коррозии и др.);

6) время, необходимое для подготовки производства заготовок (изготовление штампов, моделей, пресс-формы и т.д.).

2.2. Виды заготовок

В горном машиностроении в основном применяются следующие заготовки:

1) из стального проката или сплавов цветных металлов в виде прутков, полос, листов, труб, уголков и других профилей;

2) поковки и штамповки из стали и некоторых цветных металлов, получаемые в горячем состоянии;

3) штамповки из листового металла, получаемые в холодном состоянии;

4) отливки из стали, чугуна и сплавов цветных металлов;

5) отливки из высокопрочного чугуна, применяемого взамен стальных;

6) получаемые комбинированным методом;

7) из металлокерамики, пластмасс и других неметалических материалов.

Заготовки из проката. Широко используют сортовой прокат круглого, прямоугольного, шестигранного и специального сечения всевозможных размеров. Форма и размеры проката должны должны быть близки к размерам детали.

Круглый прокат (как горяче-, так и холоднокатаный) применяют для изготовления гладких и ступенчатых валов, осей, винтов, шпилек, болтов и других деталей. Ступенчатые валы из проката рекоментуется изготовлять при разности диаметров ступеней ($1_{шх}$-($1_{ш|п}$<30-40мм. При разности диаметров ступеней более 40мм валы обычно изготовляют из поковок. Если вал имеет бурты большого диаметра, то в качестве заготовки берут прокатный материал, а отдельно выточенные бурты насаживают на вал по
U8 T7 .
посадкам j^g" j^g (горячей посадке) или приваривают к нему.

Для получения фасонных деталей стандартами предусмотрен выпуск профильного металла, полученного горячей периодической прокаткой, прессованием и штамповкой. Преимущество

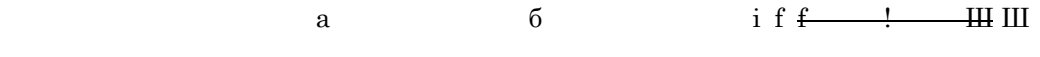


Рис. 1.6. Штампы для горячей штамповки: а - открытой с облойной канавкой А; б - закрытый для безоблойной штамповки; 1 - верхняя половина штампа; 2 - нижняя половина штампа

б

Рис. 1.7. Штамповки для конического (а) и цилиндрического (б) зубчатых колес

профильной прокатки не только в малых припусках, но и в благоприятном расположении волокон металла.

Заготовки из поковок. Кованые заготовки применяют для деталей сложной формы, получение которых из проката не выгодно, а также тогда, когда поперечные размеры деталей превышают пределы поперечных размеров проката, например валы диаметром более 220 мм. Ковку целесообразно применять **и** в тех случаях, когда по техническим условиям деталь должна иметь повышенные механические свойства. Материалом для получения поковок обычно служит прокат. Во всех случаях целесообразно, чтобы размеры проката соответствовали наибольшему размеру поковки, а ступени с меньшими размерами были получены вытяжкой.

Повышенная точность поковок достигается их калибровкой и правкой. Калибровка может быть плоскостная и объемная, холодная и горячая (в зависимости от площади). Осуществляется калибровка на кривошипных или винтовых прессах и молотах в штампах простого или комбинированного действия. В необходимых случаях на аналогичном оборудовании поковки прошивают и обрезают.

Штампованные заготовки. Сущность процесса горячей штамповки заключается в принудительном перераспределении объема металла нагретой заготовки в ручьях штампа. В серийном производстве применяют штамповку в открытых штампах (рис. 1.6, а), в крупносерийном и массовом производствах для мелких и средних деталей - штамповку в закрытых штампах (рис. 1.6, б). В некоторых случаях целесообразно получать точные размеры заготовок комбинированным способом - ковкой и горячей штамповкой. Процесс получения заготовки при этом расчленяется на предварительную свободную ковку и последующую штамповку, выполняемую под кривошипным прессом. Применение такого способа позволяет уменьшить расход металла на 40 - 50 % по сравнению со свободной ковкой.

2. Наиболее распространенные методы ковки и щтамповки заготовок из углеродистых, легированных сталей и специальных сплавов

Метод получения заготовок	Точность выполнения заготовок	Шерохова-тость поверхности R, мкм	Область применения
Ковка на молотах и прессах	По действую-щим докумен-там	До 320	В единичном и мелкосерийном производствах для, заготовок про-стой конфигурации массой до 250т
Ковка на молотах подкладных штампах и коль-цах	То же		В мелкосерийном производстве для заготовок с конфигурацией средней сложности и массой 0,01т н более
Ковка на ради-ально-ковочных машинах:			В серийном произвосдтве для заготов в виде ступенчатых тел вращения диаметром до 90 мм
горячая ковка для диаметров свыше 50 мм;	До 0,6 мм	До 320	
холодная ковка для диаметров до 50 мм	0.04-0,4 мм	До 6,3	
Штамповка на молотах н прессах (облойная;	Для стальных поковок по действующим документам	320-80	В серийном и массовом произ-водствах для заготовок массой до 0,2 т
Горячяя штам-повка в закрытый штампах (без-облойная)	По действующим документам	320-80	В крупносерийном и массовом производствах для заготовок простой формы массой до 0,015 т
Штамповка с последующей ка-либровкой	0,05-0,1 мм	40-10	В серийном н массовом произ-водствах для заготовок с площадью калибруемой поверхности 2,5-80 см
Штамповка с в-ысадкой на горизонтально-ковочных маши-нах	По действующим документам	320-80	В серийном и массовом производствах для заготовок простой формы массой до 0,015 т
Холодная высадка на автоматах	9-11 квалите-ты точности	20-6,3	В серийном н массовом произ-водствах для изготовления крепеж-ных деталей, мелких ступенчатых валиков, пальцев диаметром 1-30мм
Волочение прут-ков	0,05-0,1 мм	20-6.3	В серийоном и массовом произвосдтвах для изготовления штучных заготовок с фасонным профилем диаметром 1-25 мм

Штамповка деталей, осуществляемая в открытых штампах и называемая облойной, неизбежно сопровождается потерей металла на образование облоя (около 20 % массы заготовки). Штамповка в закрытых штампах может быть безоблойной. Как та, так и другая штамповка в зависимости от сложности детали может выполняться в одноручьевых, многоручьевых и комбинированных штампах. Комбинированную или расчлененную штамповку осуществляют ±ia двух или более штамповочных

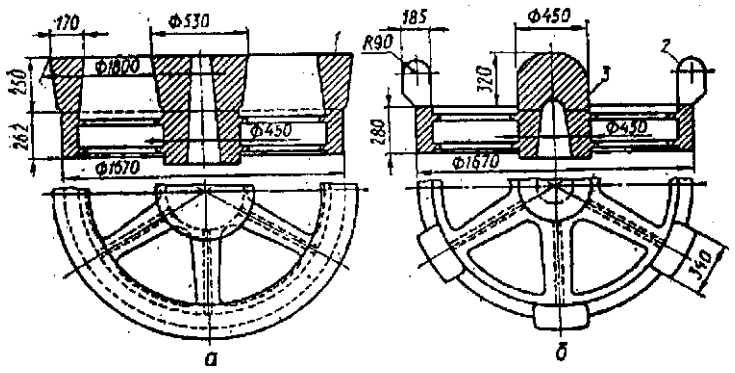


Рис. 1.8. Стальные отливки зубчатого колеса подъемной машины:
а - обычным способом в земляной форме со сплошной кольцевой прибылью 1; б - под газовым давлением с шестью небольшими прибылями 2 по окружности и одной прибылью 3 в центре

механизмах.

Штамповка в закрытых штампах наиболее целесообразна для деталей, имеющих цилиндрическую или приближенную к ней форму. Типовыми деталями для безоблойной штамповки являются зубчатые колеса (рис. 1.7.), арматура из латунных сплавов, фланцы и др. Безоблойная штамповка требует более точной дозировки объема исходной заготовки. Иногда для безоблойной штамцовки выгоднее применять не молоты или прессы, а горизонтально-ковочные машины (ГКМ). На ГКМ штампуют стержни с двумя или несколькими утолщениями на концах и посередине, кольца всевозможных форм, втулки, шестерни, фланцы с двумя и более буртами со сквозной и несквозной прошивкой.

В табл. 2 приведены наиболее распространенные методы ковки и штамповки заготовок из углеродистых, легированных сталей и специальных сплавов.

В некоторых случаях применяют горячую штамповку жидкого металла, при которой залитый в форму жидкий металл выдавливается под действием пуансона.

В современных заготовительных цехах машиностроительных заводов широко распространена холодная штамповка заготовок и их деталей, которая по характеру деформации бывает разделительной (раскрой материала и вырезка), формоизменяющей (гибка, вытяжка, разбортовка) и сложной (рельефная штамповка ребер жесткости и различных рельефов, выдавливание колпачков, втулок с фланцами).

Литые заготовки. Во многих современных машинах литые детали составляют 35-65 % их массы. В настоящее время применяется несколько методов получения литых заготовок **(в** зависимости от назначения детали, ее формы и размеров):

1. *Крупные детали* (рис. 1.8.) отливают в земляные или в песочные формы, изготовленные ручной формовкой по деревянным

3. Наиболее распространенные методы литья

Метод литья	**Квали**теты точности выполнения заготовки	Шероховатость поверхности R, мкм	Материал	Область применения
			I	
В земляные формы по деревянным моделям или шаблонам при ручной формовке		320-160	Чугун, сталь, сплавы цветных металлов	В единичном и мелкосерийном производствах с широким диапазоном размеров и массы
В землю при машинной формовке по деревянным и металлическим моделям		320-160	То же	В серийном производстве для отливок массой до 0,3 т
В оболочковые формы (песчано-смоляные, химически твердеющие и др.)	12-14	320-40		В крупносерийном и массовом производствах для фасонных отливок массой до 0,15 т
По выплавляемым моделям	11-13	160-20	Сталь, трудно обрабатываемые сплавы	В серийном и массовом производствах для заготовок сложной формы массой до 0,15 т
В кокилн	12-15	160-80	Чугун, сталь, сплавы цветных металлов	В серийном н массовом производствах для отливок сложной формы массой 0,25-7 т
Под давлением	10-12	80-20	Сплавы цветных металлов	В крупносерийном и массовом производствах для отливой сложной формы массой до 0,11 т
Центробежное	12-14	40-20	Чугун," сталь, бронза и другие сплавы	В серийном и массовом

моделям. В стальной заготовке, полученной обычным способом литья в земляную форму (рис. 1.8, а), массу прибыли принимают почти равной массе детали, в литье же под газовым давлением (рис. 1.8, б) общую массу прибыли можно уменьшить в три раза.

2. *Ответственные детали вредней величины* отливают в земляные формы, полученные машинной формовкой по металлическим моделям. Масса таких отливок на 8 - 12 % меньше массы отливок, выполненных при ручной формовке.

3. Заготовки различных *втулок, венцы червячных зубчатых колес* и другие детали *из чугуна* и в особенности *из бронзы,* изготовляют литьем в полупостоянные или постоянные металлические формы (кокили). Литье заготовок в кокиль можно автоматизировать.

4. *Мелкие ответственные детали из сплавов цветных металлов* отливают в металлические пресс-формы под высоким давлением. Полученные этим способом детали можно не обраба-

тывать или обрабатывать только рабочие поверхности.

5. *Точное литье по выплавляемым моделям* позволяет получить сложные тонкостенные из любых сплавов, в том числе из плохо поддающихся обработке резанием и давлением. Этот способ дорог и труден для автоматизации. При массовом изготовлении стоимость заготовок уменьшается в 2-3 раза по сравнению *с* производством заготовок из проката и поковок. Процесс включает в себя: 1)изготовление различные пресс-форм; 2)получение неразъемных легкоплавких моделей в пресс-формах; 3)изготовление неразъемной разовой формы по легкоплавким моделям; 4)выплавление моделей из формы; 5) обжиг формы; 6) заливку формы металлом; 7) выбивку готовых деталей.

6. *Литье в оболочковые (корковые) разъемные формы* яо качеству превосходит обычные отливки в песочные формы, а в некоторых случаях более эффективно но экономическим показателям, чем литье под давлением и по выплавляемым моделям.

Наиболее распространенные методы литья, области их применения и качество получаемых отливок приведены в табл. 3.

Комбинированные заготовки. При необходимости получить сложную заготовку целесообразно расчленить ее на отдельные простейшие части, изготовляемые прогрессивными методами, с последующим соединением их сваркой, склеиванием или другими способами в одно целое. Такой способ получения заготовок позволяет не в ущерб качеству уменьшать их массу и упрощать технологию изготовления, что, безусловно, снижает стоимость заготовки. При этом можно учитывать особенности эксплуатации и условия работы различных поверхностей деталей, образовывать поверхности из наиболее износостойкого материала или материала с особыми свойствами.

При комбинированном способе изготовления заготовок чаще всего применяют сварку - электродуговую, стыковую, плазменную и др.

Заготовки из металлокерамики. Металлокерамическая технология позволяет получить заготовки и детали машин из таких металлов, которые в расплавленном виде не растворяются друг в друге (железо - свинец, вольфрам - медь), и из композиций металлов с неметалами (медь - графит). Получают такие заготовки и детали способом порошковой металлургии, основанной на прессовании порошковых компонентов в специальных формах под давлением 100 - 600 МПа с последующим спеканием.

Заготовки из пластмасс. Детали из неметаллических материалов - пластмасс широко применяются в машиностроении,

так как стоимость их, как правило, в два-три раза ниже стоимости деталей из цветных металлов и сплавов. Применение деталей из пластмасс позволяет уменьшить массу машины, повысить ее эксплуатационные качества, а также сэкономить металл, особенно сплавы из цветных металлов и нержавеющую сталь.

Для правильного выбора пластмасс при изготовлении из них деталей следует знать конкретные условия работы данной детали и уметь пользоваться справочными материалами для выбора пластмасс с необходимыми свойствами.

Наиболее распространены в машиностроении полиамидные смолы, капрон и тефлон. Полиамидные подшипники, втулки, ролики и зубчатые колеса имеют высокие антифрикционные свойства, меньшие коэффициент трения и износ, чем металлические. Однако надо учитывать, что капрон нетеплопроводен. Например, при трении капроновой пары втулка - валик нагреваются внутренние поверхности втулки и она может расплавиться. Обычно рекомендуется применять пластмассовые детали в паре с металлическими.

Особенности заготовок для зубчатых колес. Зубчатые колеса ответственных передач горных машин для придания им минимальных размеров и массы изготовляют преимущественно из стали. Большинство зубчатых колес, применяемых в редукторах комбайнов, врубовых машин, скребковых и ленточных конвейеров, углепогрузочных и других шахтных машин, обычно работают в условиях высоких крутящих моментов, переменных и ударных нагрузок, подвержены усталостным напряжениям и абразивному износу. Поэтому их производят из легированных низкоуглеродистых сталей 12ХН3А, 12ХН2А, 12Х2Н4А, 25Х2ГНТА, 20Х2Н4А, 20ХН3А, 20ХН, 20Х и 18ХГТ или из высокоуглеродистых 40Х и после нарезания зубьев подвергают термической обработке: в первом случае - цементации, закалке и отпуску, во втором - закалке и отпуску.

Прутки применяют для зубчатых колес диаметром не свыше 70 - 80 мм, при больших размерах колес используют поковки, отливки, прессованные из пластмасс заготовки. Литые стальные колеса изготовляют из углеродистых сталей 40Л и 50Л или из легированных сталей 40ГЛ и ХГСЛ; зубчатые колеса для тихоходных открытых малонагруженных передач - преимущественно из серого чугуна СЧ28 и других или из модифицированных чугунов.

Червячные зубчатые колеса, как правило, делают составными - из литого бронзового венца, насаженного на литую чугунную ступицу.

2.3. Выбор способа получения заготовки

Назначая способ получения заготовки, технолог обязан убедиться в его экономической целесообразности. Обычно сравнивают несколько вариантов и выбирают тот, при котором обеспечивается наименьшая себестоимость детали при заданной программе.

Стоимость получения заготовки из проката и ее черновой обработки С, крб.,

$$C = gC_{nM} + BT(1 + q/100), \qquad \textit{(23)}$$

где g - масса прокатной заготовки, кг; CL_M - стоимость одного килограмма прокатного материала, крб.; В - часовая зароботная плата рабочего при черновой обработке детали, крб.; Т - калькуляционное время черновой обработки прокатной заготовки, ч; q - накладные расходы механического цеха, %.

Стоимость поковки и ее черновой обработки Cj, крб.,

$$C_j = g_j C_{n.м} + C_к(! + q/100) + BTj(1 + q/100), \qquad (24)$$

где gj - масса материала, расходуемого на поковку, кг; $C_к$ - стоимость кузнечной работы, крб.; qj - накладные расходы кузнечного цеха, %; Tj - калькуляционное время черновой обработки поковки, ч.

Выгодность применения кованой заготовки определяется условием $C_L<C$. В случае одинаковой стоимости заготовок из проката и кованой следует отдавать предпочтение последней, так как в этом случае уменьшается расход металла, загружается парк токарных станков и, что самое основное в условиях горного машиностроения, повышается механическая прочность детали.

Стоимость штампованной заготовки C_2, крб.,

$$c_2 = §_2 C_{ПМ} + C_{ШТ}(1 + q/ЮО) + c_ш/п + BT(1 + q/100), \qquad \textit{(25)}$$

где g_2 - масса металла, расходуемого на штамповку, кг; $C_{шт}$ - стоимость штамповочной работы, крб.; q_2 - накладные расходы цеха, %; $C_ш$ - стоимость штампа, крб.; п - число деталей, изготовляемых с применением штампа; $BT_2(1 + q/100)$ - стоимость черновой обработки штамповки, крб.

Условия возможности применения штамповки: $C_2<C$ и $C_2<C_]$. Предпосылки для получения заготовок способом литья: высокая сложность формы детали и невозможность получить ее другими способами; необходимость получить заготовку из чугуна, бронзы или других сплавов цветных металлов. Стоимость литой заготовки $C_л$, крб.,

$$C_л = £_л C_{ЖМ} + A(1 + ч_л/100) + C_{мш}/п + BT_Д(1 + q/100), \qquad \textit{(26)}$$

где $g_л$ - масса жидкого металла, расходуемого на отливку с учетом угара и брака, кг; $С_{жм}$ - стоимость 1 кг жидкого металла в конкретных условиях," крб.; А - сумма заработной платы по литейному цеху, связанная с литьем заготовки (изготовление стержней, формовка, заливка, выбивка, очистка и обрубка отливки, отжиг и отрезка прибыли), крб.; q_n - накладные расходы литейного цеха, %; $С_{мш}$ - стоимость модели и шишельных ящиков, крб.; п - число деталей, отливаемых по одной модели;$ВТ_п(1 + q/100)$ - стоимость часовой обработки отливки, крб.

Если $С_Л<С_1$ и $С_Л<С$, то отливка дешевле поковки и дешевле заготовки из проката'. Механические свойства литых заготовок ниже, чем кованых или полученных из проката. Это нужно учитывать при конструировании машины. Применение специальных видов литья позволяет значительно сократить или вообще исключить механическую обработку детали.

2.4. Предварительная обработка заготовок

Перед отправкой в механический цех заготовки предварительно обрабатывают: отрезают лишние части, зачищают, правят и калибруют. Некоторые виды заготовок - поковки и штамповки из высокоуглеродистых сталей (С>0,5 %), а также чугунные и стальные отливки - подвергают термической обработке (отжигу или нормализации). Такая обработка улучшает структуру металла и дальнейшую обрабатываемость заготовок.

До поступления в механический цех отрезают штучные заготовки от прутка, литники и прибыли отливок, напуски поковок, зачищают неровности, заливы, заусенцы и другие дефекты на поверхностях заготовок, а также снимают окалину и приварившуюся формовочную землю. Зачистка обычно выполняется на обдирочно-шлифовальных станках, крупные заготовки обрубаются пневматическими или ручными зубилами и зачищаются переносными шлифовальными машинами. Отливки очищаются проволочными вращающимися щетками или в дробеструйных установках. Применяют также абразивно-жидкостную очистку отливок, поковок, проката и заготовок после термической обработки.

Прутковый материал и кованые заготовки значительной длины перед обработкой часто нуждаются в предварительной горячей или холодной правке для устранения их искривления, так как на искривленных заготовках припуски распределены неравномерно. Искривление прутков, предназначенных для обработки на револьверных станках и автоматах, допустимо не более чем 1 мм на 1 м длины, иначе кривизна может стать причиной поломки подающих и зажимных механизмов станка. Правят такие заготовки на ручных или приводных прессах (точность 0,05-0,15 мм на 1 м длины), а заготовки из проката - на специальных

правильных станках (точность 0,05-1,0 мм на 1 м длины). Горячая правка крупных заготовок поперечным сечением более 100 мм^2 производится на прессах в кузнечном цехе.

В составе современных машиностроительных и рудоремонтных заводов имеются специальные заготовительные цехи, в которых прокатный материал разрезается на заготовки и обрабатывается: в нем предварительно сверлятся и растачиваются большие отверстия. Такая организация предварительной обработки заготовок наиболее экономична и прогрессивна.

Разрезать металл можно на станках токарной группщ при помощи одного или двух отрезных резцов, приводными ножевками и ножницами, дисковыми, ленточными и фрикционными пилами, абразивными дисками, на фрезерных станках. Применяют также холодную ломку металла под прессом, анодно-механическую, газовую и электрическую резку металла.

Разрезание заготовок отрезными резцами. Для разрезания заготовок из проката на станках токарной группы применяю.т отрезные резцы (рис. 1.9.), армированные быстрорежущей сталью или пластинками твердого сплава. Ширину отрезного резца принимают b = 0,6VcT, где d - диаметр разрезаемого металла, мм. Выбор подачи S_0, мм/об, зависит от материала режущих пластинок и материала заготовки. Для стального проката ориентировочно можно принимать S_0= (0,05 : 0,07)Ъ, для чугунных болванок S_0= =(0,07 : 0,10)fe, при работе на автоматах S_0= (0,05 : 0,15)fe. Скорости резания $_0$= 15 : 30 м/мин.

На рис. 1.10 показаны способы разрезания металла заготовок резцами на обычных и специальных токарных станках. Если необходимо получить гладкую поверхность заготовки небольшой массы, следует применять отрезной резец со скошенной режущей кромкой (рис. 1.10, б). Для значительного уменьшения вибрации, особенно при отрезке тяжелых заготовок, резец

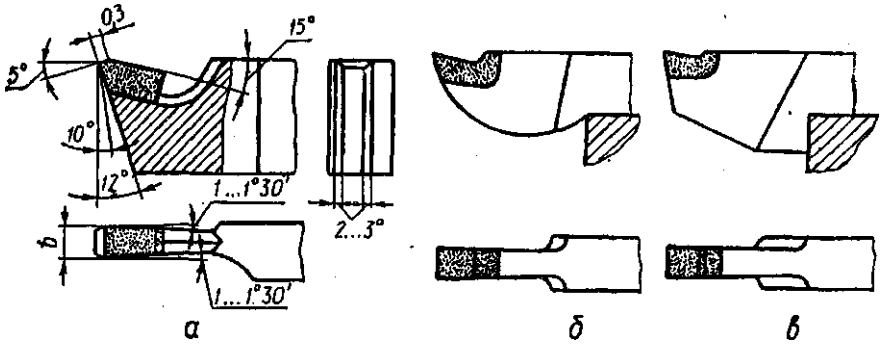


Рис. 1.9. Отрезные резцы:
а - с клиновой пластинкой твердого сплава; 6 - с усиленной державкой; в - с опорой на две грани суппорта

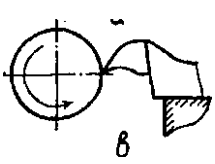


Рис. 1.10. Разрезание круглого металла:
а - обычным отрезным резцом; б - резцом со скошенной режущей кромкой; в - резцом, расположенным передней гранью вниз; г - двумя резцами на специальном токарном станке; д - схема к расчету машинного времени при постоянной скорости резания

располагают передней гранью вниз (рис. 1.10, в). В заготовительных цехах больших заводов применяют специальные токарные станки для разрезания заготовок двумя резцами (1.10, *г).* В этих станках скорость вращения шпинделя не постоянная, а возрастает по мере движения резцов от периферии к центру заготовки так, чтобы скорость резания оставалась по возможности постоянной. Преимущества таких станков - сокращение машинного времени и отсутствие изгиба разрезаемого материала.

Сравним машинное время разрезания при постоянной частоте вращения (п = const) и постоянной скорости резания ($_{О}$=const). Машинное время резания при постоянной п

$$\mathbf{T_м = d/2nS_0.} \qquad (27)$$

причем

$$п = ююо_и/_л а,$$

где и - скорость резания, м/мин; d - диаметр разрезаемого материала, мм. Следовательно,

$$^{\wedge}м'' \qquad ttd^2/2000_оS_0. \qquad (28)$$

При постоянной скорости резания (рис. 1.10, *д)* бесконечно малое приращение машинного времени dT_M, отвечающее радиальному перемещению резца dx, определяется по формуле

$$dT_M = dx/n_xS_0, \qquad (29)$$

где $п_х$ - мгновенное значение частоты вращения, соответсвующее радиусу *х:*

$$п = 1000_о/_я х.$$

Следовательно,

$$dT_M = \text{„}xdx/lOOOuS\text{„}.$$

Интегрируя в пределах от $x = d/2$ до $x = 0$, получим

$$T_м = \pi d^2/4000_{\upsilon}S_0. \qquad (30)$$

На практике из-за невозможности" сохранить скорость резания постоянной машинное время сокращается лишь на 30-35 % .

Разрезание прутков дисковыми пилами. Для разрезания прутков любого профиля применяют дисковые пилы (рис. 1.11), изготовляемые из быстрорежущей стали в виде сплошного диска диаметром не более 300 мм и со вставными сегментами диаметром 300-2000 мм. Каждый сигмент при его поломке легко заменить другим. Ширина пропила дисковой пилой составляет 4-14 мм, шаг зубьев *15-45* мм.

Стойкость дисковых пил, качество разрезанной поверхности и условия работы наилучшие при следующем соотношении высоты пропила h *и* шага зубьев t: $t > 0{,}15\ h$. При $t < 0',15\ h$ стойкость и прочность зубьев уменьшаются, так как в работе находится только один зуб и его вход сопровождается толчками. Чтобы исключить возникновение больших усилий при резании и ломку зубьев пилы, следует разрезаемый материал располагать симметрично относительно оси пилы.

При разрезании сплошного материала наибольшие его толщина $h_{ma![}$ или диаметр d ограничиваются шайбами, закрепляющими диск, так как должно быть $d < D/3$ (рис. 1.11, а, б). Подача на один зуб пилы S_z= 0,02-0,2 мм. Скорость резания в зависимости от марки разрезаемого материала $_u$ = 15 : 30 м/мин.

В случае разрезания крупных профилей (рис. 1.11, в) необходимо проверять режим резания по мощности двигателя N,

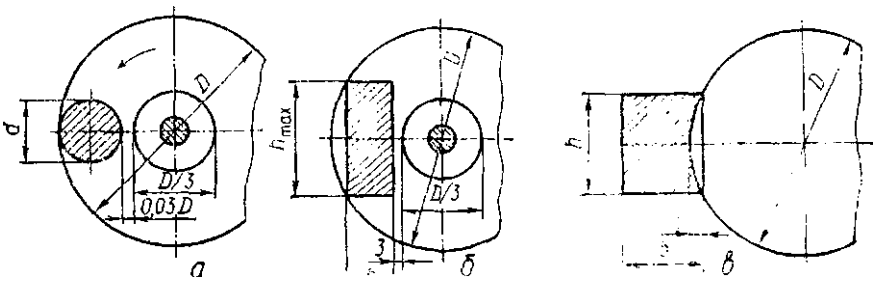


Рис. 1.11. Разрезание дисковой пилой материала:
а - круглого сечения; б - прямоугольного сечения; в - схема врезания

кВт:

$$N = pa_u\ h/612 \times 10^4 \qquad (31)$$

где $p = 10^3 k/S_z^{0,25}$ - среднее давление, МПа; для мягкой стали к=143, для средней к=178; а - ширина пропила, мм; u_s - скорость подачи при [illegible], h - [illegible], η - [illegible] станка; обычно $\eta = 0,6 - 0,65$. Машинное время (рис. 1.11)

$$T_м = (b+l+l')/\upsilon_S + (b+l+l')/\upsilon_{ов}, \qquad (32)$$

где Г - длина перебега пилы, мм; $_0$ - средняя скорость обратного хода пилы; $U_{оВ}$= 2000 мм/мин. Перый член в формуле (32) представляет собой время резания, второй - время ускоренного отвода пилы. Для круглого профиля 1 = 0, а для прямоугольного определяется по формуле 1 = 0,5 х (D- VD-H*). Длину перебега пилы 1' применяют в зависимости от диаметра пилы D : при D<500 мм Г = Змм, при D = 500 : 1000 мм 1 = 5 мм, при D > 1000 мм Г=10 мм.

После разрезания материала дисковыми пилами плоскость разреза получается чистой и правильной, припуск по торцу на последующую обработку можно принимать равным 2-3 мм.

Разрезание металла приводными пилами (механическими ножовками) обеспечивает хорошее качество разреза и малую ширину пропила, но этот способ в 6-10 раз менее производителен, чем предыдущий. Приводные пилы просты в обслуживании, недороги и позволяют одному, рабочему обслуживать 4-6 одновременно работающих пил.

При работе полотнами из быстрорежущей стали скорость резания $_u$ = 10 : 25 м/мин, для углеродистых полотен скорость резания должна быть примерно в 2 раза меньше.

Подачу S принимают равной 0,03-0,12 мм на один двойной ход приводной пилы. Машинное время

$$T_м = h/ns = hL/500_uS, \qquad (33)$$

где h - высота пропила, мм; L - длина хода пилы, мм; n = 1000/2L - число двойных ходов в минуту.

Отрезание литников и прибылей ленточными пилами. Для отрезания литников и прибылей в заготовках из сплавов цветных металлов, а также при вырезании деталей со сложным контуром из листа применяют ленточные пилы.

Разрезание металла фрикционной пилой - весьма производительный способ получения заготовок из специальных профилей и проката небольшого диаметра. Фрикционная пила представляет собой стальной незакаленный диск шириной 2-3 мм и диаметром 1-1,8 м; на цилиндрической поверхности диска

накатаны мелкие зубцы.

Работа фрикционных пил основана на принципе выплавления металла в месте мгновенного контакта зубцов диска с заготовкой. Для этого диску сообщается окружная скорость 120-150 м/с, которая обеспечивает температуру в месте контакта до 1200°С. Металл при такой температуре размягчается и удаляется вращающимся диском. Скорость резания почти не зависит от твердости стали. Недостатки фрикционных пил (большой расход энергии, невозможность из-за заклинивания пилы разрезать круглый материал большого диаметра и некачественная поверхность реза) ограничивают их применение для разрезания заготовок, особенно в тех случаях, когда заготовки идут на дополнительную механическую обработку.

Разрезание дисковыми фрезерами. Для получения мелких заготовок с чистыми и параллельными между собой поверхностями разреза из прутков длиной 600-700 мм применяют фрезерные станки. Резать можно одновременно несколькими дисковыми фрезами, установленными на отправке по длине отрезаемых заготовок (рис. 1.12).

Для получения заготовок из закаленной стали и труб небольших сечений применяют **разрезание абразивными дисками.** Толщина таких дисков 1-4 мм, диаметр 200-400 мм. Окружная скорость дискй 60-80 м/с, скорость подачи достигает 300-500 мм/

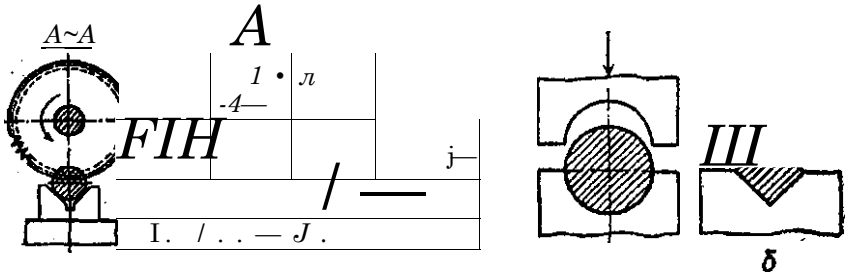


Рис. 1.12. Разрезание материала на фрезерном станке:
1-оправка; 2-дисковая фреза; 3-приспособление для установки заготовки; 4-заготовка

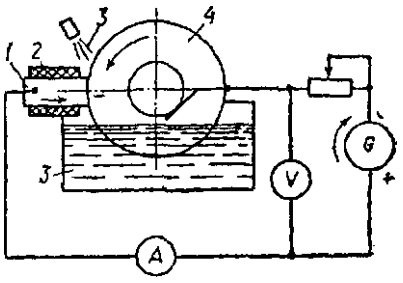


Рис. 1.13. Разрезание на приводных ножницах профильными ножами материала круглого (а) иквадратного (б) сечения

Рис. 1.14. Разрезание металла на анодно-механическом станке:
1-заготовка; 2-изоляция; 3-электролит; 4-медный или стальной диск

мин. Плоскость разреза получается гладкой и правильной.

Для разрезания листовой стали, фасонных и круглых профилей небольших сечений используют различного вида приводные ножницы. Их преимущество заключается в быстроте резания. Толщина разрезаемых на ножницах листов может достигать 25 мм, а ширина - 3000 мм.

Для разрезания прутков круглого, квадратного и прямоугольного сечений применяют ножи полукруглого и треугольного профилей, соответствующие размерам и профилям разрезаемого материала (рис. 1.13).

Разрезание металлов анодно-механическим способом (рис. 1.14). К разрезаемой заготовке подводится полюс источника постоянного тока (анод), а к инструменту - отрицательный (катод). Напряжение постоянного тока 20-32 В, сила тока 300-400 А. Электролитом обычно служит водный раствор жидкого стекла плотностью 1,27-1,3 г/см^3. В качестве инструмента обычно применяют диск из мягкой стали. Ему сообщается окружная скорость 20-25 м/с. Давление диска на заготовку находится в пределах 0,05-0,2 МПа. В место его контакта с металлом непрерывно подается электролит.

Под действием постоянного тока непрерывно протекает электрохимический процесс. Образующиеся при этом продукты электрохимического растворения металла легко удаляются вращающимся диском. По производительности анодномеханическая резка не уступает разрезанию дисковыми пилами. Этот способ целесообразно применять при разрезании твердых металлов и сплавов.

Холодная ломка металла под прессом весьма производительна при условии, что сталь имеет повышенное содержание углерода, кремния, серы и фосфора. Чтобы сломать металлический пруток круглого, квадратного или многогранного сечения, нужно сначала сделать в нем надрез глубиной 10-30 % диаметра прутка. Надрез выполняют механическим или электромеханическим способом. Шероховатость поверхности при холодной ломке зависит от глубины надреза, химического состава металла и состояния оборудования. Величина неровностей и глубина поврежденного слоя составляют 1-3 мм.

Газовой резке поддаются только те металлы, у которых температура плавления выше температуры воспламенения, а оксиды плавятся прй более низкой температуре, чем сам металл. Поэтому малоуглеродистые, среднеуглеродистые и некоторые легированные стали поддаются резке (температура их воспламенения 1050-1250°С), а чугун, медь и алюминий нет.

Газовую резку можно выполнить вручную при помощи ацетиленового резака или бензореза либо на специальных машинах - полуавтоматах и автоматах.

Давление кислорода при резке зависит от толщины разрезаемого металла. Для металла толщиной 15 мм давление кислорода должно быть 0,3 МПа, а для металла толщиной 100 мм - 0,7 МПа. Если давление кислорода недостаточно, то сквозной прорез не получается.

Расход кислорода для резки 1 м малоуглеродистой стали, л/м,

$$Q = б(2,7a + 1), \qquad (34)$$

где б - толшина металла, мм; а - ширина разреза, мм;

$$a = 0,28\sqrt{б} + 2. \qquad (35)$$

Решая совместно уравнения (34) и (35), получим

$$Q = б(0,76\sqrt{б} + 6,4). \qquad (36)$$

Ориентировочная скорость резки, м/ч,

$$v_{р} = 25 - 1,4\sqrt{б}. \qquad (37)$$

Для резки необходимо применять кислород чистотой не ниже 99 %. При менее чистом кислороде расход его увеличивается, а производительность резки снижается.

Дуговая резка в отличии от газовой является таким технологическим процессом, при котором металл разделяется расплавлением, а не вследствие сгорания в зоне реза. Основное преимущество дуговой резки - возможность резать как черные, так и цветные металлы. При дуговой резке применяют угольные, графитные и металлические электроды со специальной обмазкой. В месте разреза поверхность получается неровной. При резке угольными и графитовыми электродами кромки разрезаемого металла науглероживаются, что затрудняет их последующую механическую обработку. Применение электродов с тонкой обмазкой вызывает большой расход электродов; кроме того, по сравнению с газовой резкой этот способ малопроизводителен. Резка при помощи обычных электродов с тонкой обмазкой хотя и повышает производительность, но невыгодна из-за их дороговизны. Поэтому для электродуговой резки следует применять электроды с толстой обмазкой из дешевых компонентов (каменноугольная пыль, зола и др.). Вместо круглых электродов диаметров 5 и 6 мм можно применять пластинчатые из отходов старого листового железа сечением 0,5 х 40 или 1 х 33 мм. Обмазка для них рекомендуется следующего состава: зола древесная - 24 %, мел - 2 %, жидкое стекло - 74 %.

Газовую и дуговую резку в большинстве случаев применяют

в цехах металлоконструкций и литейных для отрезки прибылей и литников заготовок. Разрезание металла этими способами в заготовительных цехах ограниченно из-за образования некачественной поверхности разреза, часто трудн о поддающейся механической обработке.

Расширяется использование плазменно-дуговой резки, которая обеспечивает хорошее качество реза и значительно более производительна, чем газовая (кислородная). При разрезании труднообрабатываемых материалов следует применять, как правило, специальные методы резки: анодно-механический, электроискровой, электромеханический, электроконтактный; для материалов, не проводящих ток, используют ультразвуковую, электронно-лучевую и светолучевую (лазерную) резку.

2.5. Припуски на обработку

Припуском на обработку поверхности называют избыточный (сверх чертежного размера детали) слой материала, который оставляют для съема режущим инструментом при механической обработке заготовки. Различают операционные, или переходные, и общие припуски на обработку.

Операционным (переходным) припуском называется слой материала, удаляемый при выполнении данной операции (перехода). Для наружных поверхностей детали (рис. 1.15, а) операционные припуски, мм,

$$z_1 = a_1 - a_2; \quad z_2 = a_2 - a_3; \quad z_3 = a_3 - a_4; \qquad (38)$$

для внутренних поверхностей детали (рис. 1. 15, б)

$$z_1 = a_2 - a_1; \quad z_2 = a_3 - a_2; \quad z_3 = a_4 - a_3; \qquad (38а)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 межоперационные размеры, мм.

Общим припуском на обработку называется слой материала, который должен быть удален в результате выполнения всех предусмотренных технологическим процессом операций механической обработки для получения размера и шероховатости поверхности, заданных чертежом и техническими условиями. Общий припуск z равен сумме операционных (переходных) припусков z_i :

$$z = \sum_{1}^{n} z_i \qquad (39)$$

В припуск, снимаемый на первых черновых операциях, входит также дефектный слой, величина которого зависит от материала и размеров заготовки, способа ее получения и других технологических факторов. Дефектный слой включает в себя

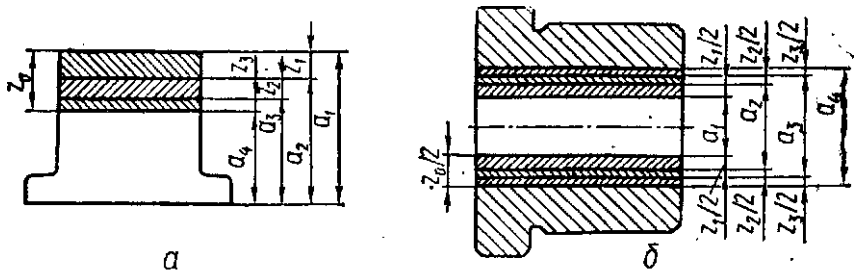


Рис. I.15. Припуски на обработку наружных (а) и внутренних поверхностей

выпуклости, вмятины, обезуглероженный слой при нагреве, а также погрешности размеров и геометрической формы детали. Дефектный слой поковок составляет 1,5-3 мм, штамповок - 0,5...1,5 мм, горячекатаного проката - 0,5...1 мм, отливок из серого чугуна - 1...2 мм, стальных отливок - 1...3 мм. С наименьшими припусками получаются отливки при литье под давлением и по выплавляемым моделям.

Задаваемый общий припуск z зависит от точности изготовляемой детали при выбранном технологическом процессе.

Припуск на обработку измеряют по нормали к обрабатываемой поверхности и задают в миллиметрах на сторону или на диаметр. Способ задания припуска, т.е. на сторону (односторонний) или на диаметр (двусторонний), оговаривают в технологической документации.

При обработке любой детали операционные размеры как правило, нельзя выдержать точно, а поэтому фактическое значение припуска колеблется в некоторых пределах. В связи с этим различают минимальный, нормальный (расчетный) и максимальный припуски.

Если на рабочих поверхностях детали указаны 6-й и 8-й квалитеты точности, а шероховатость поверхности $\wedge < 1,25$ мкм, то поверхность нельзя обработать за одну операцию, а тем более за один проход. В этом случае общий припуск на обработку разделяют на несколько операционных (переходных) припусков.

2.6. Определение операционных (переходных) припусков и допусков на них

Операционные припуски на обработку назначают по следующей схеме : 1) намечают план обработки детали, обеспечивающей точность размеров и заданную шероховатость поверхности; 2) определяют припуск на черновую обработку как разность между общим припуском на обработку и суммой операционных припусков на чистовую и отделочную операции. Определяя общие и операционные (переходные) припуски, назначают также допускаемые отклонения, т.е. допуски на припуски.

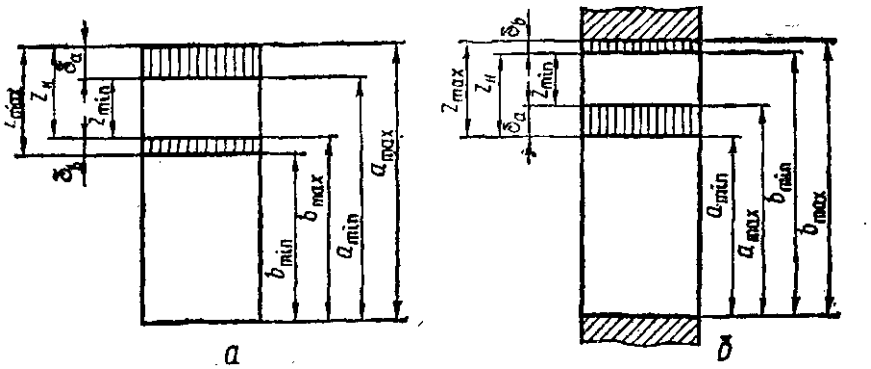


Рис. I.16. Переходные припуски и допуски на них для наружной (а) и внутренней (б) Поверхностей

При обработке наружных поверхностей (рис. 1.16, а) минимальный припуск, мм,

$$z_{min} = a_{min} - b_{max},$$

максимальный припуск, мм,

$$z_{max} = a_{max} - b_{min};$$

при обработке внутренних поверхностей (рис. 1.16, б) минимальный припуск

$$z_{min} = b_{min} - a_{max},$$

максимальный припуск

$$z_{max} = b_{max} - a_{min},$$

где $o_{в1ях}$ и $a_{шlп}$ - максимальный и минимальный размеры, полученные на предыдущем переходе, мм; b_{mtx} и $Ь_{mbI}$ - максимальный и минимальный размеры, заданные для выполнения перехода, мм.

Номинальный переходный припуск $z_н$ определяется как сумма минимального припуска z_{mln} и допуска $б_я$, заданного для предыдущего перехода:

$$*_н = z_{min} + б_Л \qquad (40)$$

Максимальный переходный припуск $г_{швх}$ определяется как сумма номинального припуска $z_н$ и допуска s_{fc}, заданного для выполнения данного перехода.

Допуск на переходный припуск равен разности между z_{max} и z_{mln}, т.е. максимальным и минимальным переходными припус-

ками:

$$6_Z = \wedge Л \, л \, Г \, (^zH + 8») \, " \, (^zH" \, 5j,$$

или

$$5_Z = 5_{„} + 5(, \qquad (41)$$

где



По максимальному припуску рассчитывают и выбирают режимы резания, а номинальными припусками оперируют во всех технологических расчетах.

Правильный расчет и выбор припусков и переходных (операционных) допусков для механической обработки детали - основные задачи при составлении технологического процесса, так как от этого зависит себастоимость, качество, надежность и долговечность детали. Чем больше припуск, тем больше проходов требуется для съема соответсвующего слоя металла, что повышает трудоемкость процесса, расход электроэнергии **И** режущего инструмента, а также отходы металла. Кроме того, увеличивается парк оборудования и производственная площадь. Уменьшенные припуски не обеспечивают возможности удалить дефектный поверхностные слои металла, получить нужную точность и шероховатость, т.е. приводят к браку.

2.7. Опытно-статистический и расчетно-аналитический методы определения припусков на обработку

В машиностоении широко применяются два метода определения припусков на обработку деталей: опытно-статистический и расчетно-аналитический.

При опытно-статистическом методе как вообще, так и промежуточные припуски берут из справочников [9] по таблицам, составленным на основании обобщения и систематизации производственных наблюдений передовых заводов.

Основное преимущество опытно-статистического метода ,- экономия времени на установление припусков. Недостатки заключаются в том, что припуски назначаются без учета конкретных условий разрабатываемого технологического процесса (технологического маршрута, схемы установки и крепления заготовки на смежном предшествующем и выполняемом переходах). Припуски , как правило, получаются завышенными, так как при составлении таблиц, по данным передовых заводов, опытно-

статистические припуски выбирают максимальными, что не всегда отвечает фактическим условиям обработки на данном предприятии. Устанавливая припуски опытно-статистическим методом, технолог не анализирует условия выполнения операций обработки, не ищет возможности уменьшения припусков, а механически выбирает их из таблиц.

Расчетно-аналитический метод определения припусков, разработанный профессором В.М. Кованом, учитывает конкретные условия технологического процесса обработки и позволяет получить более точные значения припусков.

В основу расчета снижаемого промежуточного припуска положено условие устранения погрешности обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующих технологических переходах, а также погрешности установки и базирования на выполненном переходе. Чтобы правильно установить минимальный промежуточный припуск и учесть влияние определяющих его факторов, приведем следующие понятия и обозначения: R_a - среднее арифметическое отклонение профиля, предусматриваемое для смежного предшествующего перехода механической обработки данной поверхности;

$T_д$ - глубина дефектного поверхностного слоя, предусматриваемая для смежного предшествующего перехода;

$Ρ_a$ - суммарное значение пространственных отклонений в расположении обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, предусматриваемое для смежного предшествующего перехода;

$e_в$ - предполагаемые *погрешности* установки и базирования заготовки на выполняемом переходе.

При обработке наружных поверхностей минимальные припуски отсчитывают от наименьшего предельного размера заготовки, а при обработке внутренних поверхностей - от наибольшего ее предельного размера. Поэтому погрешность формы и отклонение размера обрабатываемой поверхности минимальным промежуточным припуском не учитываются, Если такие погрешности формы имеют место, то они *учитываются допуском* на соответствующий размер заготовки, а отклонения размеров влияют на величину действительного припуска по сравнению с расчетным.

Пространственные отклонения, погрешности установки и базирования представляют собой векторы, так как имеют не только величину, но и направление. Поэтому суммируют их по правилу сложения векторов.

При обработке плоских поверхностей учитывают наибольшее из пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей по нормали к обрабатываемой поверхности. При этом суммарное значение $Ρ_я$ определяется как векторная сумма пространственных отклонений:

для совпадающих направлений векторов

$$P« \quad Pl^{+} P2'$$

для противоположных направлений векторов (при угле между ними **180°)**

$$P«^{=} Pl " P2'$$

При обработке поверхностей вращения учитывают суммарные отклонения взаимосвязанных поверхностей, векторы которых могут иметь любое направление. Если нельзя установить вероятное их направление, следует пользоваться формулой

$$\mathbf{P« \; \sqrt{Vpl^{\Gamma+} P2^{2}} \cdot}$$

Погрешность установки определяют как векторную сумму погрешностей базирования $_{Bв}$ и закрепления $_{Bз}$ аналогичным методом:

при совпадающих направлениях векторов

$$\mathbf{е_{в}= е_{Б} + е_{з}}$$

при противоположных направлениях векторов

$$е_{в} - Bjj " 63 \cdot$$

Когда направления векторов установить затруднительно, их суммируют по правилу квадратного корня:

$$\mathbf{ев^{=} \sqrt{»ев^{2} 4-5З^{2}} \cdot}$$

Учитывая изложенное, расчетные структурные формулы минимального промежуточного припуска для выполняемого перехода можно представить в следующем виде:

при последовательной обработке противоположных или отдельно расположенных поверхностей

$$«в-.= к.^{+} {}^{m}.^{+} р.+ е_{в}; \qquad (42)$$

при параллельной обработке противолежащих плоскостей (припуск на две стороны)

$$\mathbf{2z_{Bnlta}= 2(R_{„}+ T + _{P(}+ е_{в});} \qquad (43)$$

при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения

$$2z_{Bmta} = 2(R + T. + Vp.^2 + B_B^2); \qquad (44)$$

при обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность установки и базирования можно принять равную нулю, следовательно,

$$2s_{„}{}^{*} = 2(R. + T. + pJ; \qquad (45)$$

при шлифовании заготовок после термической обработки, когда поверхностный слой по возможности должен быть сохранен, величина $T_Л$ исключается из формулы и при последовательной обработке отдельно расположенных поверхностей

$$^{z}B_{„lta} = R« + P» + B_B. \qquad (46)$$

а при обработке поверхностей вращения

$$z_{Bmta} = 2(R \qquad (47)$$

Пространственные отклонения, полученные в результате коробления заготовки после термической обработки, учитываются величиной $\rho<1$. Если нет погрешности установки, то

$$^{z}Bnita = \qquad Pa \quad '$$

или

$$^{2z}B.ntn = {}^{2}(R^{*} + p.); \qquad (48)$$

при отделочном шлифовании (суперфиниш) или полировании, когда достигается лишь уменьшение шероховатости поверхности,

$$^{2Z}Bmta = {}^{2R}« \bullet \qquad (49)$$

Если у партии заготовок обрабатываются внешние поверхности на предварительно настроенных станках, т.е. установленным на размер инструментом, то при наибольшем предельном размере заготовки, полученном на предшествующем переходе, в силу закона копирования получается наибольший предельный размер и на выполняемом переходе (при наименьшем - наименьший). Причина этого - увеличенная глубина резания, а следовательно, наибольшая сила резания и наибольшее отжатие системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД).

Рассчетав промежуточные (операционные) припуски, определяют предельные размеры заготовки по всем технологическим переходам от готовой детали до исходной заготовки.

Размеры заготовок называют *свободными,* если они относятся к необрабатывамым поверхностям или к обрабатываемым, но не соприкосающимся с другими поверхностями. Их допускаемые отклонения принимают, исходя из конструктивных и технологических соображений с учетом вида и способов изготовления заготовок.

Припуском на обработку детали определяется количество металла, превращаемого в стружку. Оценивая эффективность расходования металла, исходят из коэффициента использования металла $к_и$, выражающего отношение массы обработанной детали q к массе металла, затраченного на ее изготовление Q:

$$к_и = q/Q. \qquad (50)$$

В условиях различных машиностроительных и рудоремонтных заводов коэффициент $к_и$ = 0,3 : 0,9. Повышения коэффициента использования металла следует добиваться не только снижением припусков, но, главным образом, улучшением технологичности конструкции детали и применением методов безотходной и малоотходной технологий.

Г л а в а 3. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛИ И ВИДЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

3.1. Основные понятия

На деталях, устанавливаемых при обработки на станках, различают: 1) обрабатываемые поверхности, с которых инструментом снимется слой металла; 2) базы, определяющие положение детали при обработке; "база" означает "основание", происходит от греческого слова "базис"; 3) поверхности, воспринимающие зажимные силы; 4) поверхности, от которых измеряют выдерживаемые размеры; 5) необрабатываемые (свободные) поверхности.

Чтобы обеспечить определенное положение обрабатываемой заготовки на столе или в приспособлении, нужно решить задачу ее базирования с заданной точностью. Аналогичную задачу приходится решать и при сборке машин, когда требуется соединить с необходимой точностью детали и сборочные единицы.

Придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат называется базированием (ГОСТ 21495-76).

База - это поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования. База определяет не только положение заготовки на станке в процессе обработки, но и положение детали при работе в собранной единице или машине. В технологии машиностроения

различают базы проектные и действительные, конструкторские и технологические, основные и вспомогательные, измерительные и установочные, направляющие и опорные, скрытые, явные и др.

Проектными называются базы, выбранные при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия. На чертежах проектные базы представляют в виде геометрических элементов - осей отверстий и валов, плоскостей симметрии, биссектрис углов и точек. *Действительные базы* - базы, фактически используемые в конструкции, при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия.

Конструкторскими называют базы, используемые для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Собирают изделия, сопрягая конструкторские базы его элементов. Следовательно, конструкторские базы - реальные поверхности элементов изделия. *Технологическими* называются базы, используемые для определения положения заготовки или изделия в процессе их изготовления или ремонта. Поверхности заготовки, непосредственно контактирующие с установочными элементами приспособления, и являются технологическими базами.

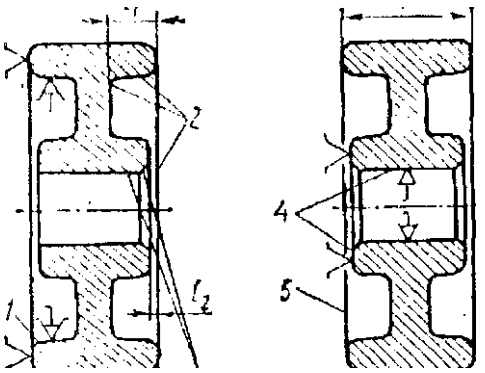
Основная - конструкторская база, принадлежащая детали или сборочное единице и используемая для определения ее положения в изделии. Основные базы являются неотъемлемыми элементами конструкции детали и выполняют определенную роль при ее работе в изделии. Это, например, поверхность отверстия в ступице зубчатого колеса, торцевая поверхность колеса и др.

Вспомогательная - также конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия. Вспомогательные базы для работы изделия не используются, но специально создаются из технологических соображений. Например: поверхности цейтровых отверстий вала.

Измерительными базами называют базы, которые используются для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерений. Измерительной базой может быть реальная поверхность, разметочная риска или пересечение рисок *(явная база)* и воображаемая плоскость, ось или точка *(скрытая база),* требующая применения косвенных методов контроля.

По лишаемым степеням свободы базы подразделяют на: *установочную,* лишающую заготовку или изделие трех степеней свободы - перемещения вдоль одной из осей координат и поворотов вокруг двух других осей; *направляющую,* лишающую заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещения вдоль одной из координатных осей и-поворота вокруг другой оси; *опорную,* лишающую заготовку или изделие одной степени свободы - перемещения вдоль одной из координатных осей или поворота вокруг одной из них.

Установочная база определяет положение обрабатываемой детали на станке или в приспособлении относительно направления рабочего движения режущего инструмента. Поэтому погрешности при базировании неизбежно влияют на форму изготовляемой детали



г(^ ^ (5

Рис. 1.17. Базы и поверхности шкива:
а - I операция; б - II операция; 1 - черновая технологическая база; 2 - измерительные черновые базы; f 3 - поверхности, обрабатываемые от черновой технологической-базы (I операция); 4 - основная чистовая технологическая база; 5 - измерительная чистовая база; 6 - конструкторская база (осевая линия)

и заданные расстояния между обрабатываемыми поверхностями. От правильного выбора базы зависят точность обработки, затрата времени на установку и крепление детали в станке, а следовательно, и производительность труда. Вот почему при проектировании технологического процесса механической обработки детали правильный выбор установочной базы - один из важнейших и принципиальных вопросов.

Установочными базами могут служить поверхности (рис. 1.17): плоские, наружные или внутренние цилиндричеркир, торцевые с отверстиями, поверхности отверстий, центровых гнезд, а также конические и криволинейные (например, поверхности зубьев зубчатых колес, резьбы) и др. Установочными базами могут быть обработанные и необработанные поверхности. Однако необработанные поверхности можно принимать в качестве баз только на начальных операциях обработки (рис. 1.17, *а).* Их условно называют черновыми базами. По возможности они должны быть ровными и гладкими, без поверхностных дефектов.

3.2. Виды установки деталей

Различают три основных вида установки деталей при обработке, на металлорежущих станках: 1) непосредственно на станке с применением простейших средств крепления (планок, зажимных болтов, подкладок, клиньев) и выверкой правильности положения детали на станке при помощи измерительных инструментов,; 2) в стандартизованных зажимных приспособлениях, являющихся принадлежностями станков; 3) в специальных зажимных приспособлениях.

Установку заготовок непосредственно на станке применяют в единичном и мелкосерийном производствах, а также в серийном производстве при обработке крупных деталей. Так обрабатывают, например, плоскости корпусных деталей (корпуса редукторов, коробки скоростей, станины и др.) на продольно-

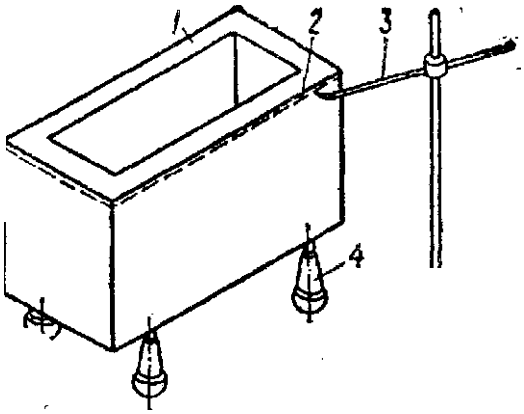


Рис. 1.18. Разметка корпусной детали.
1 - обрабатываемая деталь; 2 - линия разметки; 3 - рейсмус; 4 - опоры

строгальных и фрезерных станках, растачивают на горизонтально-расточных и лоботокарных станках, ведут токарную обработку на карусельных и фрезерных станках. Правильного положения детали в этих случаях достигают выверкой при помощи рейсмуса, штангенциркуля, угольника и других измерительных инстру-ментов.

Обрабатывая сложные и дорогие детали с установкой их непосредственно на столе станка, часто применяют разметку, т.е. на окрашенные или покрытые мелом поверхности заготовки наносят линии, ограничивающие размеры снимаемого слоя маталла и определяющие требуемые размеры при обработке. Практикуется также накернивание этих линий, т.е. нанесение точек, заостренным керном. Размечают (рис. 1.18.) на специальных разметочных плитах при помощи чертилок, рейсмусов, угольников и масштабных линеек. Деталь устанавливают на домкратиках, призмах или других регулируемых опорах. Разметка облегчает и сокращает время на установку заготовки на станке. Однако сама операция разметки трудоемка и должна выполняться специальными рабочими-разметчиками.

Недостатки метода установки заготовки на станке: 1) трудно выполнить точное базирование, а следовательно, и получить точные размеры (например, точность обработки при разметке не превышает 0,3 - 0,4 мм); 2) большая затрата времени на установку детали; 3) необходим труд станочников высокой квалификации, имеющих определенный опыт по установке деталей на станке. Способ непосредственного крепления детали на станке экономически оправдывает себя в тех случаях, когда обрабатываемая деталь велика и ее допуск больше суммарной погрешности, получаемой при обработке.

Установку деталей в стандартизованных зажимных приспособлениях применяют в основном в единичном и мелкосерийном производствах, очень редко - в серийном и массовом. Применение того или иного вида стандартизованного приспособления зависит от назначения, точности и конфигурации заготовки. К этим приспособлениям относятся центры токарных станков, самоцентрирующие трех- и четырех- кулачковые патроны, планшайбы, параллельные тиски на строгальных и фрезерных станках и др. По сравнению с установкой детали непосредственно на станке применение стандартизованных зажимных приспо-

соблений дает следующие преимущества: 1) более точное базирование детали; 2) сокращение времени на установку и закрепление детали; 3) повышение точности обработки.

Наиболее точно устанавливаемые детали базируются **при помощи специальных зажимных приспособлений.** Они конструируются с учетом конфигурации и размеров обрабатываемых деталей, поэтому такая установка требует минимальных затрат времени и позволяет обрабатывать деталь без предварительной разметки. Применение специальных зажищных приспособлений создает предпосылки для автоматизации обработки и автоматического получения размеров, т.е. по заранее установленному на размер инструменту. Однако при таком методе базирования затрачиваются время и средства на проектирование и изготовление специального приспособления, увеличиваются себестоимость обработки деталей, а следовательно, и стоимость всей машины вследствие амортизации приспособлений и накладных расходов инструментального цеха.

Применение того или иного вида установки детали должно быть технически и экономически оправдано.

3.3. Базирование и закрепление заготовки

База должна обеспечить выполнение требований чертежа, а также технических условий на изготовление детали. Число и расположение баз следует выбирать такими, чтобы создать достаточно точную и надежную установку обрабатываемой детали относительно направления движения режущих инструментов. Этого можно достигнуть, если связать все шесть степеней свободы обрабатываемой детали соответсвенно расположенными неподвижными опорами приспособления. Чтобы лишить деталь какой-либо из степеней свободы, деталь прижимают к соответственно расположенной неподвижной точке приспособления или стола станка, называемой *опорной точкой.* Каждая такая опора связывает одну степень свободы детали, поэтому необходимое условие базирования - наличие шести опорных точек, т.е. соблюдение так называемого правила шести точек.

Чтобы лишить деталь всех шести (I - YI) степеней свободы рис. 1.19, шесть неподвижных опорных точек нужно расположить в трех взаимно перпендикулярных плоскостях следующим образом: три опорные точки 1, 2 и 3 - в плоскости А, две точки 4 и 5 - плоскости В и одну точку 6 - в плоскости С. Рассмотренный пример иллюстрирует схему полного базирования, т.е. случай, когда необходимо получить точные координирующие размеры в трех направлениях по координатным осям x, *y* и *z*. Каждая из поверхностей, участвующих в ориентировке обрабатываемой поверхности относительно направления движения режу!цего инструмента, становится базой детали. Плоскость А является в данном случае главной базой, плоскость В - направляющей, или опорной, плоскость С - упорной.

Проектирование любого технологического процесса

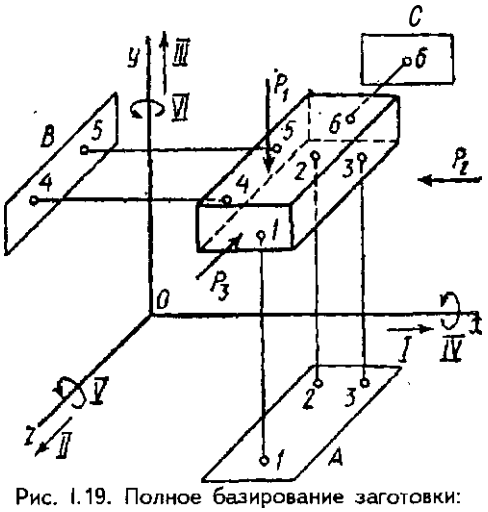


Рис. 1.19. Полное базирование заготовки: P_1, P_2 и P_3 - силы, действующие на заготовку при базировании

механической обработки детали нужно начинать с выбора баз. В большинстве случаев базами для установки и обработки служат поверхности детали, которые либо фиксируют ее положение в машине, либо обеспечивают выполнение заданных ей функций во взаимодействии с другими деталями.

При базировании заготовки на станке или в приспособлении могут быть использованы одна, две и три базы, имеющие на себе в общей сложности 3, 4, 5 или 6 опорных точек. Оформляя технологическую документацию, в картах эскизов обрабатываемых заготовок все поверхности, назначенные для базирования, отмечают толстой сплошной основной линией с указанием числа опорных точек каждой базы. Схему расположения опорных точек на базах заготовки или изделия называют *схемой базирования.* Все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками по ГОСТ 21495-76 и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображают одну и около нее" проставляют номера совмещенных точек. Число проекций заготовки на схеме базирования должно быть минимальным, но достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

Требуемую точность детали можно получить, если наряду с другими условиями ее заготовке при обработке в приспособлении обеспечить полную недвижимость за счет надежного закрепления. *Закрепление* - это приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании, в отличие от базирования заготовки, когда на нее накладывается определенное число связей и она соответственно лишается трех, четырех, пяти или шести степеней свободы. Обеспечивается это применением различных по конструкции механических, гидравлических, пневматических, электрических, вакуумных и других зажимных устройств, основанных на использовании сил трения в местах контакта зажимных элементов и заготовки. С помощью зажимных устройств приспособлений создается постоянство контакта баз с опорными точками, т.е. правильное базирование заготовки и неподвижность ее в процессе обработки, решается задача надежного закрепления. Когда зажим заготовки совмещается с опорой, что бывает при использовании

Рис. 1.20. Цепной и координатный способы нанесения размеров на рабочем чертеже детали

Рис. 1.21. Базирование зубчатого колеса по начальной окружности при шлифовании отверстия

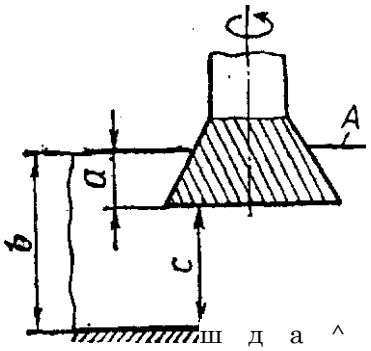
для закрепления кулачкового патрона или разжимной оправки, на карте эскизов указывают условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81 (см. рис. 1.17).

Размеры на рабочем чертеже должны быть нанесены так, чтобы их удобно было измерять непосредственно на изготавливаемой детали. Важно также, чтобы при измерениях не суммировались ошибки, возникающие при обработке. Суммирование ошибок отдельных размеров неизбежно при цепном (последовательном) способе их нанесения (A, B, C и D - рис. 1.20). При указании на чертеже размеров A, E, F и G от одной конструкторской базы координатным способом суммирование ошибок отдельных размеров исключается.

Чтобы выполнить механическую обработку с наибольшей точностью, нужно стремиться использовать для базирования детали основные конструкторские базы. Например, шлифование отверстий на базе начальной окружности зубьев (рис. 1,21). Для этой цели используют специальный патрон с тремя закаленными и шлифованными роликами 1, входящими во впадины зубьев колеса. Биение на начальной окружности при этом составляет 0,02 - 0,03 мм.

Если конструкторскую базу нельзя использовать для установки детали, пользуются вспомогательными технологическими базами.

На рис. 1.22 показано базирование заготовки при фрезеровании паза в виде ласточкина хвоста с использованием вспомогательной технологической базы - поверхности В. Конструкторской



ш д а ^

Рис. 1.22. Базирование заготовки при фрезеровании паза

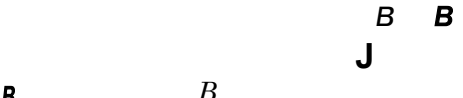


Рис. 1.23. Базирование детали при совмещении (а) и несовмещении (б) измерительной ВВ и установочной АА баз

базой в данном случае является поверхность А, относительно которой должен быть выдержан размер *а*. Использование поверхности *А* в качестве установочной базы в данном случае нецелесообразно, так как требует создания неудобного и малоэффективного приспособления, прижимающего деталь снизу вверх. Лучше использовать более удобную для установки вспомогательную базу *В и* получить размер *а* за две операции: сначала обработать поверхность *В* на базе поверхности *А,* выдержав при этом размер *Ь,* а потом фрезеровать паз на базе поверхности *В* с выдерживанием вспомогательного размера *с.* Разность размеров *Ь-с* (с учетом допусков) определить требуемый размер *а.*

Иногда возникает необходимость искусственно создавать дополнительные технологические базы в виде отверстий, приливов, приваренных частей и др. Для получения необходимой точности обработки в некоторых случаях вспомогательные базовые поверхности приходится обрабатывать с большой точностью, чем предусмотрено чертежом. Встречаются и случаи вынужденной обработки таких поверхностей (принятых в качестве технологической базы), которые по условиям работы детали в машине можно оставить без обработки.

В зависимости от степени точности все установочные базы разделяют на черновые, чистовые и промежуточные. База, используемая для первой операции обработки, когда ни одна поверхность детали еще не обработана, называется *первичной,* или *черновой.* Правильно выбранная первичная (черновая) база в значительной степени определяет весь технологический процесс обработки детали, так как исключает смещение детали при установке и появление брака. Во избежание перекосов деталь рекомендуется базировать не по всей поверхности базы, а применять точечные опоры - опорные штифы со сферической опорной поверхностью. *Чистовыми* называют базы, используемые для

окончательных операций обработки деталей.

Проектируя технологический процесс обработки детали, нужно соблюдать принцип совмещения баз (рис. 1.23, *а),* т.е. по возможности устанавливать заготовку при обработке и измерять ее от одной и той же поверхности. Это гарантирует наибольшую точность обработки. Кроме того , совмещение баз позволяет вести обработку с допусками, заданными чертежом, без пересчета размеров, что облегчает и упрощает, а следовательно, и удешевляет процесс обработки. При нарушении принципа совмещения измерительной и установочной баз (рис. 1.23, б) потребуется точно выдерживать размер h_2, который отсчитывается от поверхности ВВ, являющийся в данном случае измерительной базой, не совмещенной с установочной базой *АЛ.*

3.4. Выбор черновых и чистовых баз

При **выборе черновых баз** необходимо соблюдать следующие условия: ,

1. Если деталь обрабатывается не по всем своим поверхностям, то в качестве черновой базы следует принимать поверхность, остающуюся без обработки. При наличии у детали нескольких поверхностей, не подлежащих обработке, за черновую принимают ту базу, которая имеет наименьшее смещение относительно обрабатываемых поверхностей.

2. Если обрабатываются все поверхности детали, то в качестве черновой базы следует принимать ту, которая имеет наименьший припуск. В этом случае получается наименьшее число бракованных деталей вследствие недостатка припуска какой-либо поверхности, подлежащей обработке. Поверхности с наименьшими припусками будут соосны, концентричны или параллельны (в зависимости от вида обработки) поверхностям, принятым в качестве баз при дальнейшей обработке. Следовательно, перекосы заготовки можно устранить съемом припусков больших, чем с поверхности, принятой в качестве черновой базы.

3. Черновые базы должны быть по возможности ровными и чистыми, без облоя и заусенцев у штампованных заготовок, без литников и выпоров у отливок, без овальности и недоката у заготовок из горячекатаной стали.

Если поверхности, удовлетворяющей перечисленными требованиями, нет, у заготовки делают специальные установочные бобышки, на которые деталь базируется при обработке ее установочной поверхности (установочной базы). После установочной поверхности обрабатывают остальные поверхности, соблюдая определенную последовательность. Обработка каждой последующей поверхности может исказить ранее обработанную, так как съем слоя металла вызывает перераспределение внутренних нарпяжений в материале детали и приводит к ее деформации. Поэтому сначала

нужно обрабатывать поверхности, к точности которых предъявляются наименьшие требования, затем те, которые должны быть более точными, последней - поверхность, требующую наибольшей точности.

4. Поверхности, используемые в качестве черновых баз, должны иметь минимальное и по возможности одинаковое у всех заготовок смещение относительно других поверхностей, подлежащих обработке. Соблюдение этого условия обеспечивается соответствующей технологией изготовления заготовки. Нежелательно в качестве черновой базы выбирать отверстие в заготовке, полученное свободной ковкой или литьем с приминением стержня, так как последний малоустойчив и может сместиться при заливке. Лучше, когда отверстие получено литьем в кокиль, под давлением или штамповкой.

5. Если технологическим процессом предварительной обработки детали предусмотрена ее переустановка, то черновые базы, выбранные для обработки детали на первых операциях, должны быть заменены обработанными базами. В противном случае возможет брак из-за несовпадения положения детали при вторичном креплении ее по черновой базе.

Выбор чистовых баз происходит с соблюдением следующих условий:

1. При окончательной обработке точных деталей следует стремиться использовать основные конструкторские базы, которые определяют положение детали при ее работе в машине во взаимодействии с другими деталями. При обработке от вспомогательных баз всегда возникают дополнительные погрешности.

2. При точной обработке в качестве базы принимают ту, от которой дан точный размер, определяющий положение данной обрабатываемой поверхности.

3. Базы должны иметь достаточную площадь и располагаться возможно ближе к обрабатываемым поверхностям, чтобы обеспечить необходимую жесткость детали и исключить ее деформации от действия усилий резания и зажима.

4. При обработке детали на разных операциях желательно выбирать в качестве базы одну и ту же поверхность, что определит наилучший вариант. Такой вариант называют условием неизменности или постоянства баз. Неизменность баз позволяет обрабатывать детали повышенной точности. Всякий переход с одной базы на другую ведет к накоплению погрешностей из-за разного их положения относительно режущего инструмента.

3.5. Классификация приспособлений, применяемых при механической обработке

Приспособлениями называются вспомогательные устройства, помещаемые на станке и служащие для установки и зажима

обрабатываемой детали, правильного ее базирования относительно режущего инструмента, сборки и контроля изготовляемых изделий.

По назначению приспособления разделяют на пять видов:

1. *Станочные приспособления* - для установки и крепления обрабатываемых деталей на станках. В общем количестве существующих в машиностроении приспособлений станочные составляют 80-90 %. Применение станочных приспособлений позволяет:

- повысить производительность труда благодаря устранению разметки, сокращению времени на установку и закрепление деталей, частичному или полному перекрытию вспомогательного времени, а также уменьшению основного времени за счет совмещения технологических переходов и повышения режимов резания;
- увеличить точность обработки благодаря устранению выверки при установке и связанных с ней погрешностей;
- расширить технологические возможности оборудования;
- облегчить труд станочников и повысить безопасность их работы;
- снизить себестоимость продукции.

2. Приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента, при помощи которых осуществляется связь между инструментом и станком. Их называют *вспомогательным инструментом.* Это такие приспособления, как, например, резцедержатели к револьверным станкам, переходные втулки и др-

3. *Сборочные приспособления* - для соединения сопрягаемых деталей в узлы и изделия, крепления базовых деталей или узлов собираемого изделия, обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия, а также для предварительной сборки упругих элементов (пружин, разрезных колец и др.) и выполнения соединений с натягом.

4. *Контрольные приспособления,* применяемые для промежуточного и окончательного контроля деталей в процессе механической обработки, а также для контроля собранных узлов машины.

5. *Приспособления для захвата, перемещения и переверт*ывания обрабатываемых заготовок, деталей и узлов; используются при обработке и сборке тяжелых деталей.

По технологическому признаку все приспособления различают в соответсвии с назначением для применения на станках токарных, сверлильных, расточных, фрезерных, строгальных и др.

По степени специализации различают универсальные, специализированные и специальные приспособления. *Универсальные* применяют при обработке разнообразных заготовок. Это такие приспособления, как патроны и планшайбы токарных станков, делительные головки, поворотные столы, машинные и ручные тиски

и др. Универсальные приспособлений (УП) позволяют с незначительной переналадкой обрабатывать по конфигурации детали ограниченных размеров. Например, универсальный кондуктор применяется при сверлении отверстий в разных однотипных деталях, многошпиндельная сверлильная головка - при одновременном сверлении нескольких отверстий в разных однотипных деталях.

Специализированные приспособления предназначены для обработки определенных заготовок. К каждому из таких приспособлений предусматриваются дополнительные или сменные устройства (например, фасонные кулачки для патронов), которые используются для обработки заготовок с учетом особенностей их конструкции и размеров.

Специальные приспособления помогают выполнять определенные операции механической обработки каждой конкретной детали. Это многоместные фрезерные приспособления, специальные патроны для станков токарной группы, зажимающие детали определенной конфигурации. Специальные приспособления применяют в массовом и крупносерийном производствах, где по условиям работы металлорежущие станки значительное время используются на одной операции.

В практике современного машиностроительного производства сложились системы специальных приспособлений: СРП - специальные сборно-разборные приспособления; НСП - неразборные специальные приспособления; УБП - универсальные безналадочные приспособления, используемые для закрепления заготовок широкой номенклатуры. Применяют также СНП - специальные наладочные приспособления; их технические возможности значительно шире, чем возможности УБП.

К специальным относятся и универсально-сборочные приспособления (УСП). В отличии от обычных специальных они обратимы, так как собираются из стандартизованных взаимозаменяемых деталей и узлов, рассчитанных на многократное применение. Собранное из таких элементов приспособление после использования разбирается, а узлы и детали применяются в новых компановках.

На сборку одного УСП для станочной обработки требуется не более двух-трех часов. Однако для сборки приспособлений всех требующихся конструкций завод должен иметь большое количество деталей и узлов соответствующих наименований. Считается, что для одновременной сборки 200-250 различных УСП необходим комплект примерно из 20 ООО готовых деталей и узлов. Универсально-сборочные приспособления предназначаются главным образом для кратковременного или разового использования.

Характер приспособления зависит от конструктивных форм обрабатываемой детали и применяемого оборудования, но в большей степени - от вида производства. В единичном и мелкосерийном

производствах применение специальных приспособлений нерентабельно. Обработка в таких случаях, как правило, ведется при йомощи универсальных приспособлений или простейших установочных и зажимных средств (прихватов, подкладок, призм, стандартных болтов с гайками и т.п.). Установка инструмента на размер идет по разметке или съемом пробных стружек. Крупносерийное и массовое производства характеризуются широким использованием специальных быстродействующих приспособлений. Высокая стоимость последних окупается экономией, полученной от повышения производительности труда благодаря их применению.

Экономическая целесообразность применения приспособлений при станочной обработке определяется следующим условием:

$$Э/С_и>1. \qquad (51)$$

Здесь Э - ожидаемое снижение цеховой себестоимости обработки детали (экономия) в результате применения приспособления, крб.; $С_и$- стоимость изготовления и эксплуатации приспособления, крб.:

$$Э = [Тч(1 + а/100) - Т'ч'(1+ а'/ЮО)]п, \qquad (52)$$

где Т и Т - нормированные трудоемкости операции соответственно до и после оснащения приспособлением, ч; ч и ч' - тарифные чаЬовые ставки рабочего соответственно до и после оснащения, крб.; *it, и а* - цеховые накладные расходы соответственно до и после оснащения, %; п - число обрабатываемых деталей с применением приспособления, шт.

Стоимость изготовления и эксплуатации приспособления

$$С_и= С + С_рк \qquad (53)$$

где С - цеховая себестоимость изготовления приспособления, крб.; $С_р$- стоимость одного ремонта за период работы приспособления для заданной партии деталей, крб.; к - число ремонтов за расчётный период.

3.6. Элементы приспособлений

Основные элементы приспособлений следующие:

1) установочные - для установки деталей в требуемом положении;

2) зажимные - для прочного и надежного закрепления деталей;

3) направляющие - для направления инструментов при обработке детали;

4) корпусные - для сборки всех элементов приспособления в единую конструкцию;

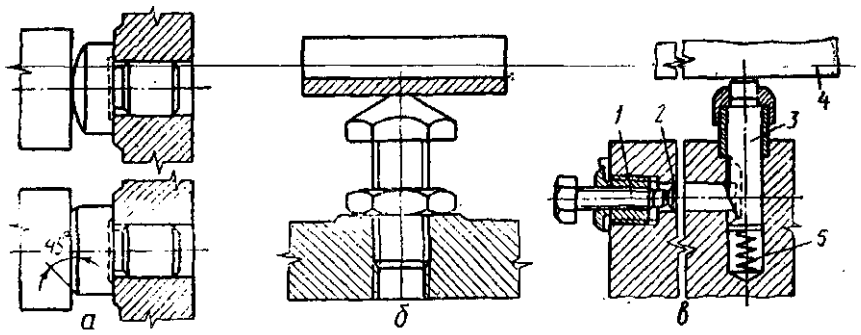


Рис. 1 24. Опоры:
а - жестские; б - регулируемая; в - самоустанавливающаяся;
1 - боковой винт; 2 - клиновой; 3 - плунжер-опора; 4 - деталь; 5 - пружина

5) базовые - для правильной ориентировки приспособления относительно станка и инструмента;

6) прочие.

Иногда в конструкцию приспособления включают также элементы автоматики, копиры, делительные головки и другие механизмы.

Установочные элементы. Детали и узлы приспособления, называемые установочными, выполняют в виде опорных точек, соприкосающихся с установочными поверхностями обрабатываемой заготовки. Опоры подразделяют на основные и вспомогательные.

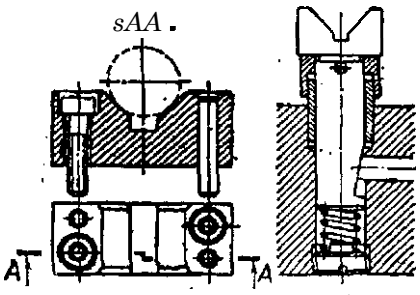
Основные опоры придают детали требуемое положение. Прижимая к ним деталь, лишают ее шести степеней свободы. Эти опоры, как правило, делают жесткими различной конструкции (рис. 1.24, *а).*

Вспомогательные опоры выполняют жесткими, если технологические базы обработаны, и регулируемыми (рис. 1.24, б), если нет.

В последнем случае подвижную вспомогательную опору подводят к заготовке после того, как она установлена на основных опорах. В самоустанавливающейся опоре (рис. 1.24, *в)* под действие пружины 5 плунжер-опора 3 находится постоянно в контакте с устанавливаемой деталью 4. После установки детали на основные опоры плунжер-опора стопорится клиновым сухарем 2 при помощи бокового винта 1.

Для установки деталей цилинтрическими базами применяют жесткие, регулируемые и самоустанавливающиеся призмы (рис. 1.25), установочные конусы, втулки и вкладыши, установочные пальцы и другие подобные элементы.

Зажимные устройства обеспечивают контакт между базами, препятствуют смещению детали в процессе обработки. К простым зажимным устройствам относятся винтовые, клиновые, эксцентриковые. В качестве механизмов-усилителей используют механические, пневматические, гидравлические, электромагнитные



а *б*

Рис. 1.25. Установочные призмы:
а - жестская; б - самоустанавливающаяся

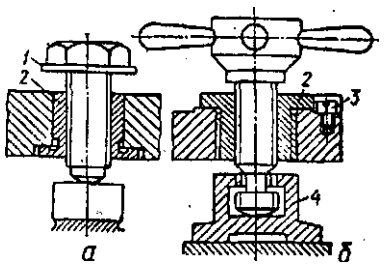


Рис. 1.26. Винтовые зажимы:
а - простейший: б - усложненной конструкции;
1 - бурт; 2 - втулка; 3 - винт; 4 - колпачек

и гидропластные зажимы. Эти механизмы могут действовать от рукоятки или от специального привода, встроенного в корпус.

В простейшем *винтовом зажиме* (рис. 1.26, *а)* бурт 1 не дает соскакивать гаечному ключу при зажиме, втулка 2 предохраняет корпус приспособления от изнашивания. Усилие *N,* (Н), развиваемое винтовым зажимом,

$$N = 2P\, l/d\, \mathrm{tg}(\alpha + \varphi) \qquad (54)$$

где Р - усилие на рукоятке, *(Н)* при ручном зажатии принимают Р = 50 : 60Н; I - плечо рукоятки, мм; нормальная длина рукоятки *I* = 14d; *d* - номинальный диаметр резьбы, мм; $_{a}$ - угол подъема винтовой линии, $_{(p}$ - угол трения, . С достаточной точностью усилие зажатия, развиваемое винтом со сферическим концом, при угле трения $_{ф}$ = 10° (метрическая резьба)

$$N = 10PZ/d \qquad (55)$$

В улучшенной конструкции винтового зажима (рис. 1.26, б) втулка 2 завинчена в корпус и стопорится винтом 3. Колпачок 4 предохраняет зажимную поверхность заготовки от деформации. Время закрепления уменьшается, так как не требуется применения ключа.

Винтовые зажимы с прихватами представляют собой сочетание двуплечных рычагов с винтовой парой (рис. 1.27). Для прихвата, показанного на рис. 1.27, *а,*

$$N = \mathbf{PZ}/L. \qquad (56)$$

Для прихвата, показанного на рис. 1.27, б,

$$N = P\, L/1. \qquad (57)$$

При *I* = (l/2)L усилие *N* = 2Р, т.е. более эффективен прихват,

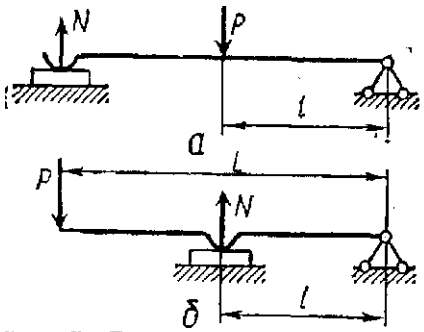


Рис. I.27. Силовые схемы винтовых зажимов с прихватами

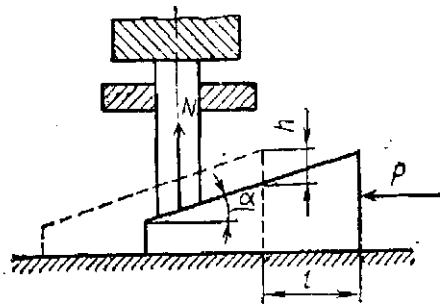


Рис. I.28. Силовая схема клинового зажима

показанный на рис. 1.27, б, дающий выигрыш в силе.

Клиновые зажимы (рис. 1.28) применяют для увеличения усилия зажатия, передаваемого приводом, или изменения его направления. Они широко распространены в автоматизированных станочных приспособлениях с гидравлическим приводом.

Усилие зажатия, развиваемое клиновым механизмом с односторонним клином,

$$N = P/\mathrm{tg}(\alpha + 2\varphi), \qquad (58)$$

где Р - прикладываемое усилие, Н\ α - угол наклона скоса клина, °1 ф - угол трения, Ход плунжера, мм,

$$h = I \,\mathrm{tg}\,\alpha, \qquad (59)$$

где I - ход клина, мм. Приближенно при $\alpha = 10°$

$$N = 2{,}6P. \qquad (60)$$

Эксцентриковые зажимы (рис. 1.29.) отличаются быстротой действия. Наиболее часто применяют круговые эксцентрики (рис. 1.29, а), у которых ось поворота смещена относительно центра круга. Самоторможение кругового эксцентрика зависит от отношения его диаметра D к эксцентриситету е, называемого характеристикой эксцентрика. Условие самоторможения обеспечивается при $D/e > 14$. С достаточной точностью усилие зажатия

$$N = PL/D\,(4e/_{л}Б + 0{,}2), \qquad (61)$$

где Р - прикладываемое усилие, Н; L - плечо рычага, мм.

Недостаток кругового эксцентрика - непостоянство его тормозящих свойств и малый рабочий ход. Постоянными тормозящими свойствами в пределах всей рабочей поверхности обладают криволинейные эксцентрики - кулачки, рабочая

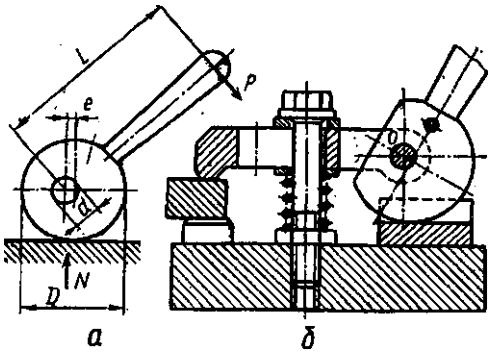
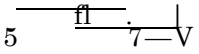


Рис. 1.29. Эксцентриковые зажимы:
а - круговой эксцентрик; б - прихват с эксцентриком

Рис. 1.30. Схема рычажного усилителя зажима



поверхность которых очерчивается по архимедовой спирали или логарифмической кривой.

Механические зажимы. В зажимах механического действия привод (пневматический, гидравлический и др.), управляемый рабочим или автоматически, воздействует на устройство, зажимающее обрабатываемую деталь. Преимущества таких зажимов в быстроте срабатывания и возможности получить расчетное зажимное усилие. Такие зажимы широко используются в массовом производстве. В серийном производстве их применяется до 30-40%.

Чтобы увеличить силу зажатия, применяют рычажные, клиновые, эксцентриковые, винтовые механизмы-усилители, а также их сочетания. Для рычажного усилителя (рис. 1.30) сила зажатия

$$N = P\,ac/bd \qquad (62)$$

Пневматические зажимы сокращают вспомогательное время закрепления детали по сравнению с ручными в 5-10 раз. Управление пневматическим зажимом можно автоматизировать. Недостаток их - большой размер пневмопривода для получения требуемых усилий зажатия.

Гидравлические зажимы значительно компактнее пневматических, так. как давление жидкости в системе принимается в 6-10 раз выше, чем давление воздуха в пневмапроводах, ограничиваемое условиями безопасности.

Магнитные и электромагнитные зажимы (патроны и плиты) применяют для заготовок из ферромагнитных материалов на токарных и шлифовальных станках. Преимущества /таких зажимов - быстрота действия и простота управления; их недостатки - малые усилия закрепления, большие размеры патронов и плит.

Гидропластмассовые зажимы, оправки, приспособления, пластичное вещество, которое, подобно жидкости, передает давление равномерно во все стороны, но из-за большой вязкости не вытекает через зазоры. Применяется при обработке точных деталей в серийном и массовом производствах, если требуется строгая концентричность наружных и внутренних обрабатываемых

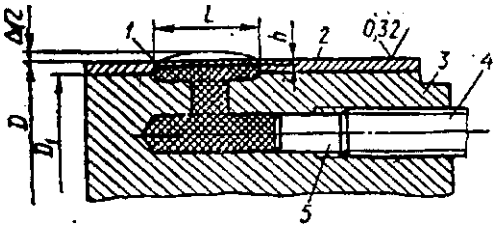


Рис. 1.31. Элемент оправки с гидропластным зажимом:
1 - гидропласт; 2 - цилиндрическая оболочка; 3 - корпус оправки; 4 - нажимной винт; 5 - плунжер

1 2

M i II

1

ж

а

Рис. 1.32. Кондукторные втулки:
а - с буртом; б - без бурта; 1 - кондукторная плита; 2 - втулка; 3 - обрабатываемая заготовка

поверхностей.

В патронах и оправках с гидропластом центрирование и зажатие детали достигается при расширении тонкостенной стальной втулки, на которую давит гидропластмасса. После снятия давления стенки втулки занимают первоначальное положение вследствие упругости ее материала. Точность центрирования детали в зависимости от диаметра и длины обрабатываемой поверхности составляет 0,01-0,03 мм.

Максимально допустимая деформация цилиндрической оболочки гидропластмассовых оправок и патронов (рис. 1.31)

$$= \begin{cases} 0{,}003D \text{ при } L > 0{,}3D; \\ 0{,}002D \text{ при } L < 0{,}3D, \end{cases} \qquad (63)$$

где D - наружный диаметр цилиндрической оболочки, мм; L - длина деформируемой части оболочки, мм.

Толщина деформируемой стенки цилиндрической оболочки, мм,

$$h = 0{,}01D + 0{,}5. \qquad (64)$$

Допускаемое усилие подачи P_x должно быть меньше продольной силы трения *F,* определяемой по эмпирической формуле

$$F = 100iD>/(2h/D)^3 , \qquad (65)$$

где i - минимальныи натяг зажима, мкм; i S_{max} S_{max} максимальный зазор между изделиями и отправкой, мм.

Передаваемый заготовке крутящий момент после ее зажатия

$$M_к = FD/2 = 50iD^2/(2h/d)^3 . \qquad (66)$$

Здесь *i* выражено в микрометрах, а D - в сантиметрах.

Направляющие приспособления. При обработке отверстий вращающимися сверлами, зенкерами и другими инструментами применяют направляющие приспособления - кондукторные втулки. По конструкции они бывают постоянными (рис. 1.32) и сменными.

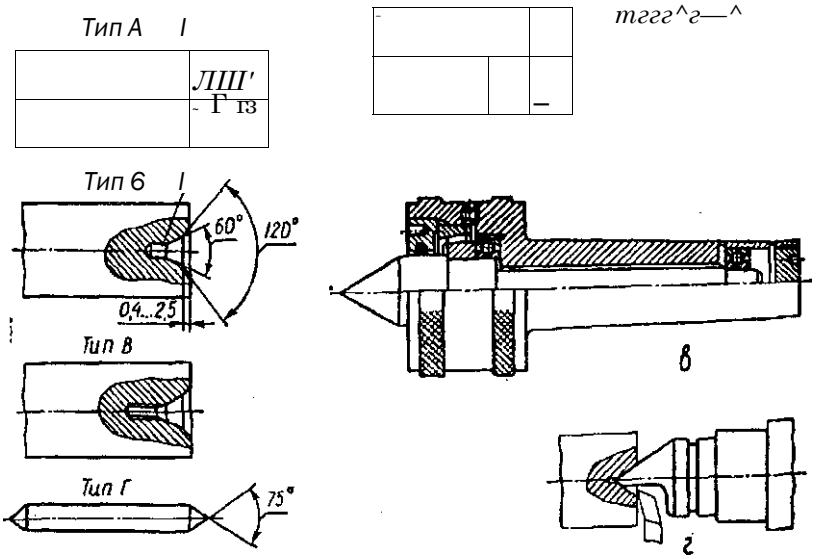


Рис. 1.33. Типы А, Б и В центровых отверстий и наружный центровой конус типа Г:
1 - цилиндрическое отверстие

Рис. I.34. Станочные центры:
а - неподвижный; б - срезной для трубчатых заготовок; в - вращающийся; г - полуцентр

Последние помещают в постоянные втулки и закрепляют винтами или планками. При износе такую втулку легко заменить. Конструкции и размеры втулок стандартизованы.

Корпус приспособления - базовая деталь, на которой размещены все его элементы. Конфигурация корпуса в основном определяется требуемым расположением элементов приспособления, их видами, а также формой детали станка, на котором устанавливают приспособление. К корпусам предъявляют Требования жесткости, удобства установки и выверки заготовки, легкости удаления стружки, компактности и устойчивости.

Прочие элементы приспособлений - болты, винты, опоры, шрифты, гайки, шайбы, ручки, крышки, фиксаторы, делительные и выталкивающие устройства, стопоры, ножки и др. Конструкции и размеры вспомогательных деталей и узлов стандартизованы. Поэтому при проектировании приспособления конструкцию вспомогательных деталей или узлов выбирают по справочникам. В спецификации указывают номер стандарта и основной размер.

3.7. Приспособления для механической обработки на металлорежущих станках

Приспособления для токарных станков. В зависимости от вида токарной обработки применяют цилиндры, поводковые устройства,

оправки, люнеты, патроны и установочно-зажимные приспособления типа угольников и планшайб.

В центрах обрабатывают заготовки с $I > 6d$ (Z и d - длина и диаметр заготовки), базами которых являются поверхности центровых отверстий или конических фасок.

Установлено (ГОСТ 14034-74) восемь типов центровых отверстий и конусов. Чаще других применяют типы А, Б, В и Г (рис. 1.33). К конической части центрового отверстия обычно плотно прилегает наружная поверхность конуса центра. Цилиндрическое отверстие 1 служит резервуаром для масла и предохраняет от повреждения вершину центра. Добавочный конус с углом при вершине 120° на центровом отверстии типа *Б* предохраняет от повреждения рабочую коническую поверхность гнезда и облегчает подрезку торца детали. Отличительная особенность центрового отверстия типа В - резьба на цилиндрической части, в которую ввинчивается предохранительная пробка при транспортировании детали. Тип *Г* - наружный центровой конус - применяют для валиков диаметром менее 4 мм и инструментов диаметром до 10 мм. При этом на станках используют так называемые обратные центры, т.е. усеченные конусы с центровыми отверстиями на торцах. В серийном и массовом производствах центровые отверстия в заготовках обычно выполняют на специальных центровальных станках.

Станочные центры (рис. 1.34.) неподвижные (жесткие) служат для установки деталей на токарных многорезцовых станках и на полуавтоматах. Полуцентры (неподвижные) применяют при необходимости подрезать всю плоскость торца детали. Недостаток неподвижных центров - нагревание в результате трения и быстрое изнашивание. Последнее влияет на точность базирования и обработки. Вращающиеся центры позволяют работать при значительно больших скоростях вращения обрабатываемой детали, но обладают меньшей жесткостью и виброустойчивостью по сравнению с неподвижными центрами.

При выборе вращающихся центров радиальное биение не должно превышать 0,2 допуска на биение обработанной поверхности изделия. Кроме того, для их нормальной эксплуатации нужно знать поперечную нагрузку R на центр и усилия P, P_2 воспринимаемые его радиальными подшипниками (рис. 1.35, а). Из уравнений моментов относительно опор А и Б:

$$\left.\begin{aligned} M_д &= -R(Z + Z_1) + P \wedge » 0; \\ M_A &= P_1 J_1 - RZ = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (67)$$

следует, что

$$P = R(Z + Z\wedge/Zjj \quad P_2 = RZ/Z_r \qquad (68)$$

Поперечная нагрузка

Рис. 1.35. Расчетные схемы для выбора вращающегося центра

$$R = 7R_z^2 + R_y^2, \qquad (69)$$

где R_z - вертикальная составляющая давления на центр задней бабки в процессе резания (рис. 1.35, б); R_y - горизонтальная составляющая силы, действующей на центр задней бабки в процессе резания (рис. 1.35, *в):*

$$R_z = P_z(L-x)/L \pm Q/2; \quad R_y = P_y(L-x)/L, \qquad (70)$$

где Q - масса заготовки. Знак "плюс" в формуле (70) относится к случаю, когда главная составляющая силы резания направлена вниз.

Нагрузка *R* (рис. 1.35, *г)* вызывает реакцию R_H рабочей поверхности центра, которая действует на деталь в направлении нормали, проведенной из центра отверстия к соприкосающимся коническим поверхностям конуса. Осевой распор зависит от угла $_a$ при вершине конуса центра и в общем случае $R_x = Rtg(_a/2)$. Очевидно, что при $_a$ = 60° распор R_x= 0,58R, при $_a$ = 90° R_x= R, т.е. с увеличением угла а резко возрастает RX. Поэтому центры с большим углом при вершине применять не рекомендуется.

Для обработки полых черных заготовок применяют срезанный центр с зубьями (ершовый - рис. 1.36, *а).* Для точной установки детали по длине используют плавающий передний центр (рис. 1.36, б), при котором колебания диаметра центрового гнезда не влияют на осевое смещение заготовки, так как ее торец упирается в неподвижную плоскость шпинделя.

Поводковые устройства (рис. 1.37) передают движение от

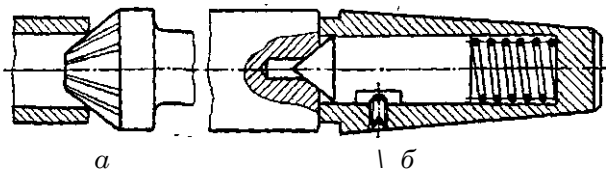


Рис. I.35. Станочные центры:
а - ершовый срезанный;
б - плавающий перед-

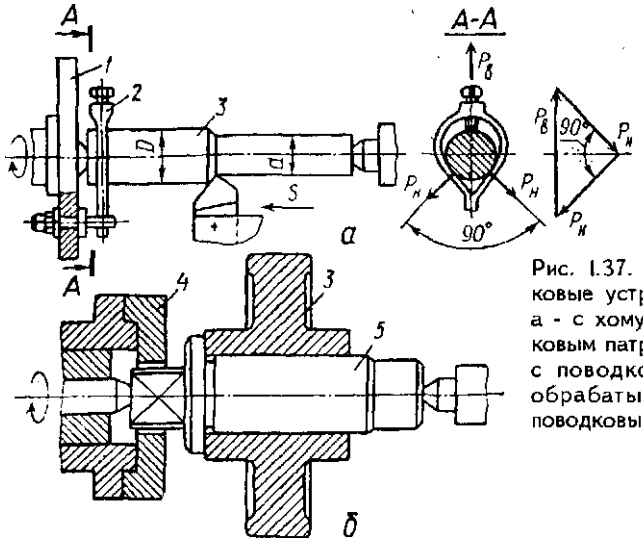


Рис. I.37. Простейшие поводковые устройства:
а - с хомутиком; б - с поводковым патроном; 1- планшайба с поводком; 2- хомутик; 3- обрабатываемая деталь; 4- поводковый патрон; 5- оправка

шпинделя станка к обрабатываемой в центрах детали. Вид применяемого хомутика (рис. 1.37, *а),* а также режимы резания с его применением выбирают из условия передаваемого хомутиком крутящего момента.

Затянутый на детали 3 хомутик 2 находится под действием трех сил - силы $P_в$, передаваемой винтом, и двух нормальных сил $P_{н'}$ Н-

$$P_Н = P_В/2\sin 45° = 7{,}07P_В. \qquad (71)$$

Окружное усилие, передаваемое заготовке силами

$$P_0 = (P_в + 2P_Н)f = 24fP_В, \qquad (72)$$

где f - коэффициент трения между соприкосающимися поверхностями хомутика и винта.

Крутящий момент *К,* НМ, передаваемый хомутиком,

$$К = P_0D/2 \text{ x } 100, \qquad (73)$$

где D - диаметр части изделия, зажатой в хомутике, мм.

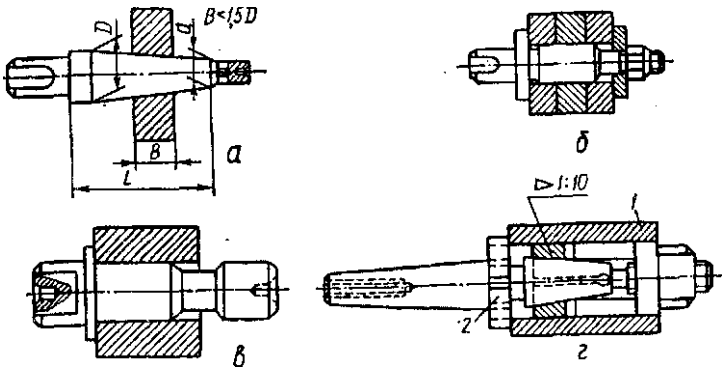


Рис. 1.38. Оправки:
а - конусная; б - цилиндрическая с зазором; в - цилиндрическая с натягом; г - разжимная; 1 - изделие; 2 - гайка отжимная

Если принять, что d - диаметр изделия в той части, где происходит обработка, и ввести коэффициент к, учитывающий непостоянство силы резания и коэффициента трения, то из условия

$$(P_z d/2 \times 100)k = (24P_B D/2 \times 100)f$$

определится допустимая главная составляющая силы резания:

$$P_z = 24P_B(D/d)(f/k) \qquad \textbf{(74)}$$

где f = ОД : 0,2; к = 1,5.

Более совершенен и безопасен в работе поводковый Патрон ***4*** (рис. 1.37, ***б)*** с отверстием прямоугольного сечения или пазом, в который входит конец прямоугольного сечения оправки ***5*** с закрепленной на ней деталью 3.

Оправки для установки деталей бывают в виде валиков дисков и втулок (рис. 1.38). Обработаны они для базирования в отверстие. По конструкции центрирующих элементов различают два основных вида оправок - жесткие и разжимные. По способу установки на станке оправки разделяются на центровые, т.е. устанавливаемые в центрах, и консольные, закрепляемые в конусе шпинделя, на шпинделе или патроне. Как правило, консольные оправки применяют для обработки деталей небольшой длины.

Жесткие оправки бывают трех типов - конусные, цилиндрические и шлицевые. Конусные оправки используют для установки деталей с цилиндрическим отверстием напрессовкой. Крутящий момент передается силами трения, возникающими между конусной частью оправки и деталью. Применяемые конусности К = *(D - d)/L* = 1/1 ООО : 1/300. Для передачи соответствующего крутящего момента диаметр *D* обычно принимают на 0,01 - 0,02 мм больше наибольшего предельного размера отверстия обрабатываемой детали, а *d* - на 0,01 - 0,03 мм меньше наименьшего предельного размера отверстия. Конусные оправки просты в изготовлении и эксплуатации, однако передают

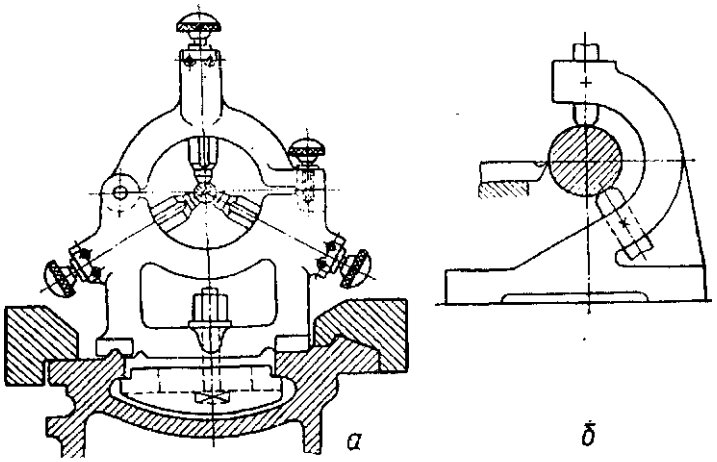


Рис. 1.39. Люнеты к токарным станкам:
а - неподвижный; б - подвижный

небольшие крутящие моменты, что является их существенным недостатком. Кроме того, при их применении возможен перекос детали.

Цилиндрические оправки используют для установки детали с зазором или натягом. Они просты по конструкции, передают больший, чем конусные, крутящий момент. Оправки с зазором имеют недостатки - неточность базирования вследствие наличия зазора в сопряжении и невозможность обрабатывать торцы детали. В оправках с натягом этих недостатков нет, но они требуют значительно большего времени на установку и съем детали.

Оправки со шпоночным пазом и шлицевые применяют для закрепления заготовок с аналогичными пазами в отверстии. Как правило, оправки изготовляют из термически обрабатываемых сталей, закаливают и шлифуют до шероховатости поверхности не ниже $R_z = 0{,}6$ мкм. В центровых отверстиях опрвок рекомендуется предусматривать защитные фаски для предохранения отверстий от случайных повреждений.

Конструкции разжимных оправок могут быть самыми различными, однако общим для всех является наличие тонкостенного стального, не обладающего остаточной деформацией элемента, который разжимается от действия разжимающих усилий клина, обратных конусных поверхностей, специальных пластических масс, резины, жидкости или воздуха.

Люнеты, (рис. 1.39) применяют в качестве дополнительной опоры при обработке в центрах нежестких деталей, длина которых $L > 12\,d$. Люнеты исключают возможность прогиба таких деталей под действием сил резания и собственного веса, а также частично разгружают центры от восприятия сил резания. Люнеты бывают неподвижные и подвижные. Неподвижный люнет (рис. 1.39, aj устанавливают и закрепляют на станине станка. Обрабатываемый вал в наиболее вероятном месте прогиба поддерживают три

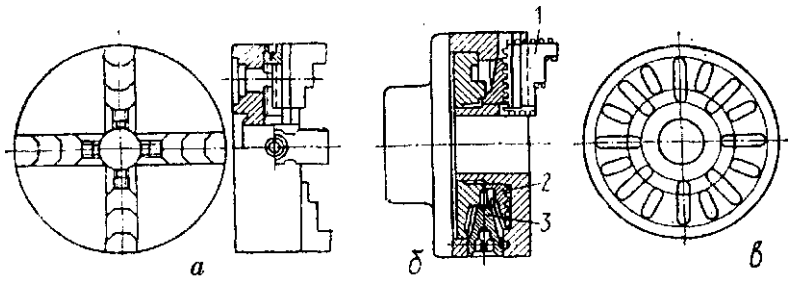


Рис. 1.40. Патроны к токарным станкам:
а - четырехкулочковый; б - трехкулачковый; в - планшайба; Г- кулачек; 2 - большая коническая шестерня со спиралями; 3 - малая коническая шестерня

расположенные под углом 120° опоры, которые в зависимости от диаметра вала регулируются при помощи винтов. Поскольку концы люнета соприкосаются с поверхностью вала, то для уменьшения трения люнет обычно снабжают роликами. Для быстрого закрепления детали верхнюю часть люнета можно откидывать. Подвижные люнеты (рис. 1.39, б) устанавливают на суппорте сталка сзади резца и передвигают в процессе обработки вместе с суппортом и резцом.

Патроны (рис. 1.40) применяют для закрепления деталей, которые невозможно обрабатывать в центрах. Патроны бывают четырехкулачковые с независимым перемещением кулачков, трех- и двухкулачковые самоцентрирующие, цанговые, с пневмо- и гидрозажимами. Последние сокращают время на установку и закрепление детали до минимума.

Четырехкулачковые патроны (рис. 1.40, *а)* применяют для закрепления деталей несимметричной или неправильной формы. Зажимать деталь можно как по наружной поверхности, так и по внутренней (в распор), точность центрирования 0,3 - 0,4 мм.

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 1.40, б) применяют для зажима деталей симметричной формы и прутков. Конструкция кулачков позволяет зажимать деталь по наружной и по внутренней поверхности. Трехкулачковые патроны имеют диаметр 130 - 500 мм. Спирали конической шестерни, выполняющей самоцентрирование кулачков, сравнительно быстро изнашиваются, что вызывает потерю точности центрирования, которая у новых патронов составляет 0,1 мм.

Планшайбы (рис. 1.40, в) применяют на токарных станках для закрепления деталей неправильной формы, а также крупных и сравнительно коротких деталей. Планшайба представляет собой диск, навертываемый на резьбовую часть шпинделя. Через радиально расположенные прорези планшайбы пропускаются болты для крепления обрабатываемой детали или угольника, на котором устанавливают и закрепляют деталь.

Приспособления для сверлильных станков делятся на специальные, предназначенные для установки и крепления обрабатываемых деталей, и вспомогательные, служащий для установки и крепления режущих инструментов (переходные втулки, патроны, сверлильные головки).

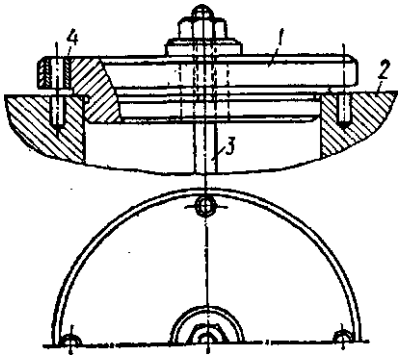


Рис. 1.41. Накладной кондуктор:
1 - кондукторная плита; 2 - обрабатываемая деталь; 3 - болт; 4 - кондукторная втулка

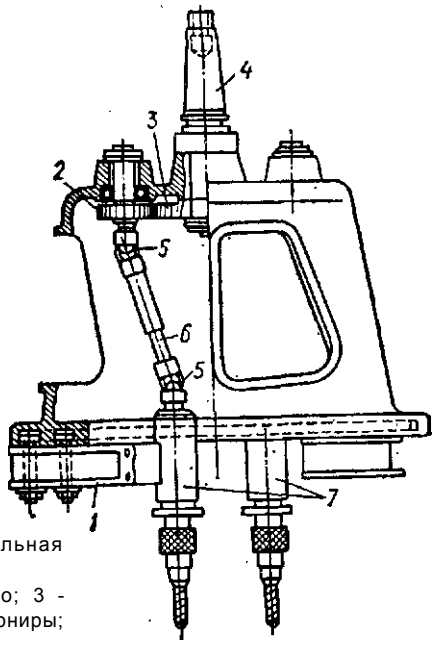


Рис. I.42. Универсальная многошпиндельная сверлильная головка:
1 - съемный корпус; 2 - зубчатое колесо; 3 - ведущая шестерня; 4 - хвостовик; 5 - шарниры; 6 - телескопический валик; 7 - шпиндели

Специальными приспособлениями для сверлильных станков являются кондукторы. Они имеют втулки с отверстиями для направления режущего инструмента и выдерживания точного расстояния между центрами просверливаемых отверстий. В зависимости от конфигурации деталей и расположения просверливаемых отверстий применяют кондукторы различных конструкций. Простейшие из них накладные кондукторы (рис. 1.41) устанавливают на поверхности детали и ориенируют по ее контуру.

Для просверливания отверстий детали в двух или нескольких плоскостях применяют так называемые кантуемые (опрокидные) кондукторы.

При обработке плоских деталей небольших размеров целесообразно применять кондукторы с откидными крышками, которые одновременно прижимают обрабатываемую деталь и служат для установки кондукторных втулок.

Чтобы сократить время зажатия деталей, кондукторы снабжают шарнирно-рычажными, винтовыми или зубчатыми зажимами.

Вспомогательные приспособления. Отверстия шпинделей сверлильных станков выполняют со стандартизованными конусами, поэтому инструменты диаметром более 8 мм чаще всего снабжают конусными хвостовиками. Переходные втулки применяют для крепления режущих инструментов в тех случаях, когда хвостовик инструмента цилиндрический или конус хвостовика меньше конуса отверстия шпинделя станка. Для крепления инструментов малых

диаметров с цилиндрическим хвостовиком используют зажимные патроны различных конструкций. Если детали обрабатываются несколькими инструментами, то применяют быстросменные патроны. Для одновременного сверления несколькими инструментами служат многошпиндельные сверлильные головки различных конструкций. Существуют многошпиндельные головки специальные с постоянным расстоянием между шпинделями и универсальные - с регулируемым расстоянием между шпинделями (рис. 1.42).

Приспособления для фрезерных станков разделяются на универсальные, специальные и вспомогательные.

К *универсальным* относятся машинные тиски, делительные головки и поворотные столы. Машинные тиски зажимают деталь между двумя губками, из которых одна неподвижная, а вторая может перемещаться при помощи винта с гайкой или эксцентрикового зажима. Широко применяются также пневматические, гидравлические и гидропневматические тиски.

Делительные головки служат для установки деталей, требующих при-обработке поворота на определенный угол, например звездочек, зубчатых колес, разверток, фрез и т.д.

Поворотные столы используют для одновременной обработки нескольких деталей, а также для непрерывного фрезерования (без остановки нескольких станков).

Специальные приспособления предназанчены для всех видов фрезерования деталей различной конфигурации. Конструируя такие приспособления, нужно учитывать прерывистость резания, при фрезеровании, вызывающую вибрацию, а также, наличие во многих случаях значительных усилий резания. Элементы приспособления при его конструировании нужно располагать так, чтобы усилия резания воспринимались неподвижными частями. Их корпуса должны быть жесткими, а зажимные элементы - прочными.

К *вспомогательным* приспособлениям для фрезерных станков относятся оправки (центровые и концевые) и патроны для инструментов. Центровые оправки применяют для установки фрез на горизонтально-фрезерных станках. Установка фрезы на оправке в требуемом положении выполняется при помощи специальных колиброванных колец определенной ширины, крепление фрез - затягивание колец гайками а осевом направлении. Концевые оправки служат для установки фрез или небольших фрезерных головок на вертикально-фрезерных станках. Для крепления в шпинделе станка оправка имеет конический хвостик с резьбой, в которую ввертывается длинный болт, проходящий через отверстие в шпинделе.

3.8. Последовательность разработки приспособления

Приступая к проектированию приспособления, прежде всего выбирают его схему и конструкцию, руководствуясь: 1) формой и размерами заготовки; 2) требуемой точностью обработки; 3) годовой производственной программой; 4) номером операции в

технологическом процессе обработки детали с учетом поверхностей, обработанных до настоящей операции; 5) характером выполняемой операции, способом обработки, типом станка и применяемыми инструментами.

Процесс создания приспособления состоит из следующих основных стадий: 1) разработки общего вида приспособления и его деталирования; 2) изготовления деталей и сборки приспособления в инструментальном цехе или цехе оснастки; 3) испытания приспособления на рабочем месте; 4) устранения выявленных недостатков, т.е. окончательной отладки приспособления после испытания.

Основными исходными данными при проектировании приспособления являются: 1) чертежи заготовки и детали; 2) технические условия на изготовление детали; 3) операционная карта технологического процесса обработки детали; 4) паспортные данные оборудования; 5) стандарты на детали и узлы приспособлений; 6) требуемые производительность и точнцсть.

Проектируют приспособления в следующем порядке:

1. Руководствуясь чертежом детали и технологическим процессом ее обработки, предварительно знакомятся с типовыми конструкциями приспособлений.

2. В масштабе 1 : 1 с необходимым числом проекций наносят на чертежном листе контуры детали, обрабатываемой на данной операции. Контуры вычерчивают тонкими черными и красными линиями. Первая проекция на чертеже должна соответствовать рабочему положению детали на станке. Жирными линиями выделяют поверхности, обрабатываемые в проектируемом приспособлении.

3. Выбирают базы, которыми деталь устанавливается на шесть опорных точек, решают вопрос о расположении и размерах установочных элементов и вычерчивают их контуры. Устанавливают направления сил резания и зажима, а также размещения элементов, направляющих и определяющих положение режущего инструмента.

4. Проектируют зажимные детали и узлы приспособления, а затем его корпус, который объединяет все элементы приспособления в единое це"лое. После этого выбирают вспомогательные элементы и вычерчивают их на чертеже приспособления.

Проектируя специальные наладки к универсальным приспособлениям (патронам, тискам, кондукторам и т. п.), их конструкцию увязывают с исходным приспособлением. Поэтому начинают с вычерчивания участков приспособления, с которым сопрягаются наладки. Каждая наладка кроме крепежных должна иметь два базовых отверстия для ее фиксации на универсальном приспособлении.

Г Л а В а 4. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

4.1. Основные сведения

Точность обработки определяет степень соответствия фактического размера обработанной детали размеру, указанному на чертеже. Чем ближе эти размеры, тем выше точность. Точность и шероховатость поверхностей конструктор назначает на чертежах деталей или в технических условиях на их изготовление, исходя из предъявляемых к ним требований и функционального назначения. Технолог по механической обработке должен разработать такой технологический процесс, который обеспечит получение заданных размеров и шероховатостей поверхностей обработанных деталей при наименьшей себестоимости.

Следует различать заданную (нормированную) и действительную точности деталей. Точность в машиностроении имеет большое значение для повышения эксплуатационных качеств машины. Повышение точности изготовления обеспечивает взаимозаменяемость деталей и узлов машины, а взаимозаменяемость, в свою очередь, позволяет осуществлять точную сборку и быстрый ремонт машин.

4.2. Виды погрешностей изготовления изделий

Погрешности, возникающие при механической обработке изделий, разделяют на систематические и случайные. *Систематической* называется такая погрешность, значение которой при повторных измерениях повторяется или закономерно изменяется. Соответственно этому систематические погрешности разделяют на постоянные и закономерно изменяющиеся.

Постоянные систематические погрешности возникают под влиянием стабильно действующего фактора и не изменяются при обработке одной или нескольких партий заготовок. Примерами систематических постоянных погрешностей могут быть: конусность обрабатываемой поверхности, возникающая в результате непараллельности оси просверленного отверстия к базе заготовки, возникающая вследствие неперпейдикулярности оси шпинделя к плоскости стола вертикально-сверлильного станка. Для уменьшения систематических постоянных погрешностей до заданных пределов необходимо или изменить условия выполнения данной операции, или устранить погрешности станка.

Закономерно изменяющиеся систематические погрешности могут влиять на точность обработки периодически или постоянно. Например, в результате температурной деформации станка от момента его пуска до достижения состояния теплового равновесия может возникать периодическая погрешность. Примером непрерывно влияющей погрешности может быть погрешность, вызываемая размерным износом режущего инструмента. Закономерно изменяющиеся погрешности можно уменьшить или компенсировать при периодической перенастройке станка на выполнение заданных станочных операций.

Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества не связанных между собой факторов.

Определить заранее момент появления и значение случайных погрешностей для каждой детали в партии не представляется возможным. Они могут возникнуть в результате погрешности расположения заготовки на станке, погрешности обработки, вызываемой упругими отжатиями элементов технологической системы под влиянием нестабильных сил резания, а также погрешности, вызванной непостоянством зажимной силы.

Точность детали характеризуется отклонением действительных размеров участков поверхностей от номинальных размеров, а также точностью выполнения формы и взаимного расположения участков детали. Точность выполнения размеров поверхностей регламентируется допусками ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82, проставляемыми на рабочих чертежах детали (ГОСТ 2.307-68).

Точностью формы поверхностей характеризуется степень их соответствия геометрически правильным поверхностям, с которыми они отождествляются. Отклонение формы сопряженных поверхностей (от круглости, от прямолинейности, от плоскостности и др.) часто имеют большое значение для работы деталей в машине, чем погрешности выполнения размеров. К погрешностям взаимного расположения поверхностей деталей относятся: эксцентрическое (несоосное) расположение отдельных участков ступенчатого вала, непараллельность противоположных граней, неперпендикулярность оси отверстия торцу.

Допуски формы и расположения поверхностей регламентируются ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 25069-81.

Деталь считается точно обработанной, если погрешность д ее изготовления не превосходит значения допуска IT, заданного конструктором, т. е. если д<1Т. Для удобства изучения обычно отдельно рассматривают погрешности обработки $д_{оц}$, настройки $д_{я}$ и установки $д_{у}$. При этом общая погрешность изготовления, мм,

$$Д = Лоб + Д_{н} + Д_{у} \qquad (75)$$

Погрешности обработки $д_{0Б}$ возникают вследствие того, что движение инструмента и заготовки в процессе обработки не полностью соответствуют движениям, предусмотренным кинематической схемой. Эти нарушения вызываются: 1) неточностью станка, приспособлений, профильного и измерительного инструментов; 2) упругими деформациями системы СПИД; 3) износом режущего инструмента; 4) температурными деформациями узлов станка, приспособления, инструмента и детали; 5) погрешностями формы заготовки; 6) деформациями, вызываемыми внутренними напряжениями.

Погрешность настройки $д_{н}$ зависит от правильности взаимного расположения инструмента и заготовки в начале операции, а также от точности настройки станка на размер.

Погрешность установки детали $д_{у}$ возникает в результате смещения опорной установочной базы от ее номинального положения. Например, положение детали J (рис. 1.43, *а)* при установке отверстием на цилиндрический палец *2* будет меняться на величину зазора $д_{у}$ между отверстием и установочным пальцем. По цилиндрической поверхности детали устанавливают при помощи призм

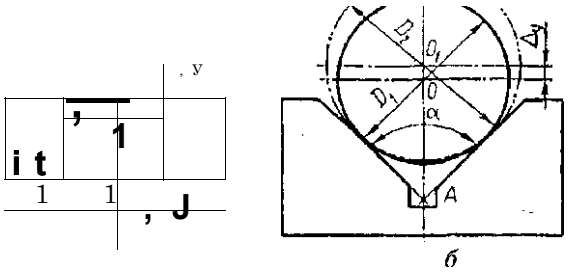


Рис. 1.43. Схема для расчета погрешностей установки:
а - отверстием на палец;
б - на призме; 1 - деталь;
2 - палец

(рис. 1.43," б). Угол призм « выбирают в пределах 60-120° . Если прижать деталь к призме, то устраняются четыре степени свободы (вдоль и вокруг двух координатных осей). При необработанной цилиндрической поверхности для создания устойчивого положения деталь устанавливают на узкие призмы или ставят на четыре регулируемые опоры в виде шпилек^расположенные под углом 90 к опорным поверхностям призмы. При установке на призме ось детали располагается в плоскости симметрии призмы. Из-за отклонений в наибольшем D размерах различных деталей одной и той же партии (рис. 1.43, б) положение центров обрабатываемых деталей изменяется, вследствие чего и возникают погрешности их установки д .

Определим погрешность установки детали $д_у$:

$$ОА = Б/гвИо/г); \quad О,А = D_2/2sm(а/2),$$

откуда

$$Ду = О\,А - ОА = (D_2 - D_1)/2sin((Х/2),$$

т. е.

$$д_у = IT/2sm(_а/2), \qquad \textit{(76)}$$

где $_а/2$ - половина угла профиля призмы,^{0}. Из формулы (76) следует, что с увеличением угла уменьшаются погрешности установки $д_{„}$: при а=60° погрешность $д_у$ = ГГ, а при а=90 погрешность $д_у$= 0,71Т, но одновременно снижается устойчивость положения детали)

Погрешность установки складывается из погрешностей: базирования $д_Б$, закрепления $д_З$ и положения заготовки д , вызываемой неточностью приспособления.

Погрешностью базирования называется разность предельных растояний измерительной базы относительно установленного на размер инструмента. Причиной появления погрешности базирования является несовмещение измерительной и установочной баз заготовки при обработке определенных ее поверхностей. Погрешность базирования всегда относится к конкретному выполняемому размеру при данной схеме установки. »

Погрешностью закрепления называется разность предельных расстояний измерительной базы относительно установленного

на размер инструмента, возникающая в результате смещения обрабатываемых заготовок от действия зажимной силы. Погрешности закрепления появляются вследствие непостоянства зажимного усилия, создаваемого ручными устройствами, деформации заготовки, установочных элементов и корпуса приспособления, т. е. всех звеньев цепи, через которые передается зажимная сила. Деформация вызывает смещение измерительной базы заготовки относительно установленного на размер инструмента. Для уменьшения погрешности закрепления до минимума рекомендуется применять вместо ручных устройств пневмо- и гидрозажимы. При обработке заготовок партиями в определенных производственных условиях погрешность закрепления может быть сведена к нулю соответствующей настройкой станка.

Погрешность положения заготовки появляется в результате неточного изготовления приспособления, износа его установочных и зажимных элементов и неточностей установки приспособления на станок. Погрешности положения заготовки можно ограничить определенными нормами и, периодически контролируя эксплуатируемое приспособление, не допускать выхода их за эти нормы.

Погрешности базирования д , закрепления д и положения заготовки д представляют собой поля рассеивания случайных векторных величин, которые в первом приближении можно рассматривать как величины, подчиняющиеся нормальному закону распределения. Поэтому погрешность установки, мм, представляющая собой суммарное поле рассеивания выполняемого размера,

$$Ay = v\,4_f / + ЛЗ^2 + \qquad (77)$$

Способы достижения заданной обработки. В зависимости от типа производства и принятого метода работы точность обработки, заданную чертежом, можно обеспечить двумя технологическими способами:

1. В единичном и мелкосерийном производствах она обеспечивается выверкой устанавливаемых на станок заготовок и последовательным съемом стружки пробными ходами и соответствующими измерениями. В начале каждого хода станочник снимает пробную стружку на небольшом участке детали, проверяя размер соответствующим измерительным инструментом. Если размер получился правильным и положение инструмента откорректировано, обрабатывается вся поверхность. Точность заданного размера при этом способе обработки зависит от квалификации станочника. Установка инструмента, повторяемая при обработке каждой детали, удорожает обработку. Точность обработки на станке с установкой рабочим режущего инструмента по лимбу также зависит от субъективных факторов. При цене деления лимба 0,01 мм точность установки на размер составляет 5-10 мкм, а при цене деления 0,05 мм - 25...50 мкм.

2. В условиях серийного и массового производств точность обеспечивается способом автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках. Инструмент и деталь в этом случае устанавливаются в определенном положении относительно станка. Перемещение инструмента относительно детали ограничивается специальными упорами. Инструмент настраивается на

размер при обработке пробных деталей или точной установкой с помощью лимбов, индикаторов, миниметров и других специальных инструментов и приспособлений. Точность обработки в этом случае зависит от квалификации наладчика, выполняющего настройку станка при смене затупившегося инструмента или поднастррйку его при необходимости так, чтобы размеры всех деталей партий находились в пределах поля допуска.

В современных автоматизированных производствах применяются схемы с так называемой обратной связью, сущность которой заключается в том, что станок имеет два устройства: измерительное и регулирующее (наладчик]. Измерительное устройство дает сигнал подналадчику и последний автоматически корректирует систему. Все обрабатываемые детали получаются годными. Точность не зависит от субъективных особенностей, а только от погрешности изготовления и регулировки самого подналадчика. Эти погрешности являются постоянными, и их можно учесть.

Применение схем с обратной связью характрено для станков, выполняющих обработку за один ход, например тонкое и чистовое точение, безцентровое сквозное шлифование и др. Для станков, выполняющих работу в несколько ходов, например наружное круглое и внутреннее шлифование, характерно применение устройств, производящих измерение на ходу. При достижении заданного размера подача отключается. Это так называемые *средства активного контроля.*

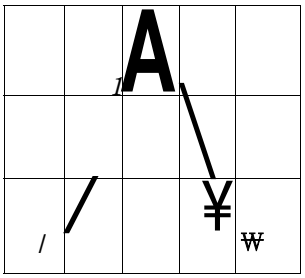
Для изучения точности обработки в современном машиностроении применяют два метода - опытно-статистический и расчетна-аналитический.

4.3. Опытно-статистический метод установления точности обработки

В основу опытно-статистического метода положены приемы математической статистики для обработки данных, полученных при измерении контролируемого размера всей партии обработанных деталей. Для построения эмпирических кривых распределение погрешностей необходимо знать промежуток, в котором заключены размеры деталей изучаемой партии. Этот промежуток разбивают на равные по величине интервалы, после чего определяют частность ^повторения отклонений размеров в партии:

$$w = k/n$$

где k - число деталей, фактические отклонения размеров которых находятся в пределах каждого интервала; п - общее число деталей в партии. На графике (рис. 1.44) по оси абсцисс откладывают фактические размеры L детали, а по оси ординат - частность w их повторения. Полученные точки соединяют прямыми. При увеличении числа деталей в партии и числа интервалов ломаная линия приближается к плавной кривой. Построение и изучение кривых распределения погрешностей позволяет определить влиянце постоянных систематических погрешностей от влияния погрешностей случайных, а также в ряде случаев предсказать значение случайных погрешностей на основании обследования ранее



Щ1 40ft ЧОр щь щ №

Рис. 1.44. График рассеивания фактических размеров

обработанных партий деталей.

Из центральной предельной теоремы теории вероятности следует, что при достаточно большом числе независимых случайных величин закон распределения их суммы весьма близок к закону нормального распределения при условии, что ни одна из складываемых случайных величин не играет в сумме преобладающей роли по сравнению со всеми остальными. Кривые нормального распределения характеризуются двумя основными величинами: средним размером и среднеквадратичным отклонением о. Средний размер, мм,

$$h_c = (L, + L_2 + ... + L)/n,$$

или

$$LC = (1/n)\ E\ L, \qquad (78)$$

где **L,** - размер отдельной детали, **мм; n** - число деталей в партии.

Среднеквадратичное отклонение, мм,

$$s = \pm\text{Уй?}\quad x_{\text{„}} \qquad V)/n \;=\; \pm\,/\,(1/\text{п})\ \overset{\text{1-й}}{\underset{i=1}{I}}\ X.' \qquad (79)$$

где х. - отклонение размера от его среднего значения, мм:

$$x, = f\ Lj - L_{(,;}\ \ x_2 = L_2 - L_c;\ \ ...\ x, = L - L_r.$$

Разность $Д_{р,}$,мм. между наибольшим и наименьшим действительными размерами деталей в партии называют *размахом распределения* или *полем рассеивания:*

$$Д_{\text{ч}} = L_{\text{тах}} - L_{\text{ии}}\ . \qquad (80)$$

Кривая нормального распределения погрешностей (рис. 1.45) выражается уравнением

$$\text{У} = (1/\text{ст}\wedge 7\text{г})\text{e}^{-(12\text{-}(\text{x}<\text{ч}>} \qquad (81)$$

где у - частота появления погрешности; ст- среднеквадратичное отклонение случайной величины, равное корню квадратному из среднеарифметического квадратов всех отклонений; е - основание натурального логарифма; х - отклонение случайной величины от ее среднего значения.

Важнейшие свойства кривой нормального распределения

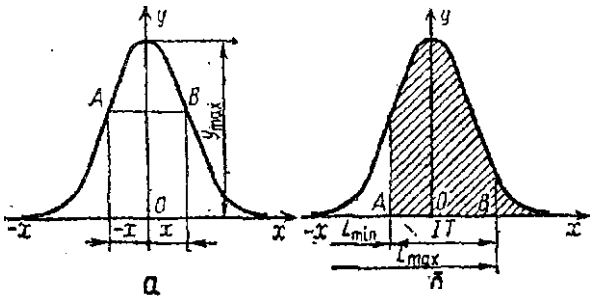


Рис. 1.45 Кривые нормального распределения: а - теоретическая; б - с положением поля допуска

(рис. 1.45, *а)* следующие:

1) кривая симметрична относительно оси ординат, и ее ветви асимптотически приближаются к оси абсцисс;

2) ордината вершины кривой

$$У_{„их} = !/a/2;= 0,4/_a; \qquad \textbf{(82)}$$

3) координаты точек перегиба следующие:

$$x = \pm a; \qquad (83)$$

$$Уа = Ув = l/av/2^. \text{ или } У_А = у_в = 0{,}6у_{п1ах};$$

4) площадь, ограниченная кривой нормального распределения,

$$\int_{-\infty}^{+\infty} ydx = (1/„ Й \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-(l/2)(x/_a)^2)dx = 1 \qquad (84)$$

5) при достаточно большом числе наблюдений величина $_a$ хорошо характеризует рассеивание размеров даже в том случае, если эта кривая несколько отличается от кривой нормального распределения погрешностей. Вероятность (частость) получения размеров в интервале различных значений x составляет: w = 95 % при x = ± 2_a и w = 99,73% при x = + $З_a$.

Следовательно, риск получения размеров, выходящих за пределы $д_р = 6_a$, будет менее 0,3 % , т. е. механическую обработку на данной операции без брака можно осуществить при условии

$$IT > д_Р , \qquad (85)$$

где $д_р$ - поле рассеивания, принимаемое как $Ь_{п|як} - L_{miln} = 6_a$, IT - допуск на обработку, мм. Анализируя построенную кривую распределения погрешностей, можно определить соотношение между значениями поля рассеивания, поля допуска и смещения середины поля рассеивания относительно середины поля допуска.

Поскольку кривую распределения погрешностей строят по результатам измерений партии деталей, обработанных при одной настройке станка, считается, что площадь ограниченная этой

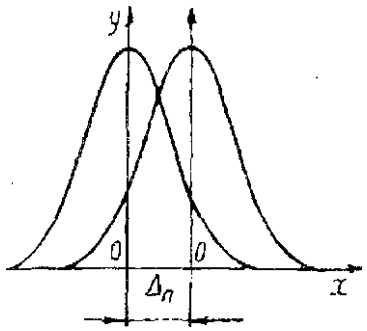


Рис. I. 46. Смещение кривых рассеивания погрешностей

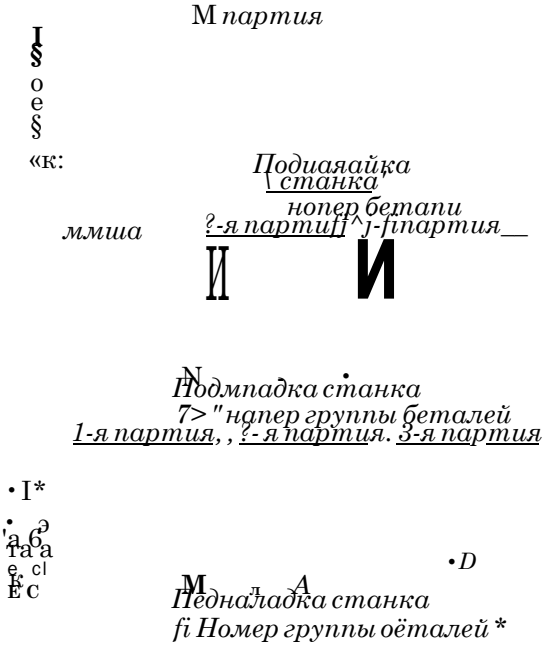


Рис. 1. 47. Точечные диаграммы действительных размеров:
а - п деталей; б - групп деталей; в - групповых средних размеров детали

кривой, в некотором масштабе определяет полное число обработанных деталей. Часть площади, ограниченная ординатами, проходящими через точки А и *В,* соответствует числу деталей, размеры которых находятся в заданном допуском интервале (рис. 1.45, б). Годными будут все детали, предельные размеры L_{max} и L_{ta} которых находятся в промежутке АВ.

Вероятность получения годных деталей можно определить из соотношения площади заштрихованного участка ко всей площади, ограниченной кривои нормального распределения погрешностей. При наружной обработке количество неисправимого брака для данного допуска изображается незащтрихованной площадью влево от точки *А,* а исправимого - вправо от точки В. При обработке внутренних (охватывающих) поверхностей количество исправимого брака определяется той же площадью, но влево от точки *А,* а неисправимого - вправо от точки В.

При построении кривых рассеивания погрешностей для нескольких партий обрабатываемых деталей может получиться смещение одной кривой относительно другой на некоторую величину (рис. 1.46). Это свидетельствует о наличии постоянной погрешности, связанной с настройкой станка или неточностью изготовления измерительного инструмента.

Анализируя кривые распределения погрешностей, можно сделать важные выводы о точности того или иного технологического процесса.

Описанный способ не позволяет установить изменения размеров во времени при обработке детали и отделить переменные систематические погрешности от случайных. Эти задачи можно решить, проанализировав точечные диаграммы (рис. 1.47), при

построении которых по оси абсцисс откладывают номера последовательно обработанных деталей, по оси ординат - их размеры. Точечная диаграмма для нескольких партий деталей позволяет судить об изменении величины и характера погрешностей для различных партий. Точки, соответствующие получаемым размерам деталей, должны располагаться внутри поля *допуска,* ограниченного двумя линиями АВ и CD, параллельными оси абсцисс.

Если точка, обозначающая получаемый размер, располагается вблизи контрольной линии, то во избежание брака обработку нужно прекратить и подналадить станок, поднастроить или сменить интрумент. При большом количестве деталей точечная диаграмма сильно растягивается (рис. 1.47, а).

Для уменьшения длины диаграммы партию деталей разбивают на группы, включающие несколько штук последовательно обрабатываемых деталей. Размеры деталей одной группы располагаются по вертикали (рис. 1.47, б). Точечная диаграмма становится еще более наглядной и совершенной, если по вертикальной оси откладывать так называемые групповые средние размеры (рис. 1.47, в).

Кроме перечисленных способов исследования процессов обработки опытно-статистическим методом можно назвать: построение так называемых контрольных диаграмм, анализ' точности по нарастающим отклонениям размеров, анализ по накапливающейся средней, анализ по нарастающей сумме отклонений размеров от размера настройки и др. Эти способы рассматриваются в специальных курсах.

Недостатки опытно-статистического метода заключаются г. том, что он не дает возможности с полной достоверностью судить о точности выполнения предстоящих операций, не позволяет вскрыть источники погрешностей, возникающих в процесс обработки.

4.4. Расчетно-аналитический метод установления точности обработки

Суть метода заключается в *предварительном определении* различных составляющих погрешностей в зависимости от вызывающих их причин и в нахождении общей суммарной погрешности обработки. Составляющие, из которых слагается суммарная погрешность обработки, разбивают на две группы: не зависящие и зависящие от нагрузки. К первой группе относят *погрешности: возникающие из-за* неточности кинематической схемы обрабатывающего станка; появляющиеся вследствие неточности деталей и узлов станков, приспособлений и режущего инструмента; измерений деталей в процессе обработки. Вторая группа включает в себя погрешности, вызываемые деформацией системы СПИД, размерным износом режущего инструмента, температурными деформациями и внутренними напряжениями в обрабатываемом материале.

Погрешности, вызываемые неточностью кинематической схемы обрабатывающего станка, можно заранее рассчитать и свести

к минимальным. Например, сменные зубчатые колеса станка, подбираемые приближенно для нарезания соответствующей резьбы, дают определенную, заранее известную погрешность шага резьбы.

Погрешности станков, приспособлений и режущих инструментов вызываются неточностью их изготовления и отклонениями реальных условий работы от расчетных. Так, станки, выпускаемые станкостроительными заводами с вполне определенными регламентированными погрешностями, в процессе работы изнашиваются и не обеспечивают первоначальной точности обработки. Для получения минимальных отклонений при механической обработке точность изготовления приспособлений должна быть выше требуемой точности изготовления детали. Поэтому инструментальные цехи комплектуют более точными станками, а также более квалифицированными рабочими, чем механические. Точность режущих инструментов непосредственно влияет на точность обработки при работе мерными и профильными инструментами (сверла, фрезы, развертки, метчики, канавочные резцы, шлифовальные круги, протяжки и др.). Своевременный контроль за износом станков и приспособлений, а также повышенные требования к точности изготовления инструментов могут свести эти погрешности первой группы к заданному минимуму.

Погрешности измерений возникают в результате колебаний температуры в цехе и разности температур изделия (детали) и инструмента. За нормальную принимается температура +20°С. Следовательно, предписанные чертежами предельные размеры деталей, а также размеры инструментов при контроле детали должны иметь место при температуре +20°С. Если же действительная температура детали измерительного инструмента отклоняется от нормальной, возникает погрешность измерения

$$д, = Ц а Д - 20°С) - a_2(t_2 - 20°С)], \qquad (86)$$

где 1 - контролируемый размер, мм; а, и a_2 - коэффициенты соответственно линейного расширения детали и измерительного инструмента, l/°C; t, и t_2 - температура соответственно детали и инструмента,

При t, = t_2 ⬅ t

$$д, = l(a, - a_2)(t - 20°С). \qquad (87)$$

Если температура выравнена (t - 20°С = 0), то д = 0, т. е. при любой разности коэффициентов расширения детали и инструмента или измерительного прибора погрешности размера отсутствуют. При отклонении температур t, и t_2 от нормальной погрешность измерения обрабатываемой детали может быть значительной.

Пример. Определить ошибку, полученную при измерении стального вала диаметром 100 мм (допуск - 0,023 мм). Температура вала в процессе обработки t = +60 С, измерение проводилось микрометром, имеющим нормальную температуру.

Коэффициент линейного расширения вала а, = 12х10"* , 1/°С. По формуле (86) с учетом t_2 - 20°С = 0 находим$_{Д(}$ = Icx^t, - 20°С), откуда $Д_($ = 0,048 мм, т. е. ошибка больше чем в два раза превышает заданный допуск.

На погрешность измерения влияют также упругие деформации измерительного инструмента его недостаточной жесткости. Практикой, например, установлено, что упругое расширение калибра-скобы на 10 Н измерительного усилия равно 0,Н - 1,5 мкм для тяжелых и 2,5 - 6 мкм - для легких калибров-скоб.

Наибольшую часть общей погрешности обработки составляют погрешности, вызываемые дыформациями системы СПИД и смещениями в этой системе при наличии зазоров. Вследствие изменения зазоров в соединениях деталей и узлов изменяется взаимное расположение частей станка и всей системы, что и оказывает большое влияние на точность обработки. Внешней силой, действующей на систему СПИД в процессе механической обработки, является сила резания, значение и направление которой определяется тремя ее составляющими $P_„$ и Р направленными по соответствующим координатным осям. Неточности обработки получаются в результате взаимного смещения лезвия режущего инструмента и обрабатываемой детали по нормали к обрабатываемой поверхности. Следовательно, основное влияние на точность обработки оказывает составляющая P_v силы резания, совпадающая с этой нормалью. Косвенное, хотя и незначительное, влияние на деформацию системы СПИД в направлении нормали к обработанной поверхности оказывает составляющая P_z силы резания, а влияние составляющей Р силы резания на деформацию в том же направлении еще меньше.

4.5. Жесткость технологической системы

Способность упругой системы СПИД (Станок. Приспособление, Инструмент, Деталь) оказывать сопротивление действию сил, стремящихся ее деформировать, принято называть жесткостью системы. Большая часть системы - одно из основных условий достижения высокой точности обработки. Если же нет достаточной жесткости, под действием силы резания и других сил система деформируется, что приводит к искажению формы детали и получению неправильных размеров.

С жесткостью системы СПИД связано и явление вибрации. Системы, обладающие большой жесткостью, могут работать с высокими режимами резания без появления вибрации, что обеспечивает их повышенную производительность. Жесткость системы СПИД выражается отношением составляющей P_y силы резания к взаимному смещению режущего инструмента и обрабатываемой детали, отсчитываемому в том же направлении:

$$]_{(} - P_v \; У. \qquad (88)$$

где $j_{(.}$ - жесткость системы, Н/мм; P_y - радиальная составляющая силы резания, Н; у - деформация упругой системы, мм. Аналогично выражается жесткость элементов технологической упругой системы: суппорта $j_{rsn} = P_Y/y_{cxn}$, передней бабки $j_{|]B}$, задней бабки j , приспособления $]_{ир}$ и обра'оатываемой детали $j = P_y/y_д$-

Величина, обратная жесткости, называется податливостью

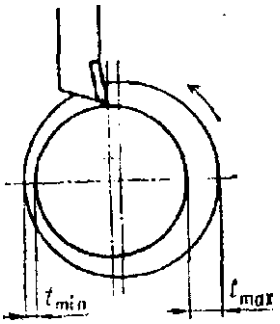


Рис. I. 48. Изменение глубины нарезания t при неравномерном припуске

w, мм/Н, упругой системы:

$$w = 1/j \cdot \qquad (89)$$

Податливость системы СПИД равна сумме податливостей составляющих ее частей. Если выразить податливость через жесткость, то

$$w_n = 1/L = 1/L_T + 1/L_H + l/j_{np} + 1/L, \quad (90)$$

где $]_{ст}$, $]_{ин}$, $]_{ПР}$ и $]_д$ - жесткости соответственно станка, инструмента, приспособления и детали. Уравнение (90) представляет собой уравнение баланса податливости системы СПИД, из которого можно определить жесткость системы. Для наглядности баланс податливости (или жесткости) обычно выражают в виде суммы отношений податливости (или жесткости) отдельных узлов к общей податливости (или жесткости) системы СПИД.

Перемещение точки приложения силы резания относительно поверхности обрабатываемого изделия вызывает непрерывное изменение жесткости системы и погрешности обработки. Например, при продольном точении детали с неравномерным припуском глубины резания t даже в одном поперечном сечении заготовки меняется от t_{Mi} до $t_{m|n}$ (рис. 1.48). При этом радиальная составляющая P_y силы резания за один оборот детали изменяется от P_{yeax} до P_{Ymln}.

Пренебрегая изменениями жесткости системы в пределах одного оборота, можно определить погрешность радиального размера за один оборот детали (биение), мм

$$^{A}Д = \quad - У- = (P_{YlKI} - P_{Yml\text{и}})/j_r \qquad (91)$$

или

$$Ад = C^C_{PiS}{}^{Y_p}Vj_c)0w - t_{nita}b \qquad (92)$$

где X= P_Y/P_Z- отношение составляющих P_y и P_z силы резания; $_{Pz}$ - коэффициент силы резания, зависящий от обрабатываемого материала; S - подача станка,' мм; y_{pz} - показатель степени при подаче S; выбирается по справочнику.

Обозначим $t_{1нК}$ • $t_{уИ1}$ = $Д_{Ад}$г, тогда относительная погрешность заготовки. копируемая на обработанной детали,

$$e — A_{ЗАГ}/Ад = j_cAC_{.Pl}S^{YPI}. \qquad (93)$$

По формуле (93) можно выбрать режим резания в зависимости от заданной точности обработки при известной погрешности формы заготовки.

С увеличением числа ходов погрешность детали уменьшается. Поэтому при большой неравномерности припуска, малой жесткости системы и повышенных требованиях к точности

приходится вести обработку в несколько ходов.

При продольном точении в центрах деталь в зависимости от ее жесткости и жесткости центров может получить бочкообразную или вогнутую форму. В этом случае погрешность формы, т. е. максимальная разность диаметров, мм,

$$* - 2(У«.х - У -> - WrV/i* - l/i_{мх}). \quad (94)$$

4.6. Размерный износ инструмента

Размерный износ инструмента вызывает его укорочение в направлении, нормальном к обработанной поверхности. При обработке поверхностей значительной длины размерный износ вызывает погрешности формы детали. Например, при обработке длинных валов возникает конусность. При обработке небольших деталей размерный износ сказывается на изменении размеров последовательно обрабатываемых деталей партии.

Считают, что размерный износ режущего инструмента прямо пропорционален времени резания. За характеристику размерного износа принимают относительный износ $и_0$, мкм/км, - износ, отнесенный к 1000 м пути резания:

$$и_0 = 1000и/1, \quad (95)$$

где *и* - размерный износ, мкм; 1 - путь резания, м. По относительному износу $и_0$ можно судить о качестве и стойкости того или иного инструмента.

При точении путь резания, м,

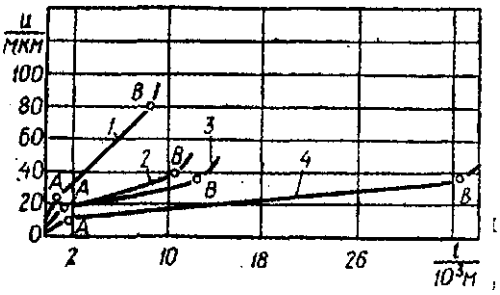
$$1 - v_T = „D1/1000S, \quad (96)$$

где v - скорость резания, м/мин; $_т$ - время обработки, мин; D диаметр обработки, мм; 1, - длина хода, мм; S - подача, мм/об.

На рис. 1.49 приведены зависимости размерного износа *и* инструмента от пути резания 1. На участке ОА, соответствующем начальному пути $1_н$, происходит интенсивный начальный износ, характеризующий приработку инструмента; l_{ft} = 500 : 1500 м. На участке правее точки В начинается ускоренный износ. Размерный износ принято определять на участке АВ, соответствующем нормальному износу.

Наиоолшее влияние на интенсивность износа инструмента оказывает скорость резания. Для каждого определенного материала установлена оптимальная скорость резания, при которой размерный износ инструмента наименьший (рис. 1.50). При чистовом точении стали резцами, армированными пластинками твердого сплава, оптимальная скорость резания составляет 150 - 200 м/мин, при точении чугуна - 70...90 м/мин.

С увеличением твердости обрабатываемого материала размерный износ инструмента увеличивается, а оптимальная скорость смещается в сторону меньших скоростей. Применением пластинок твердого сплава с повышенным содержанием карбида титана уменьшают износ инструмента. С увеличением подачи и



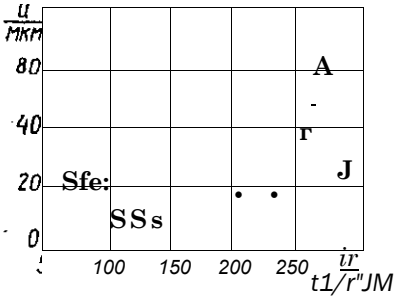


Рис. I. 49. Зависимость размерного износа и инструментов, оснащенных твердыми сплавами, от пути резания I:
1 - T15K6; 2 - T21K8; 3 - T30K4; 4- T60K6

Рис. I. 50. Кривые размерного износа резцов, оснащенных твердыми сплавами (точение стали):
1 - T15K6; 2 - T21K8; 3 - T30K4; 4- T60K6

глубины резания размерный износ увеличивается, причем подача влияет на износ силнее, чем глубина резания. Установлено, что при увеличении подачи в три раза (от 0,1 до 0,3 мм/об) износ инструмента повышается на 30 - 50 %, а при увеличении глубины резания в пять раз (от 0,1 до 0,5 мм) износ повышается только на **20 %.**

Из элементов геометрии инструмента наибольшее влияние на размерный износ оказывает задний угол. При работе на больших скоростях увеличение заднего угла от 8 до 12° приводит к увеличению износа на 20 - 30 %.

4.7. Погрешности, вызываемые температурными деформациями

Погрешности, вызываемые температурными деформациями системы СПИД, могут достигать величин, выходящих за пределы допусков 6 - 8-го квалитетов, и при выполнении точных операций должны учитываться. На температурные деформации влияет продолжительность непрерывной работы и перерывов в работе станка. При нагревании инструмента происходит его удлинение, которое зависит от времени работы. Сначало удлинение происходит быстро, затем замедляется и практически прекращается, так как наступает тепловое равновесие.

В процессе обработки деталь также нагревается и ее размеры изменяются. При черновой обработке деталь нагревается значительно сильнее, чем при чистовой. Если чистовую обработку проводить сразу после черновой, то после остывания размеры детали могут оказаться меньше требуемых. Поэтому чистовую обработку деталей следует вести с некоторой предшествующей выдержкой для остывания деталей после черновой обработки. Нагревание детали при чистовой обработке из-за малого теплообразования вызывает небольшие погрешности, которыми можно пренебречь. При обработке с охлаждением детали и инструмента смазывающе-охлаждающей жидкостью тепловые деформации всей системы

СПИД значительно уменьшаются.

В процессе работы металлорежущего станка часть теплоты трения затрачивается на нагревание узлов станка, что приводит к возникновению температурных деформаций и связанных с ними погрешностей обработки деталей. Например, из-за неодинакового нагревания стенок передней бабки токарного станка шпиндель смещается в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В результате этого размеры деталей, обработанных в начале смены на холодном станке, отличаются от размеров деталей, обработанных через несколько часов непрерывной работы. Поэтому, выполняя особо точные работы, нужно станок предварительно прогревать. Практически это сводится к тому, что в начале смены выполняют черновые операции, а по достижении теплового равновесия - чистовые. Время прогрева станка до установления теплового равновесия определяется для каждого конкретного случая, исходя из вида заготовок, материала, типа и состояния станка.

Непостоянство температуры помещения цеха вызывает неравномерный нагрев и охлождение системы СПИД. Поэтому изготовление точных измерительных инструментов и выполнение окончательных операций обработки высокой точности (тонкое шлифование, доводка и др.) следует производить в помещениях, где постоянно поддерживается нормальная температура t = +20°С.

Погрешности обработки, вызываемые внутренними напряжениями, при обработке крупных деталей могут достигать значительных величин. Внутренние напряжения в заготовках при горячей обработке металла (литье, ковка, прокатка, закалка) возникают из-за неравномерного охлаждения заготовок и структурных превращений в материале. Они возникают также при обработке металлов давлением в холодном состоянии (правка, дробеструйное упрочнение, обкатка роликами, наплавка) и при обработке резанием. В процессе съема с заготовки поверхностных слоев внутренние напряжения перераспределяются, вследствие чего деталь деформируется. Поэтому после обдирки перед чистовой обработкой рекомендуется на некоторое время ослабить крепление детали, а затем закрепить ее заново. Крупные детали после обдирки следует подвергать естественному или искусственному старению, при котором внутренние напряжения выравниваются.

4.8. Определение суммарной погрешности обработки

Способ суммирования погрешностей зависит от того, систематическими или случайными являются слагаемые погрешностей. Систематические погрешности суммируют алгебраически, с учетом их знака. Например, погрешности, вызванные износом резца и его нагревом, имеют противоположные знаки и могут взаимно компенсироваться. Систематическая погрешность со случайной складываются арифметически, так как случайная погрешность может иметь любой знак. При суммировании же принимают наиболее благоприятные условия, когда случайная погрешность имеет тот же знак, что и систематическая.

Независимые случайные погрешности, подчиняющиеся закону нормального распределения, сгладываются по правилу квадратного корня:

$$Д = /д,^2 + д/ + \ldots + A_u \backslash \quad - \quad (97)$$

где Д - суммарная погрешность, мм; А,, **Д„** ..., A_N - составляющие погрешности, мм. При симметричных законах распределения составляющих погрешностей результирующая погрешность

$$Л = /[кД)^2 + (к_2 Д/ + \ldots + (кД)^2, \quad (98)$$

где k_r к,, ...,k_N - коэффициенты, зависящие от вида кривых распределения составляющих погрешностей. Если все составляющие погрешности подчиняются одному закону распределения, то к, = $к_2$ = ... = k_N = к и

$$А = к Л \wedge + Д_2" + \ldots + \backslash \backslash \quad (99)$$

Для закона нормального распределения к=1. При отступлении от этого закона коэффициент, учитывающий вид кривой распределения, k = 1 - 1,73. При работе на настроенных станках, учитывая некоторое отклонение кривых распределения от нормального закона, принимают к = 1,2.

4.9. Точность при различных способах обработки

Необходимую точность обработки, отвечающую требованиям данного квалитета, можно получить различными способами. Так, отверстия 6-го квалитета получают чистовым развертыванием, протягиванием, шлифованием, притиркой, доводкой абразивными головками (хонингованием), доводкой колебающимися абразивными брусками (суперфинишем). Этими же способами можно в некоторых случаях получить 5-й квалитет, но при более тщательной обработке на хорошо выверенных и вполне исправных, неизношенных станках. Обработка отверстий по 8-му квалитету достигается при чистовом развертывании. Такую точность можно получить и чистовой расточкой на вполне исправных станках и при тщательной работе. Более экономично этот квалитет получать шлифованием, если оно возможно по характеру работы. Отверстия 11-го квалитета получают растачиванием чистовыми резцами на токарных или револьверных станках либо сверлением с применением кондуктора. Отверстия 12-го квалитета можно получить сверлением или чистовым растачиванием на всех станках, включая и автоматы, выполняющие такие операции.

Валы 5-го квалитета получают последовательным шлифованием - черновым (предварительным) и чистовым (окончательным) после предварительной токарной обработки. Для получения валов 6-го квалитета, как правило, применяют шлифование после предварительной обработки на токарном или револьверном станке. Такую точность можно получить, не применяя шлифования, на токарных и револьверных станках, если обработку выполняет отделочными резцами токарь высокой квалификации.

Валы 8-го квалитета можно обработать на токарных станках, но наиболее экономично для крупносерийного производства шлифование. По 11-му и 12-му квалитетам валы обрабатывают на токарных и револьверных станках, а также на автоматах отделочными резцами.

Таким образом, основной, хотя и не единственный, способ наиболее точной обработки - шлифование. Применение шлифования возможно к для фасонных работ, таких, как обработка зубьев колес и резьб, точность которых имеет важное значение для работы механизмов. Высокую точность обработки можно получить также тонким шлифованием алмазными кругами на специально подготовленных станках.

Достижимая и **экономическая точность обработки.** *Достижимой* принято называть такую точность, которую можно получить при обработке деталей высококвалифицированным рабочим на станке, находящемся в безукоризненном состоянии, при неограниченной затрате времени и труда. Однако в реальных условиях точность обработки сдерживается в определенных пределах экономической целесообразностью. Продолжительность обработки, требуемая квалификация рабочего, состояние станка и некоторые другие факторы, обуславливающие стоимость и продолжительность работы, весьма ограничивают экономическую точность методов обработки.

4. Экономическая точность некоторых видов обработки

Метод обработки	Квалитеты точности	Шероховатость поверхности R, мкм	Метод обработки	Квалитеты точности	Шероховатость поверхности R, мкм
Точение:			Прошивание (для коротких отверстий)		0,63-0,32
предварительное	12-13	12,5			
чистовое	10-11	2,5-1,25			
тонкое, алмазное	6-7	0,63-0,32	Шлифование:		
Фрезерование:			обдирочное *		2,5-1,25
предварительное	11-12	12,5	предварительное	8-10	1,25-0,63
чистовое	8-10	2,5-1,25	чистовое	7-8	0,63-0,32
тонкое (торцевыми фрезами)	6-7	0,63-0,32	тонкое	6-7	0,32-0,08
			Хонингование отверстий диаметром до 80мм	6-7	0,32-0,08
Сверление	11-12	6,3-2,5	Развертывание:		
Зенкерование:			предварительное	8-9	0,32-0,08
предварительное	12	2,5-12,5	чистовое	7	2,5-1,25
чистовое (после чернового)	11	6,3-2,5	тонкое	6-7	1,25-0,63
			Притирка (доводка)	5-6	0,63-0,32
Протягивание	6-8	1,25-0,63	Полирование **		0,1 и меньше
					0,032-0,012

* Обдирочное шлифование применяют в качестве предварительной обработки поверхностей отливок и поковок, не выдерживая допуск на размер. ** Этот метод не повышает точности размера, полученного на предшествующей обработке.

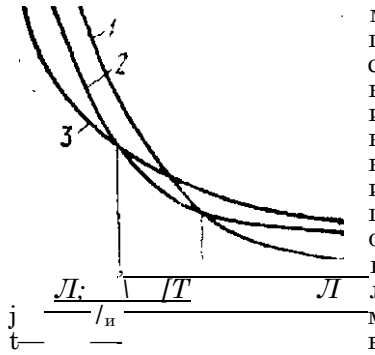


Рис. I. 51. Зависимость стоимости обработки от требуемой точности: 1 - точение; 2 - шлифование; 3 - притирка

Экономической точностью метода обработки называют точность, получаемую в нормальных производственных условиях при использовании исправного оборудования, инструмента стандартного качества и выполняемую рабочим средней квалификации при затратах времени и средств, не превышающих затрат при других, сопоставимых методах обработки. Например, обрабатывать вал точением (рис. 1.51) экономично лишь при допуске, большем Д,. При меньших значениях допуска его выгоднее шлифовать. Сравнивая шлифование с притиркой, видим, что шлифование выгодно до значений допуска, равных $Д_2$, при допуске меньше Д выгоднее притирка. Величина *IT* характеризует пределы экономической точности шлифования.

В зависимости от конкретных производственных условий экономическая точность обработки колеблется в широких пределах. Экономическая точность различных видов обработки повышается по мере совершенствования технических средств и технологии обработки. Поэтому нормы точности периодически пересматриваются. При проектировании технологических процессов можно пользоваться данными, приведенными'в табл. 4.

4.10. Образование размеров деталей при механической обработке. Анализ размерных цепей

Определяя необходимую точность обработки деталей для сборки их с необходимыми зазорами и натягами, пользуются так называемыми размерными цепями. Размерные цепи отражают объективные размерные связи в конструкции машины, в технологических процессах изготовления ее деталей и сборки, при измерении.

Размерной цепью называется замкнутый контур взаимно связанных размеров, расположенных в определенной последовательности и определяющих взаимное положение поверхностей и осей одной или нескольких деталей. Размерная цепь называется *линейной*, если все входящие в нее размеры параллельны между собой. Если все или некоторые размеры, входящие в размерную цепь, не параллельны между собой, но лежат в одной плоскости, цепь называется *плоскостной.* При наличии в цепи некоторых непараллельных размеров, лежащих в непараллельных плоскостях, цепь называют *пространственной.*

Размеры, образующие размерную цепь, называются *звеньями цепи.* Каждое звено обозначают на схеме прописной буквой русского алфавита или строчной буквой греческого (кроме букв а,' б, Х) с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена. Каждое из составляющих размерную цепь

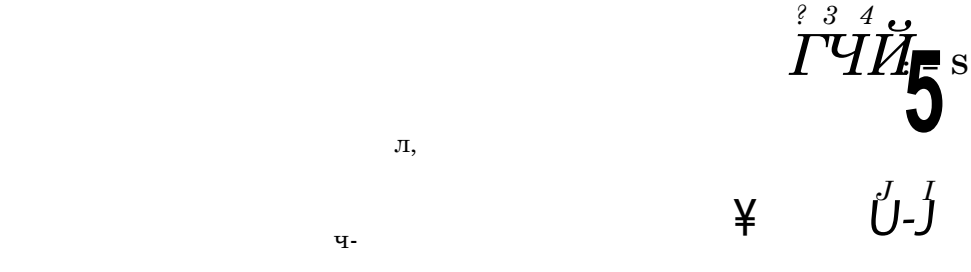


Рис. 1.52. К определению размерных цепей:
а - эскиз обрабатываемой детали; б - размерная цепь

Рис. 1.53. Построение размерных цепей:
а - корпуса; б - валика; 1 - 5 - поверхности обработки

звеньев имеет свое название: *замыкающее звено,* являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения (обозначается буквой с индексом Л); *увеличивающее составляющее звено,* с увеличением которого замыкающее звено увеличивается; *уменьшающее звено,* с увеличением которого замыкающее звено уменьшается; *компенсиру ющее звено,* изменением которого достигается требуемая точность замыкающего звена.

В зависимости от числа звеньев, входящих в размерную цепь, размерные цепи могут быть *простыми* и *сложными* (многозвенными).

Для наглядности размерные цепи изображают в виде схем (рис. 1.52, б), причем зазоры указывают как самостоятельные звенья цепи. Основное свойство размерных цепей заключается в их замкнутости, определяемой наличием двух ветвей. Первая ветвь размерной цепи $A_г$ в которую входят увеличивающие ее звенья, называется *основной,* вторая ветвь $A_2 + A_3 + A_4 + A_v$ в которую входят уменьшающие ее звенья, - *замыкающей*Звено $A_д$ - замыкающее звено размерной цепи. Замыкающее звено в представленной многозвенной размерной цепи (рис. 1.52)

$$A_Л = A, -(A, + A_3 \quad A_4). \qquad (100)$$

В линейной размерной цепи, состоящей из номинальных размеров, размер замыкающего звена представляет собой алгебраическую сумму размеров составляющих звеньев, т.е.

$$A_л = \sum_{i=1}^{m} A_i - \sum_{i=m+1}^{л-1} A_i \qquad (101)$$

где A_i - размер I-го увеличивающего звена; A_i - размер i-го уменьшающего звена; m - число увеличивающих звеньев; п - общее число звеньев цепи, включая и замыкающее.

При механической обработке детали последовательность переходов и способы отсчета размеров определяют, какое из звеньев станет замыкающим. Если поверхности корпуса (рис. 1.53, а)

фрезеруются в следующем порядке:, плоскость 1; выдерживая размер А, плоскость *2;* выдерживая размер A_2 плоскость 3; ^ыдерживая размер A_3 плоскость *4,* то замыкающим звеном-будет *К*>т-е-

$$A_4 = A, -(A_2 + A_3). \quad (102)$$

Если\же при обработке плоскости *4* выдерживается размер A_4, то при toi^i же порядке обработки замыкающим звеном станет размер

$$A_3 = A, -(A_2 + A_4). \quad (103)$$

В этом случае замыкающее звено определилось изменением способа отсчета размеров.

Если изменить порядок обработки так, что после фрезерования плоскостей *1* и *2* обработать сначала плоскость *4,* выдерживая размер А , затем плоскость 3, выдерживая размер A_a, то замыкающим звеном явится **А„:**

$$A_2 = A, -(A_3 + A_4). \quad (104)$$

В этфм случае изменение замыкающего звена было вызвано изменением порядка переходов. Порядок, в котором расположены размеры в уравнениях (102) - (104), не произвольный, а соответствует порядку переходов и отсчета размеров, хотя алгебраически эти уравнения тождественны.

При обтачивании валика (рис. 1.53, б) за два установа при пёрвом установе можно: подрезать торец 1; проточить поверхность *2*\ подрезать уступ *3,* выдержав длину 1,; обточить поверхность *4.* При втором установе подрезают торец *5,* выдерживая размер *L.* Тогда замыкающее звено

$$l_2 = L - l, . \quad (105)$$

Если при том же порядке переходов подрезать торец *2,* выдерживая размер l_2, а не *L,* то замыкающее звено

$$L = l, + l_2 . \quad (106)$$

Формулы (105) и (106) алгебраически тождественны лишь в том случае, когда в уравнениях размерной цепи связываются только номинальные размеры. Если же размеры даны с допусками, то при решении размерной цепи методом полной взаимозаменяемости допуск (поле рассеивания размеров) замыкающего звена равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев, независимо от того, с какими знаками входят номинальные размеры этих звеньев в размерную цепь:

$$IT = \sum_{i=1}^{n} IT. \quad (107)$$

С увеличением числа звеньев размерной цепи фактический допуск замыкающего звена быстро увеличивается и перестает соответствовать условию, что в пределах одного квалитета точности

задаваемый допуск IT с увеличением размера А возрастает весьма медленно, а именно в k VX (где к - коэффициент, зависящий оу квалитета точности). Поэтому при длинных (многозвенны* размерных цепях, особенно при наличии в цепях уменыпаклщ звеньев, квалитет точности замыкающего звена может оказать значительно ниже квалитетов точности составляющих звеньев. Чтобы обеспечить требуемую точность замыкающего з^ена, рекомендуется избегать длинных (многозвенных) линейныхдепей. Важные размеры следует определять кратчайшими цепями.

Задачи и методы расчета размерных цепей. Определение номинальных размеров, а также допусков на них в размерной цепи называется *расчетом размерной цепи.*

В зависимости от содержания различают следующие задачи по расчету размерных цепей: 1) прямая задача, в которой заданы параметры, т. е. номинальное значение, допуск и др., замыкающего звена и требуется определить параметры составляющих звеньев; 2) обратная задача, в которой известны в один и тот же мрмент времени параметры составляющих звеньев, а нужно определить параметры замыкающего звена; 3) статическая задача, решаемая без учета факторов, влияющих на изменение звеньев размеЬной цепи во времени; 4) динамическая задача, требующая учета факторов, влияющих на изменение звеньев размерной цеци во времени.

Применяются следующие методы расчета размерных цепей: 1) на максимум - минимум (метод полной взаимозаменяемости), учитывающий только предельные отклонения звеньев размернрй цепи и самые неблагоприятные их сочетания; 2) вероятностной метод расчета, учитывающий рассеивание размеров и вероятность различных сочетаний составляющих звеньев размерной цепи. \

Рассмотрим на примере зависимость структуры размерной . цепи от выбора переходов.

Пример. Необходимо выточить из прутка короткий валик (рис. 1.54). В этом случае замыкающее звено, определяемое по формуле

$$l_3 = L - (l_1 + l_2).$$

будет иметь следующие размеры:

$$l_{3max} = L_{max} - (l_{1min} + l_{2min}) = 200 - (80 + 70) = 50 \text{ мм};$$

$$l_{3min} = L_{min} - (l_{1max} + l_{2max}) = 199{,}8 - (80{,}1 + 70{,}1) = 49{,}6 \text{ мм}.$$

Допуск замыкающего звена

$$\delta_{l3} = \delta_L + \delta_{l1} + \delta_{l2} = 0{,}2 + 0{,}1 + 0{,}1 = 0{,}4 \text{ мм}.$$

Если теперь, задавшись размером l = 3Д мм, измерить порядок обработки и выбрать размер L в качестве замыкающего звена, то в отверстии с правилом суммирования допусков в размерных цепях следует написать:

$$\delta_l = \delta_M + \delta_{l2} + \delta_{l3} = 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}4 = 0{,}6 \text{ мм}.$$

При этом размер $L = 200^{+0{,}2}_{u4}$ мм.

Следовательно, когда то или иное составляющее звено становится замыкающим, допуск этого звена увеличивается и соответствующие предельные размеры звена изменяются. Очевидно также и то, что нельзя делать с допусками все размеры размерной цепи.

Рис. I. 54. К расчету допусков размерной цепи трехступенчатого валика
Рис. I. 55. Виды отклонений, от правильной формы:
а - конусность; б - бочкообразность; в - седлообразность; г - волнистость; д огранка; е - оральность

Решение уравнения (107) размерной цепи, согласно которому допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев, принято называть решением на максимум - минимум. При решении размерных цепей цо этому способу получаются завышенные допуски замыкающего звена. Следовательно, при заданном допуске замыкающего звена потребуется излишне высокая точность Остальных звеньев. Это объясняется тем, что в расчетах на максимум - минимум совершенно не учитывается случайный характер отклонений размеров обрабатываемых деталей.

Академик Н.А. Бородачев предложил метод расчета допусков размерных цепей с использванием теории вероятности, в котором допуск замыкающего звена

$$IT = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{n} IT_i^2 k_i^2}, \qquad (108)$$

где IT - половина допуска данного звена, мм; **к,** - коэффициент относительного рассеивания размеров, мм:. Если рассеивание погрешностей отклонений подчиняется закону нормального распределения, то k. = 1 и допуск замыкающего звена

$$IT = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{n} IT_i^2}.$$

Расчет размерных цепей по методу акад. Н.А. Бородачева позволяет увеличить допуски на каждое звено размерной цепи в *1,5-2* раза, что значительно снижает себестоимость обработки детали. Однако при сборке этот метод не обеспечивает полную взаимозаменяемость деталей и особенно в короткозвенных (трех-, четырехзвенных) размерных цепях. Поэтому короткозвенные размерные цепи рассчитывают на максимум - минимум.

1 л а в а 5. КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Общие сведения

Качество обработанной поверхности характеризуется значительными макро- и микронеровностями, а также физико-механическим состоянием поверхностного слоя, обусловленным микроструктурой

и наклепом, вызванным обработкой.

Макронеровности представляют собой единичные, неповторяющиеся регулярно отклонения поверхности от правильной формы (рис. 1.55). Например, овальность, огранка, бочкообразность, седлообразность и конусность характерны для деталей пилиндрической формы, выпуклость и вогнутость - для деталей с плоскими сопрягаемыми поверхностями. Овальность возникает чаще всего в результате биения шпинделя токарного или шлифовального станков, дисбаланса заготовки и др. Огранка с числом граней три и более обычно получается при бесцентровом шлифовании. Ее появление связано с изменением положения мгновенного центра вращения при обработке детали. Бочкообразность, как правило, возникает при обработке тонких длинных валов в центрах без применения люнетов. Причиной конусности может стать несовпадение осей шпинделя передней бабки и пинол задней бабки, износ резца и др. Конусность К представляет собой разность диаметров наибольшего $d_{НВ}$ и наименьшего $d_{НМ}$, отнесенную к расстоянию 1 между поперечными сечениями:

$$к = (dm?" {}^{d}Н_{М})/^{L} \qquad (109)$$

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей устанавливают по ГОСТ 24643-81.

Характерным признаком макронеровностей является их большой шаг S по сравнению с высотой *H,* а именно $S/H > 1000$. При'отклонениях S/H = 40 - 1000 поверхности называются волнистыми. Волнистость поверхности определяется периодически повторяющимися и близкими по размерам неровностями, расстояние между которыми значительно больше, чем у шероховатостей, а форма волны близка к синусоиде. Значительная высота волн приводит к резкому уменьшению фактической площади контакта сопрягаемых поверхностей, ускоренному износу, ослаблению прессовых соединений, сокращению срока службы сопряженных деталей, нарушению герметичности и к другим нежелательным явлениям.

Поверхности, у которых $S/H < 40$, относятся к шероховатым. Шероховатой деталь получается вследствие пластической деформации ее поверхностного слоя при образовании стружки, копирования неровностей режущей кромки инструмента и трения его о деталь, вырывания с поверхности части материала и некоторых' других причин. Согласно ГОСТ 2789-73^ шероховатость поверхности (рис. 1.56) представляет собой совокупность неровностей с относительно малым шагом на базовой длине. Числовые значения базовой длины принимают из ряда 0,08; 0,1; 0,25; 0,3; 0,8; 2,5; 8; (25) мм. Значения, указанные в скобках, применяют только в особых случаях.

Различают продольную шероховатость (рис. 1.57, а), измеряемую в направлении движения резания, и поперечную шероховатость (рис. 1.57, б), измеряемую в направлении подачи. Чаще всего поперечная шероховатЬсть оказывается больше йродольной и по ней оценивают качество поверхности. .

На качество обработанной поверхности, -которое характеризуется степенью и глубиной наклепа, оказывают влияние

Рис. I. . 56. Профилограмма и основные параметры шероховатости поверхноти

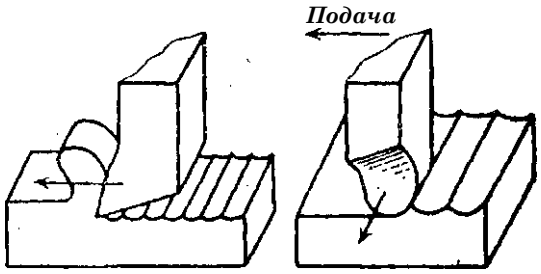


Рис. I. 57. Шероховатость поверхности:
а - продольная; б - поперечная

пластические деформации, фазовые и структурные превращения, обусловленные тепловыми явлениями при резании металлов.

5.2. Оценка шероховатости поверхности

Качество поверхности очень влияет на эксплуатационные свойства деталей машин. Шероховатости, как и другие дефекты поверхности, концентрируют напряжения и ослабляют деталь. Кроме того, грубо обработанные детали больше подвержены коррозии и образованию трещин. По данным акад. С.В. Серенсена, предел выносливости деталей из высокопрочной стали с полированными поверхностями на 40 % выше, чем деталь с грубо обработанными поверхностями.

Назначают шероховатость поверхности в зависимости от точности обработки и других требований, предъявляемых к детали. Прямой связи между точностью обработки и шероховатостью нет. Иногда точность обработки вообще не связывается с шероховатостью поверхности, например при декоративной отделке деталей. Однако при высокой точности размеров следует добиваться и понижений шероховатости, чтобы, например, износ гребешков при повторной запрессовке неподвижных соединений или при работе узла трения не изменял в короткий срок характера посадки. Оценивать шероховатость поверхности можно одним или несколькими параметрами: средним арифметическим отклонением профиля высотой неровностей профиля R, по десяти точкам, наибольшей высотой неровностей профили $rv_{m.x}$, средним шагом неровностей профиля S , средним шагом неровйостей профиля по. вершинам *S*.

Предпочтительнее рекомендуется использовать параметр R_a, так как применяемые на практике образцы сравнения шероховатости поверхности по *JSO* изготовляют именно по этому параметру. Часто пользуются также параметром R_z и реже - остальными.

R_a - среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины (см. рис. 1.56):

$$R_{„} = (1/1) \int I \, У(x) \, I \, dx » (1/n) \, I \, | \, y, \, |, \qquad (110)$$

где I - базовая длина; n - число отклонений y профиля.

Однако форму неровностей параметром R_a оценить нельзя, так как при различных формах значения могут быть одинаковыми. В ответственных случаях для правильной оценки шероховатости нужно знать ее высотные параметры, шаговые и параметры формы.

Высота неровностей профиля по десяти точкам - это сумма средних арифметических абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины I:

$$Rz=(5,1H_{ira}J + i1H_{ira}J)/5 \qquad (111)$$

где $H_{,m}$ - высота i-го наибольшего выступа профиля; $H_{,mln}$ - глубина *i-й* наибольшей впадины профиля.

Числовые значения параметров шероховатости R и R с указанием их предпочтительных значений приведены в ГОСТ 2789-73. (Стандартом установлены предпочтительные значения параметров шероховатости R_a и R_z вместо применявшихся до 1980 г. классов шероховатости V1-V14. Параметры R = 50 мкм и R_z = 200ь^км соответствует классу шероховатости VI. Последовательным делением каждой из этих величин на 2 можно получить дальнейшие соотношения между параметрами R_n, R_z и классами шероховатости.

Для оценки шероховатости обработанной поверхности используются двумя способами:

1) сравнением с эталонами, параметры шероховатости которых известны;

2) непосредственным измерением высоты микронеровностей специальными приборами (профилографами, профилометрами, двойными микроскопами, Линника, высокопроизводительными пневматическими приборами).

, В производственных условиях обычно пользуются первым способом, быстро и достаточно точно оценивающим шероховатость обработанной поверхности. Сравнение поверхности детали с эталонами шероховатости производят невооруженным глазом (для **R>1,0МКМ) или** при помощи микроскопа сравнения (для **R***>0,01**МКМ**). Наиболее надежны результаты сравнения, когда эталон и деталь изготовлены одним и тем же методом из одинакового материала.

5.3. Влияние технологических факторов на шероховатость поверхности

На шероховатость поверхности влияют: 1) состав, структура, а следовательно, и механические свойства обрабатываемого

материала; 2) материал, геометрия, микрогеометрия и состояние режущей кромки инструмента; 3) способ обработки; 4). режим' резания (скорость резания, подача); 5) жесткость системы СПИД; 6) количество, качество и способ подвода смазывающе-*охлаждающей* жидкости.

С изменением свойств обрабытываемого материала изменяется высота микронеровностей, а также характер влияния других технологических факторов на шероховатость. При обработке малоуглеродистой стали шероховатость больше, чем при обработке средне- и высокоуглеродистой, что обьясняется большим содержанием феррита в малоуглеродистой стали, способствующего образованию нароста на резце. Нарост препятствует нормальному сходу стружки в процессе резания и повреждает поверхность. При обработке пластичных металлов можно видеть небольшие кусочки металла, сорванные с обрабатываемой поверхности и приварившиеся к направляющим ленточкам сверл, задним поверхностям протяжек, долбяков и других инструментов.

При обработке поверхности из чугуна на ее шероховатость влияют количество графита и его состояние. Поверхность чугуна с мелкопластичным перлитом получается менее шероховатой, чем ферритового чугуна с крупнопластичным перлитом и с большим количеством графита, так как графит способствует образованию стружки надлома.

Материал инструмента существенно влия"ет на шероховатость обработанной поверхности. Например, инструмент из углеродистой и легированной сталей дают при малой скорости меньшую шероховатость, чем инструменты из быстрорежущей стали. При повышении скорости резания до 15 - 30 м/мин шероховатость увеличивается вследствие приваривания мелких частиц стружки к режущему лезвию, так как обработанный материал (сталь конструкционная) и материал инструмента (сталь инструментальная) имеют большое химическое сродство.

На твердосплавные инструменты стружка налипает меньше, поэтому обработанная поверхность получается менее шероховатой. Кроме того, твердосплавные инструменты меДленее изнашиваются, что также способствует получению менее шероховатой поверхности. При высоких скоростях резания (88 - 100 м/мин) температура в зоне резания достигает 600°С и металлическая пыль не спекается и не удерживается на передней грани резца. При этом образование нароста прекращается и шероховатость поверхности уменьшается.

Режим резания. При обработке хрупких материалов нарост на инструменте не появляется.' Однако на высоких скоростях резания поверхность также получается чище, чем на низких, так как зерна металла не вырываются из основной массы, а подрезаются. Это справедливо по отношению к цветным металлам (медь, алюминий и др.). Шероховатость таких металлов уменьшается только начиная со скорости резания 900 м/мин. Следовательно, изменяя скорость резания, можно получить различную шероховатость поверхности как пластичных, так и хрупких материалов.

Подача резца влияет на шероховатость обработанной поверхности - с увеличением подачи увеличивается высота гребешков. Опытами установлено, что высота микронеровностей

особенно интенсивно возрастает при значениях цодач 0,6 - 0,7 мм/об. С уменьшением подачи шероховатость обработанной поверхности вначале снижается очень быстро, а затем ее снижение замедляется. При работе резцов на подачах менее 0,1 мм/об шероховатость почти не изменяется. Практически при работе резцами шероховатость менее $R_a \doteqdot 1,0 - 1,5$ мкм получить невозможно, сколько бы ни уменьшали подачу. Причина этого в том,' что при малых подачах большую роль в образовании шероховатости играют риски, образованные заточным кругом на передней и задней поверхностях инструмента, а также пластические деформации и неравномерность подачи. Так, у доведенных, например алмазным кругом, твердосплавных инструментов шероховатость режущей кромки составляет 2 - 3 мкм. При работе таким инструментом эта шероховатость копируется на обработанной поверхности, от подачи не зависит, а следовательно, с уменьшением подачи не изменяется.

Жесткость системы СПИД. По мере затупления инструмента поверхность соприкосновения обрабатываемой детали с его задними поверхностями увеличивается, трение становится больше, упругие деформации повышаются, шероховатость на обработанной поверхности возрастает.

Применение смазывающе-охлаждающей жидкости уменьшает трение инструмента о поверхность обрабатываемой детали. Наибольший эффект оказывает смазка при съеме тонких стружек с малыми скоростями резания, например, при протягивании, развертывании, нарезании резьбы, т. е. тогда, когда трение обрабатываемой поверхности о заднюю поверхность инструмента вследствие малой толщины срезаемого слоя особенно велико и способствует образованию микронеровностей.

Глубиня резания практически не влияет на шероховатость поверхности.

На основании сказанного следует вывод о необходимости доводки передних и задних поверхностей инструментов, выполняющих окончательную обработку (отделочную операцию механической обработки).

5.4. Физические изменения поверхностного слоя

При обработке резанием поверхностный слой металла претерпевает изменения. В тонком поверхностном слое детали возникает наклеп, который по своей структуре и свойствам резко отличается от основного Металла. Слой становится более твердым, но менее пластичным. Большей способностью к наклепу обладают пластичные металлы, меньшей - хрупкие. Например, серый чугун почти не подвержен наклепу.

Степень и глубина наклепа при различных способах обработки неодинаковы: при точении наклеп распространяется На глубину до 1 мм, при развертывании - на 0,1 - 0,2, при шлифовании - на 0,12 - 0,08 мм.

В наклепанном поверхностном слое металла возникают сжимающие остаточные напряжения, в результате че!?о значительно повышаются износостойкость, коррозионная стойкость и усталостная прочность деталей. Поэтому в машиностроении широко

применяют различные методы специальной упрочняющей технологии: обработку или раскатку роликами, дробеструйную обработку, калибрование. Упрочнять поверхностный слой наклепом целесообразно у деталей машин, воспринимающих переменные по величине и направлению нагрузки. Срок службы деталей с искусственно наклепанным поверхностным слоем повышается в несколько раз.

При шлифовании поверхностного слоя на нем особенно сильно сказывается тепловое воздействие. Зерна абразива врезаются в обрабатываемую поверхность со скоростью 35 - 40 м/с, в результате чего она быстро нагревается до 800 - 900°С .

Интенсивный нагрев при шлифовании закаленных деталей вызывает структурные изменения в их поверхностном слое, снижает твердость и износостойкость, способствует появлению трещин и других пороков. У незакаленных сталей структура поверхностного слоя при шлифовании, как и при других процессах резания, не изменяется, получается только небольшой наклеп.

5.5. Назначение шероховатости поверхности для различных соединений

Назначая параметры шероховатости, можно руководствоваться следующими ориентировочными указаниями:

1) для свободных несопрягаемых поверхностей чугунных и стальных деталей, когда обработку производят для получения номинальных размеров и удаления излишка материала, можно ограничится шероховатостью R_a = 6 мкм и даже 12 мкм; для цветных сплавов в этом случае обычно принимают R_a = 3,2 мкм;

2) для неответственных деталей, размеры которых приняты по конструктивным соображениям, можно принимать шероховатость R_a = 6,3 - 3,2 мкм, если детали работают'в условиях, не вызывающих вибраций, и не подвержены значительным растягивающим усилиям;

3) для стальных деталей, испытывающих сравнительно небольшие напряжения на наружной поверхности, следует назначать шероховатость R_a = 6,3 мкм;

4) для подвижных соединений с прямолинейным непродолжительным перемещении при небольшой скорости и невысоких нагрузках и для неподвижных ответственных соединений назначают шероховатость R_a = 6,3 мкм;

5) для шеек валов, втулок и других деталей, учавствующих во вращательном движении и работающих с небольшой нагрузкой при незначительной скорости, а также для неответственных деталей, работающих на растяжении, можно ограничиться шероховатостью R_a = 1,25 мкм; для деталей, работающих на больших скоростях вращения, а также для ответственных деталей, работающих на растяжение (например, стяжные болты поршевых компрессоров), для уплотняющих колец, подвижных соединений с прямолинейным перемещением со значительной скоростью и нагрузкой следует назначать шероховатость R_a = 0,63 - 0,32 мкм;

6) для тяжело нагруженных опор, цапф, шеек валов, штоков и скалок, работающих с уплотнениями, назначают шероховатость йоверкности R_a = 0,32 - 0,08 мкм;

7) для "подвижных сопряжений в условиях высоких

скоростей и давлений назначают шероховатости поверхности R_g = 0,16 - 0,04 мкм и даже 0,02 мкм.

Приведенные ориентировочные указания по назначению шероховатости поверхностей деталей машин можно уточнять и следует выбирать для каждого материала в зависимости от функций и эксплуатационных условий работы деталей.

5,6. Технологичность конструкций машин и их деталей

Один из основных показателей качества машин, а следовательно, и деталей - технологичность их конструкций.

Технологичностью конструкции называется степень соответствия конструкций оптимальным производственным условиям ее изготовления при данном масштабе производства.

Применительно к машине технологичность конструкции характеризуется двумя группами показателей. К первой группе относятся показатели эксплуатационных качеств машины - производительность, надежность, долговечность, функциональное соответствие в ремонтопригодности.

Эксплуатационная надежность машины характеризует вероятность того, что на протяжении определенного заданного времени в определенных условиях эксплуатации машина будет безотказно выполнять свои служебные функции. Надежность машины является одним из основных количественных критериев ее качества. Надежность может характеризоваться коэффициентом работоспособности

$$^{k}P = \mathbf{W}(*b.p + t_{np}), \qquad (112)$$

где t_{Bp} - время безотказной работы машины, ч; t_{np} - время простоев машины из-за плановых ремонтов, наладки и аварийных ремонтов, *ч.* Отсюда видно, что надежность машины закладывается при проектировании, обеспечивается в процессе изготовления и поддерживается в эксплуатационных условиях.

Долговечностью называется время, в течении которого машина в нормальных условиях эксплуатации выполняет свои служебные функции до предельного износа, т. е. до первого капитального ремонта или до замены ее новой.

Ремонтопригодностью машины называется степень ее приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонта с определенной затратой времени на их выполнение.

Ко второй группе критериев оценки технологичности машины относятся показатели экономичности производства - металлоемкость, трудоемкость, длительность производственного цикла и общие затраты на изготовление. Различают *металлоемкость* конструктивную и технологическую. Характеристикой конструктивной металлоемкости является отношение массы машины к мощности ее привода или другому основному параметру технической характеристики. Показателем технологической металлоемкости служат коэффициент использования металла $к_и$ по отношению к детали:

$$к_и - q/Q, \qquad (US)$$

где q - масса детали, кг; Q - масса заготовки, кг.

Технологичной называется такая конструкция, которую можно изготовить наиболее производительными методами, обеспечивающими ее минимальные металлоемкость и трудоемкость при соблюдении заданных технических требований к ней.

Металлоемкость и *трудоемкость* изготовления детали или машины зависят не только от конструкции, но и в значительной степени от выбранного технологического процесса, 'его оснащенности и режимов обработки. Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления машины, тем более она технологична. Следовательно, технологичность данной конструкции определяется как отношение трудоемкостей изготовления других конструктивных вариантов этой машины к трудоемкости ее изготовления в аналогичных, сопоставимых производственных условиях.

Обозначим: к, и $к_2$ - технологичность конструкций двух конструктивных вариантов; Т, и $Т_2$ - трудоемкость их изготовления при одинаковых производственных условиях и равных количествах выпуска. Тогда технологичность 1-го варианта

$$k, = (T,/T_2)к_2 = тк_2 , \qquad (114)$$

где т - коэффициент, характеризующий технологичность 1-го конструктивного варианта. Если конструктивных вариантов не два, а n, причем трудоемкость га-го варианта $Т_п$, то коэффициенты технологичности

$$m, - T /T, ; m_2 - T /T_2 \dots m_n, = T_„ /T \qquad (115)$$

Общую трудоемкость изготовления машины рассматривают как сумму трудоемкостей изготовления отдельных ее деталей и определяют только после разработки технологии производства, т.е. уже после создания ее конструкции.

Оценивать технологичность деталей и узлов машины следует в процессе изготовления, выполняя технологический контроль, рабочих чертежей и внося При необходимости соответствующие конструктивные изменения. При этом нужно исходить из того, что в технологической конструкции должны быть обеспечены:

1) такая форма деталей, которая способствует применению прогрессивных методов производства заготовок с наименьшими припусками и минимальным числом обрабатываемых поверхностей;

2) наименьшая масса деталей и машины в целом;

3) наименьшее число наименований материалов, применяемых *в конструкции* машины;

4) взаимозаменяемость деталей и узлов с оптимальными допусками;

5) соответствие конструкции деталей условию выполйения наиболее трудоемких оЦераций с минимальными затратами;

6) большая жесткость конструкции деталей для достаточной их устойчивости при обработке, исключающая вибрации и позволяющая применять высокие режимы резания;

7) допустимость обрабатываемых поверхностей для

режущего инструмента, а также для наблюдения и контроля в процессе обработки;

8) наличие у деталей поверхностей, которые могут служить удобными и надежными базами для обработки и исключают необходимость использовать вспомогательные базы, требующие, как правило, дополнительных операций обработки;

9) целесообразная степень точности и шероховатости поверхностей, отвечающих требованиям эксплуатации;

10) максимальная стандартизация и унификация как деталей, так и отдельных элементов - диаметров, резьб, посадок, элементов зацепления зубчатых и червячных передач и др.

Стандартизация и унификация деталей и узлов повышает серийность производства, уменьшают объем проектных работ, позволяют использовать стандартные инструменты и приспособления, сокращают применение специальных инструментов и приспособлений. Для оценки степени унифицированности конструкции пользуются коэффициентом унификации

$$k_Y = n_Y/(n_Y\ 4\text{-}\ nj, \qquad (116)$$

где n_Y - число унифицированных и стандартных деталей; $п_0$ - число оригинальных деталей.

Основная задача унификации заключается .в том, чтобы свести число оригинальных деталей $п_0$ к минимальному без ущерба для эксплуатационных показателей машины. Чем больше коэффициент унификации k_Y, тем технологичнее конструкция машины. Повышение степени унификации конструкции снижает затраты не только на изготовление машин, но и на их эксплуатацию, так как способствует централизованному получению деталей и узлов для замены изношенных.

В любой машине все детали можно сгруппировать по классам в зависимости от конструктивных признаков, общности технологических процессов изготовления, классов точности и других показателей и в соответствии с этим установить коэффициент унификации деталей для каждого класса. Средний коэффициент унификации деталей всей машины определится как среднее арифметическое суммы отдельных значений коэффициентов унификации по классам:

$$k_{Y\,CP} =(1/x)\ S\ n_Y\ /(п.\ +\ п¥), \qquad (117)$$

где х - число классов, по которым сгруппированы детали машины.

Г л а в а 6. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

6.1. Технологическая характеристика деталей, имеющих форму тел вращения

Детали, имеющие форму тел вращения, длина которых больше диаметра, называют *валами.* К ним относятся различные валы, валики, ролики, оси, плунжеры, штоки, пальцы, цапфы и другие

детали, обрабатываемые в основном по наружной поверхности вращения (цилиндрической, а иногда конической) и по нескольким торцевым.

Детали, у которых длина (ширина) значительно меньше диаметра, называют *дисками*. К ним относятся диски, шкивы, маховики, скаты электровозов и вагонеток, кольца, фланцы и другие детали небольшой длины, имеющие-относительно большие торцевые поверхности.

Втулки, вкладыши, гильзы, буксы и другие детали, характеризующиеся наличием наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, относятся к деталям типа *втулок*.

Технологические процессы изготовления валов, дисков, втулок изменяются в зависимости от их формы, размеров, массы, вида применяемых заготовок, типа производства и т. д. Однако в технологических процессах изготовления почти всегда можно выделить типичные операции, которые сохраняются для больших групп деталей. Поэтому типизация процессов обработки создает благоприятные условия для выполнения операций с наивысшей производительностью и требуемой точностью. При проведении работ по классификации деталей на группы и типизации процессов обработки учитываются конкретные производственные условия, в том числе имеющееся оборудование и возможность обработки на этом оборудовании деталей определенной формы, размеров и массы.

Токарную обработку деталей, имеющих форму тел вращения, применяют трех видов - черновую (обдирочную), чистовую и чистовую тонкую (см. табл. 4). Обрабатывают эти детали на различных станках - токарно-винторезных, токарно-револьверных, многорезцовых, токарно-карусельных, одношпиндельных и многошпиндельных токарных полуавтоматах и автоматах.

В машинах и оборудовании для горной промышленности широко применяют различные конструктивные разновидности валов - гладкие, ступенчатые, с фланцами, с буртами, коленчатые, сплошные и полые с центральным гладким или ступенчатым отверстием. Валы каждой группы различают: по размерам - мелкие, средние и крупные; по массе - легкие, средние и тяжелые. Ступени валов могут иметь шпоночные пазы, шлицы или резьбу. При переходе от одной ступени к другой предусматривают галтели. В тех случаях, когда ступень меньшего диаметра служит для установки подшипника качения, при переходе от одной ступени к другой целесообразно предусматривать канавки. Для достижения концентричности ступеней обрабатывать вал следует с одного установа заготовки.

Токарную обработку нежестких валов ($l = 12d$) ведут с применением люнетов (см. рис. 1.39). Это требует дополнительного времени на обточку вспомогательной шейки (при неподвижном люнете), установку и перестановку люнета в процессе обработки.

Фрезерование шпоночных пазов и шлицев для обеспечения их параллельности оси вала производят с установкой вала в центрах. Установку на призмах применяют при условии точной обработки базовых шеек вала относительно оси центровых гнезд.

Жесткие допуски по длине ступеней валов можно получать

автоматически, применяя параллельную подрезку торцов Предварительно установленными на размер резцами. При обработке валов в центрах с использованием упоров для выключения суппорта передней центр должен быть плавающим. В противном случае колебания в размерах центровых отверстий будут вносить погрешности в размеры по длине ступеней.

6.2. Обработка гладких и ступенчатых валов

Гладкие валы. Технология обработки гладких валов и выбор оборудования зависят от конфигурации, размеров и жесткости деталей, а также от типа производства. Наружные поверхности валов в единичном или мелкосерийном производстве обрабатывают на токарных станках общего назначения. В крупносерийном и массовом производствах широко применяются многорезцовые токарные полуавтоматы и автоматы.

Обрабатывая гладкие валы из калиброванного проката 9-го и 11-го квалитетов точности, обычно придерживаются следующего технологического маршрута: 1) отрезка заготовки по длине и выполнение концевых фасок на многошпиндельных или одношпиндельных отрезных автоматах либо на токарных отрезных станках (в зависимости от заданной программы выпуска деталей); центровка заготовки; 2) обточка поверхности вращения на токарном станке либо предварительная шлифовка заготовки на безцентрово-шлифовальном станке; 3) фрезеровка закрытых шпоночных пазов на шпоночно-фрезерных станках, например модели 692А, а открытых шпоночных пазов - на горизонтально-фрезерных станках; обработка пазов под сегментные шпонки на специальных станках или на фрезерных станках дисковыми фрезами; 4) сверловка поперечных отверстий на одно- или многошпиндельных сверлильных станках (в зависимости от числа отверстий и заданной программы); 5) термическая или химико-термическая обработка, электролитическое осталивание и электроискровое наращивание; если эти виды обработки предусмотрены технологическим процессом; 6) чистовая шлифовка после термо- или электрообработки. Выбор технологического варианта токарной обработки вала зависит прежде всего от типа производства и требований, предъявляемых техническими условиями на изготовление деталей данного типа.

Поскольку экономическая точность обработки на токарных станках не превышает 8-го квалитета, то поверхности вращения стальных и чугунных деталей точностью выше 8-го квалитета предварительно обтачивают или" шлифуют, а окончательную точность размеров обеспечивают чистовым шлифованием. Чистовую токарную обработку в качестве окончательной операции применяют при обработке единичных или крупных деталей, когда использование шлифовальных станков неэкономично или затруднительно из-за особой конфигурации деталей.

Машинное время'при токарной обработке, мин,

$$T_м = (l/nS_0)(z/t), \qquad (118)$$

где 1 - расчетная длина обработки, мм; п - частота вращения

шпинделя, об/мин; S_0 - подача, мм/об; z - общий припуск на обработку, мм; t - глубина резания, мм. Частота вращения шпинделя

$$n = 1000v/Vtd, \qquad (119)$$

где v - скорость резания, м/мин; ***d*** - диаметр обрабатываемой детали, мм.

Величины v, S_0, z и ***t*** выбирают по справочникам или рассчитывают аналитически.

Для уменьшения машинного времени обработки выгодно работать с максимально допустимыми скоростью резания, глубиной резания и подачей; наивыгоднейший вариант - съем припуска за один проход. Выбирая скорость резания, нужно учитывать экономическую стойкость резца, которая в среднем не должна быть ниже 60 мин машинного времени. Скорость резания принимают в зависимости от обрабатываемого материала, материала и геометрических параметров режущей части резца, глубины резания, подачи и стойкости резца. Средняя скорость резания при точении стали твердосплавными резцами составляет 80 - 200 м/мин. Сейчас многие токари работают на повышенных скоростях резания, чему способствовало совершенствование геометрии режущей части резцов и применение новых марок твердых сплавов. Повышая скорость резания и соответственно снижая машинное время обработки, следует уменьшать вспомогательное время. Если удельный вес машинного времени в общем времени, затрачиваемом на обработку детали, сравнительно невелик, то повышение режимов резания при постоянном вспомогательном времени скажется на росте производительности труда при механической обработке незначительно.

Ступенчатые валы. Токарную обработку ступенчатых валов можно выполнять на одно- и многорезцовых станках общего и специального назначения.

Обрабатывая валы на предварительно настроенных станках, широко пользуются упорами и автоматическими установами, причем все валы данной партии при установке их на станке должны занимать строго определенное положение относительно системы упоров. Такую установку деталей можно обеспечить точным изготовлением центровых гнезд ^по глубине или применением плавающего центра в передней бабке. В последнем случае положение левого торца вала определяется не центром, а торцом поводковой планшайбы или патрона, к которому прижимается торец вала.

Схемы обработки ступенчатого вала (рис. 1.58) различны. Общая длина $l_р$ рабочего хода резца, как и длина холостых перемещений, зависит от принятой схемы обработки. Выбор той или иной схемы определяется подсчетом машинного и вспомогательного времени обработки. Наименьшая длина рабочего и холостого ходов инструмента получается при работе по схеме, когда ступени вала обтачиваются в одном направлении и за один установ вала, т. е. когда $l = l_1 + l_2 + l_3$ (рис. 1.58, *а*).

Двусторонний ступенчатый вал обрабатывают за два установа: сначала обтачивают одну сторону, затем - другую.

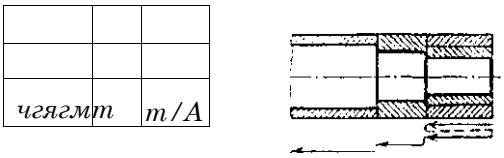


Рис. I. 58. Схемы обработки ступенчатого вала:
а - последовательная за один проход каждой ступени; б - за два прохода первой ступени; в - с после прохождения третьей ступени; г - с возвратом после каждой ступени

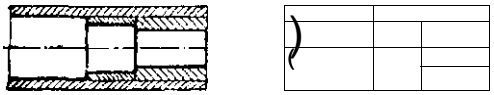
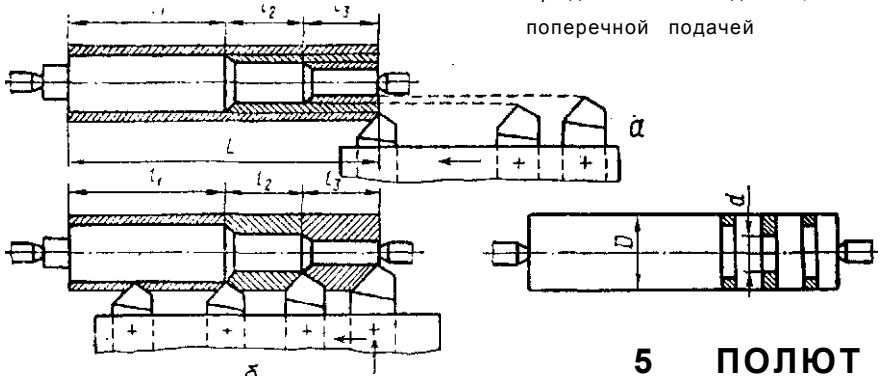


Рис. I. 59. Схемы обработки ступенчатого вала:
а - продольной подачей; б - врезанием с последующей продольной подачей; в поперечной подачей



5 ПОЛЮТ

В серийном и массовом производствах для токарной обработки ступенчатых валов применяют полуавтоматы многорезцовые (1720, 1730) и гидрокопировальные (1712, 1722, МК-63 и,др.). На многорезцовых станках ступенчатые валы можно обтачивать следующими способами: продольной подачей (рис. 1.59, *а);* врезанием с последующей продольной подачей (рис. 1.59, *б);* поперечной подачей (рис. 1.59, *в).* Во всех случаях все резцы должны заканчивать обработку одновременно. При обработке ступенчатого вала по схеме рис. 1.59, а резцы вступают в действие поочередно. Длина прохода резца 1 равна сумме длин всех обтачиваемых ступеней, т. е. $1_р = 1, + 1_2 + 1_3$.Такой способ многорезцовой обработки применяется редко, так как длина прохода получается значительной. При обработке с врезанием (рис. 1.59, б) длина прохода значительно уменьшается, что обеспечивает более высокую производительность. Обточка с поперечной подачей суппорта (рис. 1.59, *в)* применяется при обработке коротких цилиндрических, конических и фасонных шеек специальными резцами. По сравнению с двумя предыдущими схемами длина хода суппорта получается наименьшей.

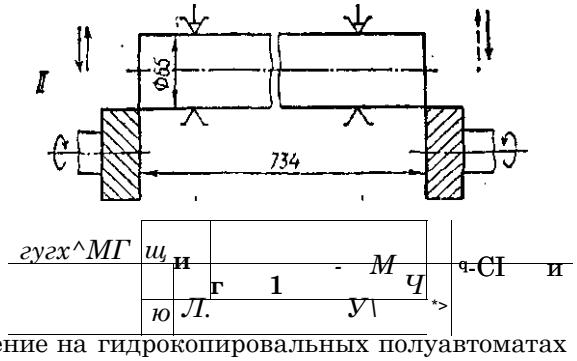


Рис. I. 60. Схема наладки фрезерно-центровального полуавтомата на обработку оси шахтной вагонетки

Продольное точение на гидрокопировальных полуавтоматах производится одним резцом, закрепленным в копировальном суппорте. Кроме копировального, эти станки имеют один или два поперечных суппорта для подрезки торцов, выточки канавок и обточки фасок. Хотя такое точение выполняется только одним резцом, производительность его может быть выше, чем производительность многорезцового полуавтомата, вследствие высоких режимов резания и меньших потерь времени на смену инструмента и подналадку станка. Точность обработки на гидрокопировальных полуавтоматах выше, чем на многорезцовых полуавтоматах: после чистовой обработки на гидрокопировальных полуавтоматах диаметральные размеры жестких валов получаются по 8-му квалитету точности, тогда как многорезцовых - по 11-му.

Токарной обработке валов на многорезцовых станках обычно предшествует фрезерно-центровальная операция, которая выполняется на фрезерно-центровальных станках или полуавтоматах. На рис. 1.60 показана схема наладки фрезерно-центровального полуавтомата МР-76 на обработку оси шахтных вагонеток, изготовляемЬй крупными сериями. Полуавтомат трехпозиционный барабанного типа. Позиция I (на рисунке не показана) служит для установки и съема заготовки. В позиции *II* фрезеруются торцы заготовки, в позиции *III* - сверлятся центровые отверстия. В следующую позицию заготовка переводится поворотом барабана на 120° при неизменном закреплении заготовки. Машинное время обработки определяется временем фрезерования торцов.

Токарная обработка шеек оси выполняется на гидрокопировальных полуавтоматах МК-63 (рис. 1.61): черновая и чистовая обработки - на отдельных станках за два установа. Резец, установленный в резцедержателе копировального суппорта, обтачивает цилиндрические ступени, фаски и радиусы по копиру. Кольцевая канавка диаметром 37,5 мм и шириной $6^{+0,5}$ мм протачивается при поперечной подаче резца подрезного суппорта. После токарной обработки диаметральные размеры контролируют предельными калибрами-скобами, а размеры по длине оси - шаблонами.

6.3. Обработка тяжелых валов

Валы диаметром более 200 мм и массой свыше 1000 кг условно считают тяжелыми. Их конструктивные разновидности и

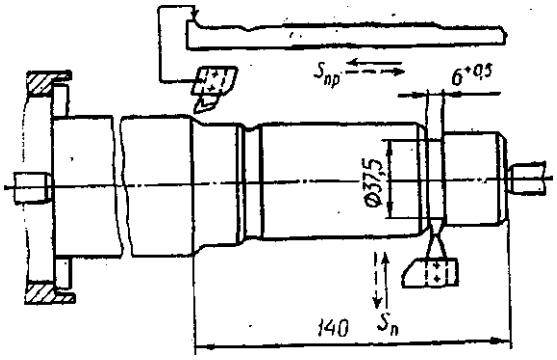


Рис. I. 61. Схема наладки гидрокопировального полуавтомата на чистовую обработку шейки оси шахтной вагонетки

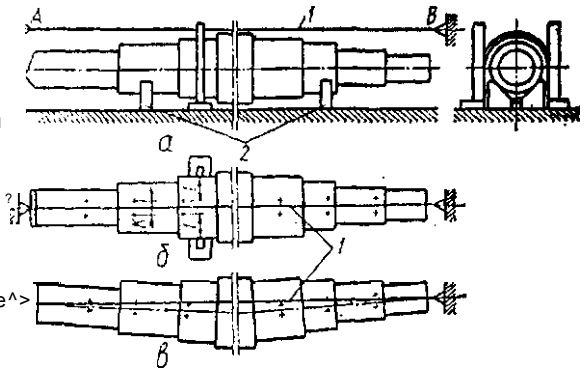


Рис. I. 62. Разметка тяжелого вала:
а - установка заготовки вала для разметки; б - заготовка, годная для обработки; в - заготовка, подлежащая правке; 1 - струна; 2 - регулируемые^> призмы

технические требования на изготовление мало отличаются от таковых для обычных валов. Особенности технологии механической обработки тяжелых валов заключаются в том, что перед обработкой заготовку размечают, проверяя ее пригодность к обработке, получая пересечение рисок центрового гнезда в одном из торцов вала и риски выверки заготовки при установке на станке.

Размечают крупные валы (рис. 1.62) на металлическом плиточном настиле: вмонтированном в пол цеха, или на разметочной плите, если позволяют размеры заготовки. Перед разметкой заготовку укладывают и ориентировочно выверяют по горизонтали на регулируемых призмах *2.* Верхнюю и одну боковую части заготовки окрашивают мелом. Последовательно к каждой ступени прикладывают с обеих сторон угольник и откладывают на верхней части заготовки размер $I = d/2 + z_{4MC}$ (где d - нормальный диаметр шейки вала по чертежу, мм; $г_{цис}$ - припуск на сторону на чистовую обработку вала, мм). Размер К, остающийся между отмеченными точками, дает припуск на черновую обработку в этом сечении. Натянутая струна АВ определяет положение прямой оси. Если струна выходит за пределы размера К, то заготовку необходимо подвергнуть горячей правке и повторной разметке. Положение струны отмечают керном у торца, на котором будет произведена центровка. На этот торец наносят вертикальную риску. Затем поворачивают заготовку на 90° и размечают вторую вертикальную риску. Точку пересечения рисок накернивают под

центровку. Обычно делают центровку одного конца, так как другой конец заготовки зажимается в кулачках патрона. Центровые отверстия в торцах тяжелых валов сверлят, как правило, на конус с углом 90°.

Обтачивается заготовка на станке за несколько установов. При первом установе один ее конец зажимается в кулачках патрона, а другой поджимается центром задней балбки. Затем заготовку выверяют рейсмусом по разметочным рискам, нанесенным на наружной поверхности, и обтачивают шейки под люнеты, расстояние между которыми не должно превышать 12d.

При последующей обработке вал закрепляют кулачками патрона и устанавливают в люнеты. Вначале вал обрабатывается с одной стороны, а затем - после переустановки - с другой. При каждом новом установе заготовку выверяют индикатором для уменьшения биения наружных поверхностей.

Окончательная обработка шеек по 6-му и 7-му квалитетам производится на шлифовальных станках или на токарных специальным широким пружинящим резцом, обеспечивающим R_a= = 2,5 : 1,0 мкм.

После окончательной обработки шеек выполняют точение галтелей и при необходимости обкатывают их роликом. Поскольку тяжелые валы могут прогибаться от собственного веса, то расстояние между опорами при транспортировки и хранении должно исключать прогиб.

6.4. Способы отделки наружных поверхностей вращения

Отделку наружных поверхностей вращения можно осуществлять следующими способами, обеспечивающими высокие квалитеты точности и низкую шероховатость: 1) лезвийными инструментами (тонким обтачиванием, тонким фрезерованием мелкозубыми фрезами, протягиванием);

2) абразивными инструментами (шлифованием, хонинго- . ванием, суперфинишированием, притиркой, полированием);

3) металлическими инструментами без съема стружки (ротационным обжатием, обкаткой роликами, наклепыванием шариками).

Тонкое обтачивание выполняется резцами, оснащенными пластинками твердого сплава, при высоких скоростях резания и малых сечениях стружки на жестких точных станках с хорошо отбалансированными вращающимися частями. При тонком обтачивании получают 6-й квалитет точности и шероховатость R = = 0,63 : 0,32 мкм.

Тонкое фрезерование при обработке деталей из цветных сплавов наряду с тонким обтачиванием во многих случаях оказывается более целесообразным, чем шлифование, так как при шлифовании этих металлов круги засаливаются.

Протягиванием можно обрабатывать внешние поверхности на особых вертикальных протяжных станках. Деталь, медленно вращающаяся вокруг горизонтальной оси, обрабатывается зубьями плоской или фасонной протяжки, перемещающейся перпендикулярно к оси обрабатываемой детали. Этот способ мало распространен из-за высокой стоимости инструментов и весьма

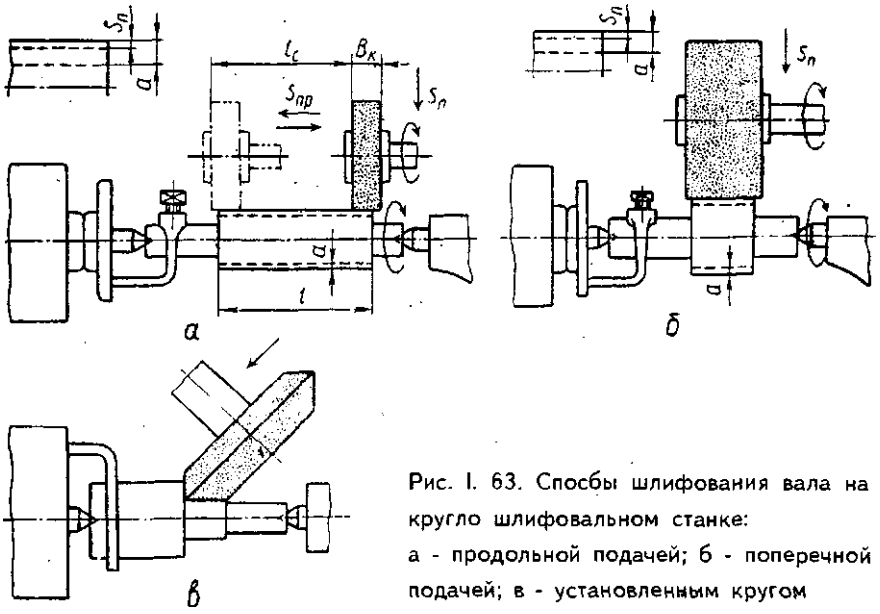


Рис. I. 63. Способы шлифования вала на кругло шлифовальном станке:
а - продольной подачей; б - поперечной подачей; в - установленным кругом

узкого диапазона технологических возможностей таких станков.

Шлифование - наиболее распространенный способ окончательной обработки точных поверхностей вращения. Для валов применяют круглое наружное и бесцентровое шлифование, обычно разделяемое на две операции - предварительную и чистовую. Применяют три способа шлифования валов на круглошлифовальных станках (рис. 1.63): продольной подачей (на проход), поперечной подачей (врезанием) и установленным кругом (глубинным шлифованием).

Шлифование способом продольной подачи (рис. 1.63, а) рекомендуется применять при обработке поверхностей большой длины. При этом машинное время, мин,

$$T_м = (21_c/nS_{пр})(a/S_п)k, \qquad (120)$$

где 1_c - длина продольного хода стола, мм; при шлифовании на проход $1 = 1 - (0,2 - 0,4)B_К$, при шлифовании в упор $1_С = 1 - (0,4 - 0,6)$ $B_к$; Г- длина шлифуемой поверхности, мм; $B_к$ - ширина круга, мм; п - частота вращения детали, об/мин; S - продольная подача, мм/об; при черновом шлифовании $S_{пр} = (0,7 - 0,8)$ В , при чистовом шлифовании $S_{пр} = (0,2 - 0,4)$В ; а - припуск на сторону, мм; $S_п$ - поперечная подача на двойной ход стола (глубина шлифования), мм; к - коэффициент, зависящий от чистоты обработки; для предварительного шлифования к = 1,2 - 1,4, для окончательного шлифования к = 1,25 - 1,7.

Шлифование поперечной подачей (врезанием) (рис. 1.63, б) отличается высокой производительностью, особенно при обработке профильным кругом или набором кругов, когда

несколькими кругами одновременно шлифуются несколько шеек вала. В массовом производстве могут применяться наладки с набором из восьми - десяти кругов. Ширина шлифуемой поверхности при этом способе меньше ширины шлифующего круга. Поэтому необходимости в продольной подаче нет, а поперечная подача действует непрерывно в течение всего процесса шлифования. Машинное время, мин, при круглом шлифовании способом врезания

$$T_м = (a/nS_n)k, \qquad (121)$$

где S_n - поперечная подача, мм/об; к = 1,2 - 1,3 - для предварительного и окончательного шлифования.

При *шлифовании установленным кругом* (рис. 1.63, *в)* последний настраивают на полную глубину снимаемого припуска. Деталь медленно перемещается на всю длину шлифуемой поверхности, а затем возвращается в исходное положение. Передняя часть круга имеет небольшой заборный конус длиной - 6 - 12 мм. Иногда ставят два склеенных или стянутых круга. Первый круг - конический для предварительного шлифования.

Точность шеек вала после шлифования зависит от состояния центровых гнезд вала и центров станка. Поэтому перед чистовым шлифованием часто при помощи абразивного конусного круга или притира центровыми гнездами придают правильные формы конуса и угол конусности.

Хонингование поверхностей вращения заключается в обработке их абразивными брусками, которые помещены в колодки, связанные разжимными скобами. Такой способ обработки применяется ограниченно, например при отделке шеек коленчатых валов автомобилей.

Суперфинишировaние состоит в том, что с поверхности вращающейся детали металл снимает весьма мелкозернистыми (зернистость 400 - 600) абразивными брусками, перемещающимися непрерывно и медленно вдоль образующей обрабатываемой поверхности. Одновременно бруски совершают короткие (2 - 3 мм) возвратно-поступательные (осциллирующие) движения. При суперфинишировании можно достичь очень низкой шероховатости (R_a = 0,16 - 0,020 мкм).

Притирка наружных поверхностей вращения производится притиром - инструментом с нанесенной на его поверхность пастой из мелкого абразивного порошка, смешанного со связующей жидкостью. Чаще всего притиры изготовляют в виде брусков из чугуна или бронзы. Для притирки применяют абразивные порошки (наждак, корунд, оксид хрома), смешанные с маслом. По производительности лучшие результаты дает применение пасты ГОИ, состоящей из оксида хрома и химически активных веществ. Притиркой можно достигнуть 5-го квалитета точности R_a = 0,050 мкм.

Полирование осуществляется кругом из войлока, Парусины, фетра или кожи с нанесенным на него мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазкой. Вместо полированных кругов применяют абразивные лиг.ти. Полированием достигается низкая шероховатость - 0,025 мкм, но не обеспечивается высокая точность

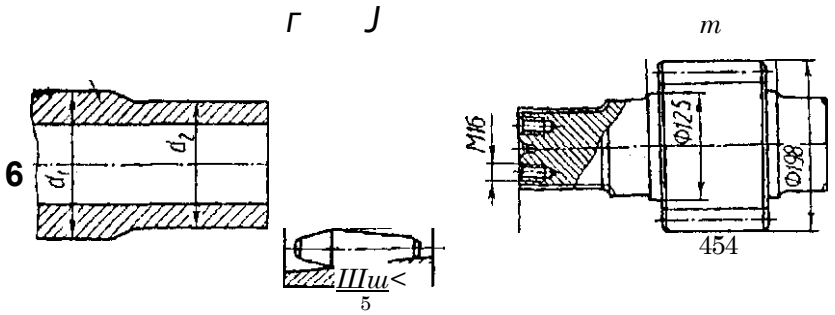


Рис. I. 64. Схема ротационного обжатия:$p_{ис}$. |. 65. Вал-шестерня угольного
1 - деталь; 2 - ролик; 3 - сепаратор комбайна БК-52

и не исправляются погрешности формы, полученные на предыдущих операциях.

Ротационное обжатие относится к наиболее прогрессивным методам чистовой обработки незакаленных наружных поверхностей вращения путем их пластического деформирования обкатывающими роликами. Этот способ отделки широко применяют для чистовой обработки штоков гидродомкратов, плунжеров гидростоек шахтных механизированных крепей и других деталей горного оборудования.

Обрабатываемую деталь 1 (рис. 1.64) диаметром d, закрепляют в патроне токарного станка и приводят во вращение. Обжатие ее до заданного диаметра d_2 осуществляется коническими роликами 2, имеющими продольную подачу S. В процессе обработки поверхностный слой детали получает остаточные деформации, гребешки микронеровностей частично сглаживаются, качество поверхности улучшается. Установочный диаметр d_3 можно регулировать в небольших пределах, перемещая ролики в осевом направлении по конической поверхности сепаратора 3. Исходный диаметр заготовки d, рассчитывают с учетом пластических свойств материала детали и окончательно принимают по результатам опытной проверки. Установочнй диаметр роликов d_2 принимают на 150 - 250 мкм меньше окончательного диаметра детали d_3 с учетом упругих деформаций многороликовой обкатной головки и обрабатываемой детали. Обработка детали происходит за один проход с применением смазывающе-охлаждающей жидкости.

Применение ротационного обжатия деталей большой длины вместо чистовой обработки абразивными методами позволяет в 4 - 6 раз повысить производительность труда, получить шероховатость 0,20 - 0,05 мкм и обеспечить более высокую износостойкость деталей.

Основными элементами режима ротационного обжатия является: усилие деформирования, подача головки и скорость обкатывания. Усилие деформирования рассчитывают в зависимости от прочностных и пластических свойств обрабатываемого материала и площади контакта. Скорость обкатывания принимают в пределах 60 - 100 м/мин, подачу - в интервале 0,16 - 0,5 мм/об.

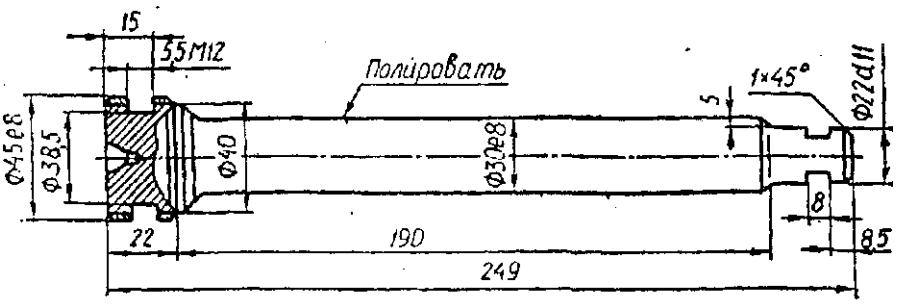


Рис. I. 66. Поршень гидроцилиндра угольного комбайна БК-52

6.5. Примеры обработки деталей горных машин типа валов

1. Заготовку для вала-шестерни угольного комбайна БК-52 (рис. 1.65) получают штамповкой из стали 25Х2ГНТА. Масса вала-шестерни - 49 кг. В крупносерийном производстве такую деталь обрабатывали бы на многорезцовых станках. В мелкосерийном производстве обработку выполняют на токарно-винторезном станке в центрах с применением универсальных режущих инструментов.

Обработка вала-шестерни содержит следующие операции: 1) подрезку и центровку торцов; 2) черновую и чистовую обточку вала-шестерни; 3) фрезеровку шлицев на шлицефрезерном станке; 4) черновую и чистовую фрезеровку зубьев на зубофрезерном станке; 5) сверловку отверстий и нарезку резьбы М16 на сверлильном станке; 6) термическую обработку - цементацию и закалку до твердости 57 - 63 $HRC_э$; 7) зачистку центровых отверстий на токарном станке; 8) шлифовку посадочных поверхностей на круглошлифовальном станке.

За два установа токарной операции деталь обрабатывается с обех сторон: сначала с одной, а затем - с.другой. При больших партиях деталей, подобных рассмотренной, выгоднее обрабатывать сначала одну сторону деталей всей партии, а после этого - другую сторону деталей также всей партии.

2. Поршень гидроцилиндра угольного комбайна БК-52 (рис. 1.66) выполняют из стали 35ХГСА. Матеиал направленного слоя - латунь /162. Поскольку комбайн БК-52 выпускается небольшими сериями, то обработку деталей, в частности поршня, выполняют на универсальных станках.

Обработку поршня ведут по следующему технологическому маршруту: 1) Подрезка торцов и центровка на универсальном токарном станке; длина заготовки после подрезки больше длины детали на величину, учитывающую длину ложного центрового отверстия со стороны поверхности диаметром 22011; 2) предварительная токарная обработка заготовки поршня с двух сторон в центрах; 3) наплавка латунью Л62; 4) подрезка торца поверхности диаметром 45е8 и обновление центровых отверстий; обработка производится на токарном станке в два установа с креплением заготовки в трехкулачковом патроне; 5) чистовая токарная обработка поршня в центрах в два установа; размеры по диаметру контролируются регулируемыми скобами, а по длине - штангенциркулем; 6) разметка двух пазов на поверхности диаметром 22сМ1; 7) фрезеровка двух пазов на вертикально-фрезерном станке; поршень устанавливают в призмах и выверяют по разметке; 8) закалка поверхности диаметром 30е8 с нагревом ТВЧ на глубину 1,5 - 2 мм; твердость после закалки не менее 51$HRC_э$; 9) исправление центровых отверстий на токарном станке; 10) шлифовка поверхности диаметром 30е8 на круглошлифовальном станке; 11) полировка поверхности диаметром 30е8 на токарном станке в центрах с применением мелкозернистой абразивной ленты; 12) шлифовка поверхностей диаметром *22d11* и 45е8 на круглошлифовальном станке; 13) отрезка ложного центра на токарном станке; 14) зачистка заусенцев; 15) контроль ОТК.

6.6. Обработка отверстий

Отверстия деталей машин-наиболее часто имеют цилиндрическую форму, реже - коническую и фасонную.

Расположенные последовательно соосные отверстия различных диаметров называются *ступенчатыми отверстиями,* отверстия с отношением длины к диаметру больше пяти - *глубокими,* отверстия со шлицами на их поверхности - *шлицевыми,* а отверстия, открытые лишь с одной стороны, - *глухими.*

Точно обработать отверстие труднее, чем внешнюю поверхность вращения тех же размеров. При обработке внутренних поверхностей вращения инструмент располагается внутри отверстия. Вылет инструмента должен быть больше длины обрабатываемого отверстия. Чем меньше диаметр отверстия, тем податливее становится инструмент. Стенки детали, закрывая обрабатываемую поверхность, затрудняют отвод стружки, а также наблюдение за процессом обработки и контроль за размерами. В связи с этими особенностями обработки допуски 5 - 7-го квалитетов точности для отверстий приняты примерно в полтора раза больше, чем для валов тех же квалитетов.

Первичная обработка отверстий в сплошном металле - обычно сверление. Для отверстий 12-го и 14-го квалитетов и шероховатостью R_a=6-12 мкм сверление является и окончательной обработкой. Повысить точность обработки сверлением (до 10, 11-го квалитетов), можно, применяя кондукторные втулки.

Отверстия диаметром до 28 мм в стали и до 32 мм в чугуне сверлят за один ход. Отверстия больших размеров выполняют за два хода: сначала сверлом меньшего диаметра, а затем сверлом большего диаметра рассверливают отверстие до окончательного размера. Диаметр второго сверла не должен превышать диаметр первого более чем в два раза. При сверлении стальных деталей обязательно применяют охлаждающую жидкость - эмульсию.

Различают сплошное и кольцевое сверление. При кольцевом только часть высверливаемого материала переходит в стружку. Поскольку внутренняя часть высверливаемого материала образует стержень, то, следовательно, уменьшается расход энергии и нагрузка на сверло. Однако наличие стержня усложняет отвод стружки и затрудняет ввод и вывод поврежденного инструмента до завершения-хода. Глубокие отверстия сверлят при вращении обрабатываемой заготовки.

Точные отверстия после сверления обрабатывают растачиванием, зенкерованием, развертыванием, протягиванием, прошиванием, тонким растачиванием, шлифованием, притиркой, хонингованием, суперфинишированием и калибровкой. Технология обработки отверстия зависит от его диаметра, точности, шероховатости и длины.

Растачивание глубоких отверстий делится на черновое и чистовое и производится резцовыми головками чаще всего на жестких вертикальных расточных станках.

Зенкерование применяют как окончательную операцию при обработке отверстий 12-го и 11-го квалитетов с шероховатостью R =2,5 мкм или как предварительную операцию,

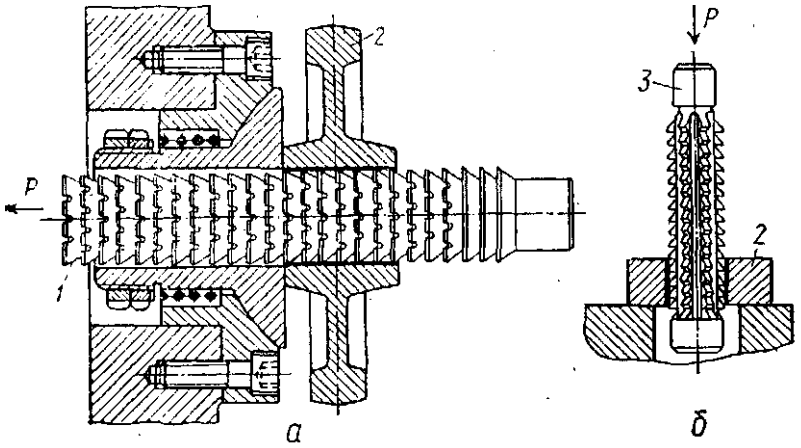


Рис. I. 67. Обработка отверстий протягиванием (а) и прошиванием (б):
1 - протяжка; 2 - обрабатываемая деталь; 3 - прошивка; Р - тяговая сила

подготовляющую поверхность отверстия для обработки развертыванием по 8-му и 6-му квалитетам точности. Зенкерованием достигается более правильная форма отверстия и направление оси, чем при сверлении.

Развертыванием часто окончательно обрабатвают отверстия 6-го и 8-го квалитетов точности. При этом смазывающее действие охлаждающей жидкости имеет особое значение. Машинные развертки разделяют на черновые и чистовые. В стальных деталях отверстия 6-го квалитета обычно обрабатывают последовательно двумя развертками - черновой и чистовой. Простая конструкция и высокие эксплуатационные качества обеспечивают разверткам широкое применение в машиностроении.

Протягивание отверстий различной формы (рис. 1.67, *а)* широко применяют в серийном и массовом производствах. Это один из прогрессивных способов обработки металлов резанием как по производительности, так и в отношении точности и шероховатости. Производительность протягивания в 8 - 9 раз выше, чем производительность обработки отверстий развертками. Протягивание осуществляют многолезвийным инструментом - протяжкой, при помощи которой легко достигается точность 6-го квалитета и шероховатость R_a= 0,63 мкм.

Отверстия диаметром менее 40 - 50 мм протягивают после сверления или зенкерования. Отверстия больших размеров предварительно обрабатывают резцами на токарных, карусельных и расточных станках. Шлицы, шпоночные канавки и другие цилиндрические поверхности, а также отверстия, полученные при литье и штамповке, обычно предварительно не обрабатываются.

Припуск на протягивание принимают от 0,3 до 1,5 мм на диаметр в зависимости от диаметра отверстия.

Машинное время, мин, при протягивании в один ход

$$T_м = (l/1000)(1/v_р + 1/v_х), \qquad \textbf{(122)}$$

где $v_р$ - скорость рабочего хода, м/мин, для каждой модели протяжного станка изменяется в широких пределах в зависимости от условий работы; $v_х$ = 10 - 20 - скорость холостого хода, м/мин, - величина постоянная для каждого типа протяжного станка;

$$1 = 1_р + 1_к + 1_з + у. \qquad (123)$$

Здесь 1 - длина хода протяжки, мм; $1_р$ - длина режущей части протяжки, мм; $1_к$ - длина калибрующей части, мм; у = 5 : 10 - перебег, мм.

Требуемое число ходов определяется отношением общего припуска *z* к припуску, снимаемому за один ход.

Для протягивания отверстий применяют горизонтальные и вертикальные станки чаще всего с гидравлическим приводом, развивающим тяговую силу 50 - 600 кН.

Прошивание (рйс. 1.67, б) применяют при обработке отверстии с небольшими припускамми и небольшой длины. Инструментом является прошивка, которая проталкивается прессом через обрабатываемое отверстие. Прошивка испытывает напряжения продольного изгиба и поэтому имеет небольшую (250 - 400 мм) длину.

Тонкое растачивание широко распространено в промышленности. Выполняют его на специальных станках, преимущественно многошпиндельных. Они отличаются высокой точностью, большой частотой вращения шпинделей (2000 - 4000 об/мин), малыми (0,02 - 0,2 мм/об) подачами, плавными гидравлическим регулированием и большой жесткостью всех элементов станка, исключающей появление вибраций.

.• . Для тонкого растачивания применяют резцы, оснащенные пластинками твердого сплава: Т30К4 - для стали, ВКЗ и ВК6 - для чугуна, ВКЗ и алмазные - для бронзы и цветных металлов. Режимы резания следующие: глубина резания 0,05 - 0,03 мм, скорость резания -100 - 300 м/мин при обработке черных металлов и 400 - 3000 м/мин при обработке цветных металлов, подача 0,02 - 0,12 мм/об. Тонким растачиванием достигаются высокие точности форм и размеров отверстий в пределах 5-го и 7-го квалитетов и низкая шероховатость поверхности (R_a = 0,32 мкм).

Внутреннее шлифование применяется для окончательной обработки закаленных поверхностей отверстий, а также тогда, когда по каким-либо причинам невозможно применить другие, более производительные способы, например для шлифования отверстия со шпоночными и шлицевыми канавками.

При шлифовании отверстий наружный диаметр $D_К$ = = (0,7 : 0,9)d (d - диаметр шлифуемого отверстия). Продольную подачу принимают в зависимости от ширины *B* круга в пределах (0,3 - 0,6)В на один оборот детали. Круги малого диаметра быстро изнашиваются, и их необходимо часто править. Окружная скорость шлифующего круга составляет 10 - 30 м/с в зависимости от диаметра. Для получения требуемой скорости резания кругу нужно сообщить большую частоту вращения. В настоящее время применяют высокоскоростные головки с частотой вращения шпинделя 8000 об/мин и более. Наибольшие размеры посадочного места круга и понижение скорости резания вынуждают вести

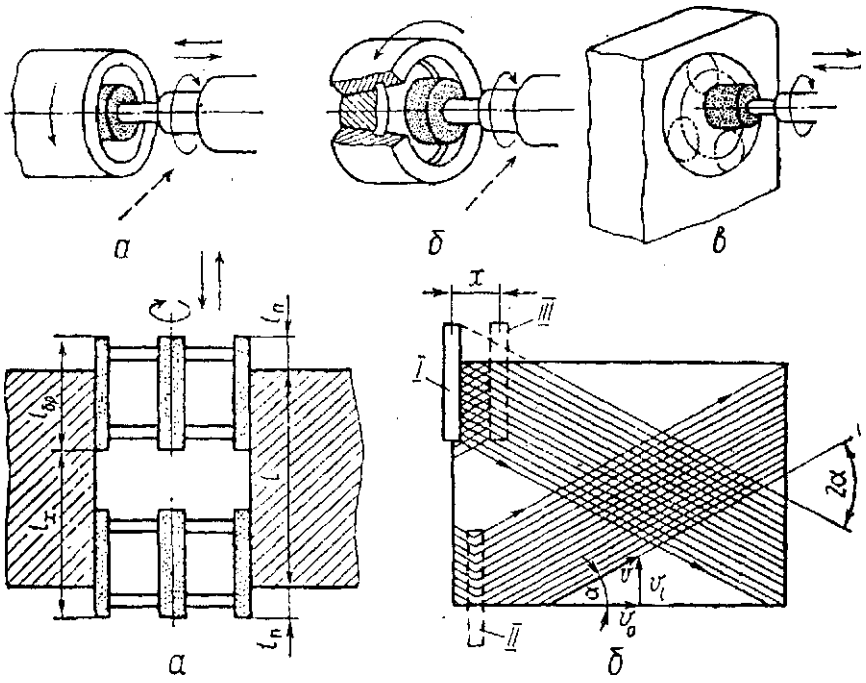


Рис. I. 68. Внутреннее шлифование:
а - продольной подачей; 6 - поперечной подачей; в - неподвижной детали
Рис. I. 69. Хонингование отверстий:
а - схема хонингования; 6 - сеткаштрихов получаемая на хоненгуемой поверхности; 1 - положение бруска в начале хода; II - положение бруска в конце хода;, III - положение бруска в конце обратного хода; х - перекрытие штрихов; I -• длина обрабатываемого отверстия (длина хода хона); 1_x - ход хонинговальной головки; $1_{бр}$ -длина образивного бруска (75 - 100 мм); $1_п$ = 12-25 мм - перебег головки

обработку стальных и чугунных деталей с малой (0,002 - 0,01 мм на двойной ход стола или круга) глубиной резания. Машинное время при внутреннем шлифовании определяется по формуле (120).

Применяют два вида внутреннего шлифования - во вращающейся детали, закрепленной в патроне внутришлифовального станка (рис. 1.68, а и б), и в неподвижной детали, закрепленной на столе планетарного внутришлифовального станка (рис.[1] 1.68, *в).* Кроме этих видов, возможно бесцентровое внутреннее шлифование, при котором погрешности наружной поверхности втулки (овальность, огранка и др.) копируются на шлифуемой внутренней поверхности. Поэтому бесцентровое шлифование применяется редко.

Притирка отверстий применяется в производственных цехах в основном для деталей, используемых в гидравлических схемах (седла клапанов, блоки управления и т. д.), и

инструментальных цехах для доводки точных отверстий в калибрах.

Хонинговацие (рис. 1.69, *а)* - более производительный способ, чем притирка, для окончательной обработки точных отверстий. Применяемый при хонинговании инструмент - хонинговальная головка, или *хон,* состоит из трех или более мелкозернистых абразивных раздвижных брусков, смонтированных на одной оправке. Инструмент самоустанавливается по обрабатываемой поверхности при помощи шарнирного соединения со шпинделем хонинговального станка. Абразивные бруски прижимаются к обрабатываемой поверхности механическим, гидравлическим или пневматическим устройством.

Окружная скорость хона при обработке стальных деталей v_0= 40 : 60 м/мин, скорость продольного хода хона v = 10 : 12 м/мин, при обработке чугунных деталей v_Q = 60 : 75 м/мин и v_L= = 15 : 20 м/мин. Снимаемые припуски: при обработке стальных деталей 0,01 - 0,06 мм, при обработке чугунных 0,02 - 0,2 мм.

В процессе хонингования траектория движения каждого абразивного зерна (рис. 1.69, б) представляет собой попеременно правую и левую винтовые линии с углом а, определяемым из соотношения $a = v_L/v_0$. Число двойных ходов в минуту (скорость продольного хода хона)

$$n_L = 500v_L/l \ , \qquad (124)$$

где 1 - длина хода хона, мм. Частота вращения хона, об/мин,

$$n_0 = lOOOvyrai, \qquad (125)$$

где d - диаметр хонингуемого отверстия, мм. Следовательно,

$$n_L/n_0 = (7td/21)(v_L/v_0) = (Ttd/21)\ tg\ a. \qquad (126)$$

Чтобы исключить проход зерна абразива более одного раза по одной и той же траектории, скорость продольного хода хона п и частоту вращения п выбирают такими, чтобы они не находились в простом соотношении. Двукратным хонингованием (предварительным и окончательным) можно обеспечить шероховатость поверхности R = 0,08 : 0,04 мкм, однократным - R_a - 0,16 : 0,08 мкм.

Достоинства обработки отверстий хонингованием: высокая точность и чистота обработки; возможность одновременно обрабатывать несколько отверстий на многошпиндельных станках; возможность обрабатывать отверстия любых диаметров и длин; относительно высокая производительность и невысокая стоимость обработки по сравнению с другими способами окончательной отделки отверстий.

Недостатки хонингования отвер^ий: не поддается исправлению искривление оси и непрямолинейность обрабатываемого отверстия; невозможно обрабатывать вязкие цветные металлы вследствие засаливания брусков.

Для хонингования применяют одно- и многошпиндельные станки с гидравлическим приводом подачи. Существуют станки,

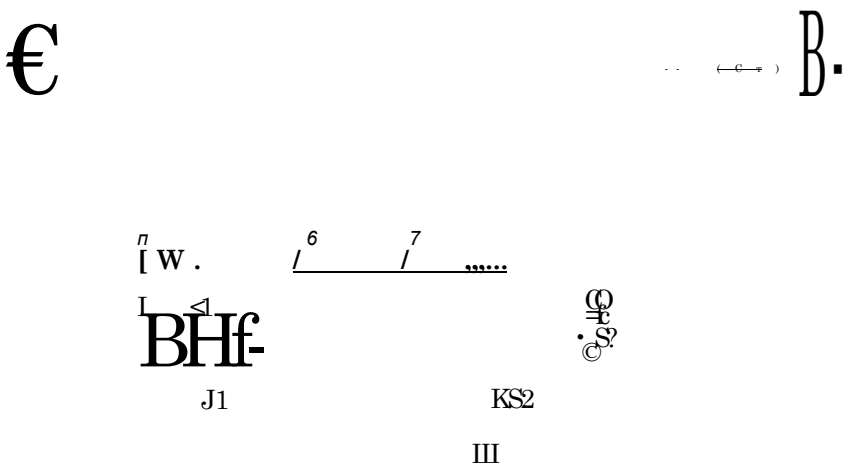


Рис. I. 70. Обработка отверстий пластическим деформированием:
а - протяжка для дорнования; б - раскатывание цилиндра роликовой головкой; 1 - оправка; 2 - съемный ролик; 3 - хвостовик; 4, 8 - люнет; 5 - ролики; 6 - цилиндр; 7 - головка

обработка на которых автоматически прекращается после доведения поверхности отверстия до требуемой шероховатости.

Дорнование - способ окончательной отделки отверстий, который наряду с точностью и низкой шероховатостью обработанной поверхности дает вследствие наклепа упрочненный поверхностный слой отверстия, например в стволе отбойного молотка.

Дорнование выполняют на горизонтально-протяжном станке при помощи протяжки (рис. 1.70, *а),* состоящей из съемного ролика ***2,*** изготовляемого из стали 9ХС с закалкой и последующим хромированием, оправки 1 и хвостовика 3. Оправка и хвостовик соединены резьбой и служат для крепления ролика и установки протяжки в станке. Предварительную операцию дорнования производят роликом, диаметр которого на 100 - 200 мкм меньше диаметра ролика, применяемого для окончательной операции. Например, при дорцовании отверстия номинальным диаметром 38 мм в стволе отбойного молотка предварительное дорнование выполняют роликом диаметром 38 мм, а окончательное - диаметром 38,15 мм. В результате упругой деформации металла получают требуемый диаметр отверстия - *38Н8.*

Раскатывание роликами применяют для обработки отверстий большой длины в незакаленных деталях. При раскатывании головок 7 ('рис. 1.70, б) с роликами 5 цилиндр ***6*** гидродомкрата механизированной крепи М-87Д устанавливают в патроне станка с поддержкой свободного конца неподвижным

люнетом *8.* Чтобы исключить прогиб головки, применяют поддерживающий люнет *4.* Подача 5 головки осуществляется отдельным гидроцилиндром, установленным на станине станка. Перед раскатыванием цилиндр гидродомкрата подвергают черновому и чистовому растачиванию, а затем развертывают до диаметра 109,95 мм. Раскатывание роликами позволяет получить отверстия по 8-му квалитету точности шероховатости R_a = 0,63 мкм. Метод высоко производителен и экономичен.

6.7. Обработка деталей типа дисков

Диски могут изготовлять из прутков и индивидуальных заготовок. В зависимости от программы выпуска, конфигурации и размеров механическая обработка дисков может вестись на токарных, токарно-карусельных и револьверных станках, а также на токарных одно- или многошпиндельных полуавтоматах (четырех-, шести- и восьмишпиндельных).

' На рис. 1.71 показаны схемы наладок вертикального токарного шестишпиндельного полуавтомата 1284 на обработку ската шахтной вагонетки. Полуавтомат имеет шесть позиций, последовательно занимаемых обрабатываемой деталью при неизменном ее закреплении. Позиция 1 загрузочная, остальные пять - рабочие. Обрабатывается деталь резцами, установленными в суппортах станка на рабочих позициях. Суппорты могут перемещаться вдоль оси шпинделей (при продольном точении), в поперечном направлении (при подрезке торцов) или совершать сложное движение (при обточке конусов). Переход детали на следующую позицию осуществляется поворотом на 60° стола, несущего шпиндель. При этом с позиции 1 снимается готовая деталь и туда ставится следующая заготовка.

Закрпляется заготовка в патроне, кулачки которого имеют пневматический привод.

Если необходимо обработать скаты с двух сторон, то применяют так называемую двухцикловую схему обработки. При этой схеме позиции *I* и *II* загрузочные, а остальные - рабочие. Стол поварачивается на 120°. Сначала заготовка устанавливается в позицию I и обрабатываются отверстия и поверхности с одной стороны в позициях *III* и У. Затем заготовку, базируя по отверстию и торцу, устанавливают в позицию *II* и образуются с другой стороны в позициях *IY* и У/.

Если деталь сложная и число позиций недостаточно для выполнения всех переходов по двухцикловой схеме, обработку детали ведут на двух полуавтоматах.

6.8. Обработка деталей типа втулок

Технология обработки втулок и применяемое оборудование зависят в основном от вида заготовок. Для втулок с отверстием диаметром до 20 мм применяют прутки или отливки в виде сплошных болванок, для втулок с отверстием диаметром свыше 20 мм - цельнотянутые трубы или литые заготовки с отверстиями. Заготовки для втулок из металлокерамических материалов и пластмасс получают прессованием и спеканием.

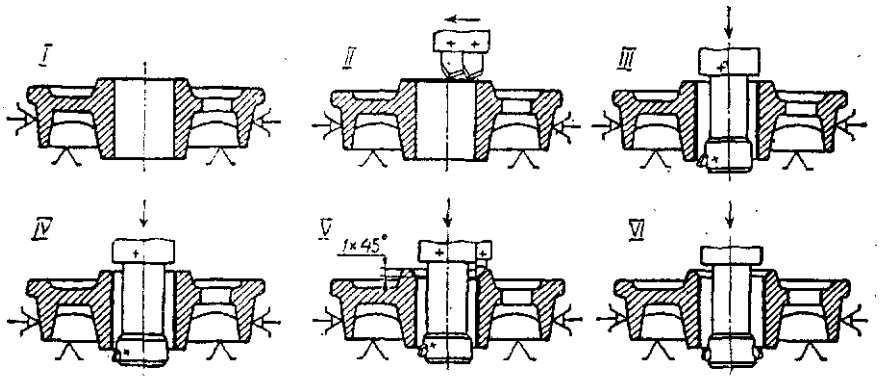


Рис. I. 71. Схемы наладок полуавтомата 1284 на обработку ската шахтной вагонетки

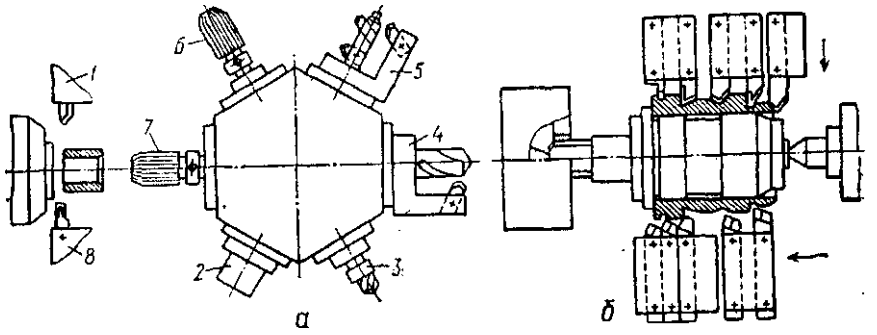


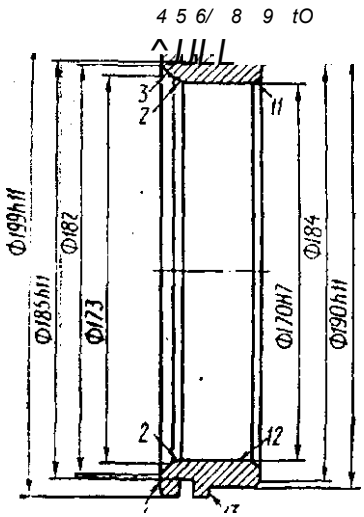
Рис. I. 72. Изготовление втулок:
а - из прутка на токарно-револьверном станке; б - из индивидуальной заготовки на многорезцовом автомате; 1 - подрезка торца; 2 подача прутка до упора; 3 - центровка под сверление; 4 - сверловка отверстий и обтрчка наружной поверхности; 5 - растачивание отверстия, обточка наружной поверхности и съем *фасок; 6* - предварительное развертывание; 7 - окончательное развёртывание; 8 - отрезка

Обрабатывая втулки из прутка, придерживаются преимущественно следующего технологического маршрута:

1) подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, центровка под сверление, сверловка отверстий и обточка наружной поверхности, растачивание или зенкерование отверстия и обточка наружной поверхности со съемом фасок на свободном торце, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. Эти операции могут выполняться на токарно-револьверном станке (рис. 1.72, а), одно- или многошпиндельном автомате;

2) съем фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или операционном токарном станке;

3) сверловка смазочного отверстия на вертикально-сверлильном станке;



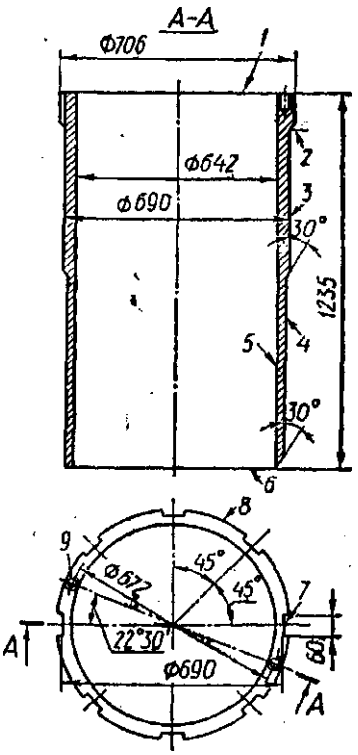


Рис. I. 73. Втулка угольного комбайна БК-52

Рис. I. 74. Цилиндрическая втулка конусной дробилки

4) нарезка смазочных канавок на специальном станке;

5) шлифовка наружной поверхности на круглошлифовальном или бесцентрово-шлифовальном станке.

j При обработке втулок из трубы вместо сверловки выполняют зенкерование или растачивание отверстия, а в Остальном процесс такой же, как и при обработке втулки из прутка.

Обрабатывая втулку из индивидуальной отливки или поковки, применяют следующий технологический маршрут:

1) зенкерование отверстия и съем фаски в отверстии на вертикально-сверлильном станке;

2) протягивание отверстия на горизонтально-протяжном станке со сферической самоустанавливающейся шайбой, которая применяется из-за того: что торец втулки не обработан;

3) однократная или предварительная обточка наружной поверхности в зависимости от точности выполнения черновой заготовки, подрезка торцов и съем наружных фасок на токарном многорезцовом полуавтомате; операцию выполняют с базированием по отверстию на разжимной оправке или с напрессовкой втулки на цилиндрическую оправку;

4) чистовая обточка гладкой наружной поверхности на обычном токарном станке, если производилась не однократная, а[1]

предварительная обточка. При ступенчатой наружной поверхности операция выполняется на многорезцовом полуавтомате (рис. 1.72, б) с прессовой посадкой на оправку.

Для обработки небольших партий втулок применяют универсальное оборудование. Рассмотрим в качестве примера технологический процесс обработки втулки комбайна. БК-52 (рис. 1.73). Материал* втулки - сталь ЗОХГТ. Техническими требованиями предусмотрена цементация и закалка проверхности *8* до твердости 51,3 - 61 HRC_3. Остальные поверхности от цементации нужно предохранить. Биение поверхности *8* относительно поверхности *12* должно быть не более 0,15 мм, а биение торцов *1* и20, а также поверхностей *5* и*6* относительно поверхности *12* - не более 0,05 мм.

Технологический процесс обработки втулки выполняется в следующем порядке: 1) черновая токарная обработка торца 1 и поверхностей *7* и *12*\ втулка крепится при этом в трехкулачковом патроне за предварительно проточенный участок поверхности §; 2) черновая токарная обработка во втором установе торца *10* и поверхности Я; 3) термическая обработка - цементация - на глубину 0.9-1,3 мм; 4) чистовая токарная обработка торцов *10,13* и фасок *9, И;* 5) получистовая токарная обработка во втором установе торца 1, отверстия диаметром 170.Н7 и поверхности 7; 6) термическая обработка - закалка до твердости 51,3 - 61 HRC ; 7), чистовая токарная обработка торца *1,* отверстия диаметром *170Й7* *=2,5* мкм), поверхностей *5, 6,7* и фасок *2, 3, 4*\ при этом втулка крепится в патроне станка за поверхность *8*\ 8) шлифовка торца *10* на плоскошлифовальном станке; базирование осуществляется по торцу 1 на магнитной плите; 9) шлифовка поверхности *8* и торца *13* на круглошлифовальном станке; базируется втулка по отверстию на оправке; 10) полировка поверхности *8* на токарном станке до шероховатости 0,5 мкм с базированием по отверстию на оправке.

В рассмотренном технологическим процессе для повышения точности взаимного расположения поверхностей сначала точно обрабатывают отверстие диаметром *П0Н1,* затем, используя его в качестве установочной базы, шлифуют наружную поверхность *8* и торец *13.* Вторая особенность заключается в том, что перед закалкой все поверхности втулки, кроме поверхности *8,* подвергают токарной обработке для удаления цементированного слоя.

Для дробления руд и других материалов используют дробилки крупного, среднего и мелкого дробления, имеющие цилиндрические и конические втулки наружным диаметром 200 - 358 мм, длиной 1400 - 1700 мм и массой 360 - 2180 кг. Рассмотрим применяемую технологию обработки подобных втулок на примере обработки цилиндрической втулки из литой заготовки (рис. 1.74). Материал - оловянная бронза БрОС8-21, масса обработанной детали 556 кг. Последовательность обработки: токарная черновая, старение или заливка баббитом, токарная чистовая, разметка, фрезеровка, сверловка, слесарная обработка.

В отверстие заготовки со стороны прибыльной части (поверхность 1) вставляют и крепят крестовину, после чего заготовку устанавливают в кулачки, выверяют с точностью до 1

мм и закрепляют по наружному диаметру прибыльной части. Затем обрабатывают поверхности *2, 3, 4, 5, в* и *8* с припуском 3 - 5 мм на сторону. У биметаллических втулок поверхность 5 обрабатывают с учетом толщины баббитового слоя. По наружному диаметру поверхности *8* протачивают канавку глубиной 10 мм с припуском по длине втулки 3 - 5 мм.

Перед чистовой токарной обработкой втулки, изготовляемые из литых заготовок, подвергают искусственному старению для съема внутренних напряжений, а биметаллические заливают баббитом. Устанавливают и закрепляют втулку так же, как и при токарной черновой обработке. Выверку осуществляют по наружному диаметру (поверхность ***4)*** с точностью до 0,5 мм. Поверхности ***2, 3, 4, 6 и 8*** обрабатывают до заданных размеров, после чего снимают фаски. Затем подводят люнет и со стороны поверхности 1 отрезают втулку по торцу на заданную длину. По окончании чистовой токарной обработки размечают пазы 7 и отверстия ***9*** на торце ***1.*** Затем пазы 7 обрабатывают на фрезерном станке, для чего втулку торцом 1 устанавливают на подставку на поворотном столе, выверяют по поверхности ***4*** и закрепляют. Далее на радиально-сверлильном станке сверлят и нарезают два отверстия ***9.*** В заключение зачищают заусенцы на втулке и маркируют ее.

Аналогичная технология обработки применяется и для конических втулок, изготовляемых из литых или биметаллических заготовок. Правильность обработки наружной и внутренней конусных поверхностей контролируют специальными шаблонами. Втулки небольших размеров с коническим инструментом с подачей до упора. Для втулок, заливаемых антифрикционным сплавом, предусматривают растачивание канавок в отверстии.

Вкладыши подшипников скольжения с открытым швом обрабатывают аналогично литым гладким втулкам, при этом в шов вставляют прокладку, укрепляют ее в нем легкоплавким припоем и удаляют по окончании обработки.

М_еталлокерамически)<. ,._втудк®1 изготовляют преимущественно на железной или медной основах. Материалы на медной основе отличаются меньшим коэффициентом трения, лучшей прирабатываемостью, но имеют и меньшую механическую прочность.

Отверстия пористых втулок рекомендуется обрабатывать тонким растачиванием.\Всвязи_£высокой точностью изготовления} металлокерамичесКих "втулок\ограничиваются 1р.бычно .однощжтшш обработкой.

Втулки из пластмасс могут быть изготовлены из прутка, трубы или из^ индивидуальной заготовки, полученной пр^ссшшнием^ Технология обработки втулок из пластмасс ^аналогична технологии обработки металлических втулок.

Технический контроль втулок заключается в проверке диаметральных и осевых размеров, шероховатости, концентричности наружных поверхностей относительно отверстия и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

6.9. Обработка плоскостей строганием

Среди деталей горных машин и механизмов большой объем занимают детали с плоскими и фасонными поверхностями. При их обработке приходится решать различные технологические задачи, относящиеся к обработке отдельных плоскостей и их сочетаний. Наиболее часто при выполнении различных операций плоские поверхности принимают за основные базы. Предварительной обработкой плоскостей чаще всего бывает строгание или фрезерование. Этими же способами часто осуществляют и чистовую обработку.

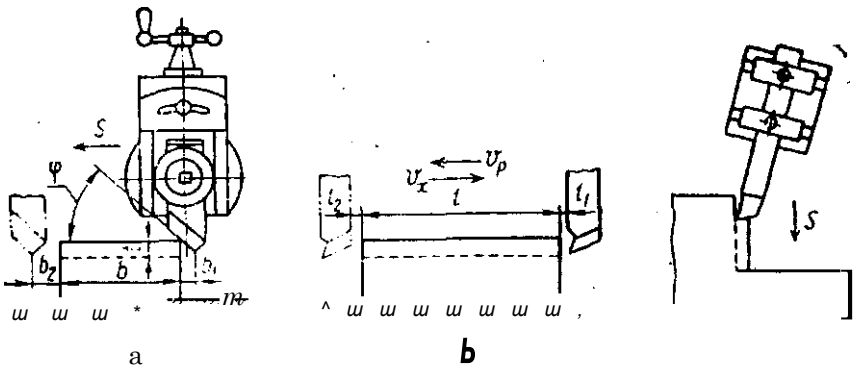
Строгание плоскостей. Операция обработки плоскостей на продорльно-строгальном станке обычно состоит из черновой обработки, при которой снимается наибольшая часть припуска, и чистовой обработки, обеспечивающей правильную форму и требуемую шероховатость поверхности. Во многих случаях строгание менее производительно, чем фрезерование, так как работа ведется однолезвийныи инструментом на умеренных режимах резания, а наличие холостых ходов значительно увеличивает время обработки. Однако хотя производительность крупных продольно-фрезерных станков часто оказывается выше производительности строгальных станков, обработка крупногабаритных деталей с большими и точными поверхностями в условиях единичного и мелкосерийного производств в большинстве случаев более экономична на продольно-строгальных станках.

В горном машиностроении на строгальных станках обрабатывают: фундаментные плиты и рамы; корпусные части комбайнов, врубовых машин, угле- и породопогрузочных машин; корпуса редукторов; корпуса и крышки подшипников компрессоров, подъемных машин и лебедок; плоскости разъема копровых шкивов; детали баров комбайнов и врубовых машин и ДР-

Строгание оказывается производительнеи фрезерования при обработке крупных отливок и поковок, имеющих большие припуски (до 60 мм на сторону). Обдирку таких деталей иногда выполняют на строгальных станках в один ход при работе с большими глубинами резания или с помощью многорезцовых строгальных головок. Отливки и поковки, на поверхности которых есть значительные неровности и затвердения, в большинстве случаев целесообразнее строгать, а не фрезеровать, чтобы предотвратить поломки дорогостоящих фрез больших размеров.

В настоящее время на некоторых предприятиях успешно применяют чистовое (тонкое) строгание широколезвийными резцами, заменяющее шабрение. При этом достигают высокой, точности (до 0,02 мм на 1 м длины) и приемлемой шероховатости поверхности (до R = 0,63 мкм). Резцы, применяемые для тонкого строгания, должны быть тщательно доведены, а режущая кромка - строго прямолинейна.

Преимущества строгания по сравнения с фрезерованием - возможность применять дешевые инструменты (резцы); меньшая стоимость и большая универсальность строгальных станков;



а b

Рис. I. 75. Обработка плоских поверхностей строганием:
а - продольно-строгальная; б - поперечно-строгальная; в - долбление

гибкость процесса, т. е. возможность быстро переналаживать строгальный станок при переходе от одной операции к другой. Поэтому строгание сравнительно широко применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

Недостатки строгания: значительные потери времени на обратные, холостые ходы; ограниченные скорости резания вследствие действия значительных инерционных сил, возникающих при движении стола строгального станка и ударной нагрузки на резец; необходимость выполнять строгальные работы рабочими сравнительно высокой квалификации.

Разновидность строгания - долбление, которое выполняется на долбежных станках. При помощи особых устройств долбежного станка детали можно придать продольное, поперечное или круговое движение подачи. Долбежные станки в основном применяют в единичном и мелкосерийном производствах для обработки поверхностей сложной конфигурации (прямоугольных окон, шпоночных пазов и т. п.).

Технология обработки строганием. Существуют три основных способа строгания плоскостей: продольно-строгальный (рис. 1.75, а); поперечно-строгальный (рис. 1.75, б) и долбление (вертикальное строгание - рис. 1.75, *в*).

Строгальные резцы изготовляют с напаянными из твердых сплавов Т15К6 и Т5К10 (для обработки стали), ВК6 и ВК8 (для обработки чугуна). Иногда применяют резцы с напаянными пластинками из быстрорежущей стали. Используют также строгальные резцы с механическим креплением пластинок повышенной точности заточки и доводки.

Режимы резания при строгании выбирают с учетом заданных условий обработки: механических свойств обрабатываемого материала, конструкции и материала резца, типа станка и требуемой шероховатости поверхности. Выбор режима резания заключается в установлении оптимальных глубины резания, подачи и скорости резания. При обыкновенной форме резца строгание с глубиной резания t = 3 - 8 мм и подачей S = 1 - 1,2 мм/дв. ход (резца в продольно-строгальном станке и стола в поперечно-строгальном станке) может обеспечить шероховатость

R_a = 6,3 мкм. При глубине резания не более 3 мм шероховатость R* = 3,2 мкм; подача при этом должна быть 0,5 - 0,8 мм/дв. ход стола (резца). При чистовом строгании широкими резцами получают R_a = 0,5 - 0,4 мкм. Скорости резания устанавливают по соответствующим нормативам в зависимости от материала резца, обрабатываемого материала, глубины резания, подачи, угла резца в плане. В среднем скорости резания принимают для чугунного литья 30 - 35 м/мин, а для стального литья 24 - 30 м/мин.

Машинное время строгания плоскости (рис. 1.75, а и б) *

$$T_м = (Ь + Ь, + b_2)i/nS, \qquad (127)$$

где b - ширина строгаемой поверхности, мм; Ь, - врезание резца, мм; $Ь_2$ - боковой перебег резца, мм; i - число проходов; S - подача, мм/дв. ход стола (резца); п - число двойных ходов стола (резца) в минуту:

$$n = 1000v_p/L(l + m); \qquad (128)$$

v_p - скорость рабочего хода стола (резца), м/мин; L = 1 + 1, + 1_2 - длина хода стола (резца), равная сумме длин строгаемой поверхности 1, подхода 1, и перебега 1_2 резца; m - отношение скорости рабочего хода стола v_p к скорости холостого хода v_x.

Решая совместно уравнения (127) и (128), получим

$$T_м = (Ь + Ь, + b_2)L(l + m)i/l000v_pS. \qquad (129)$$

В зависимости от глубины резания *t* и главного угла резца в плане ф врезание резца, мм,

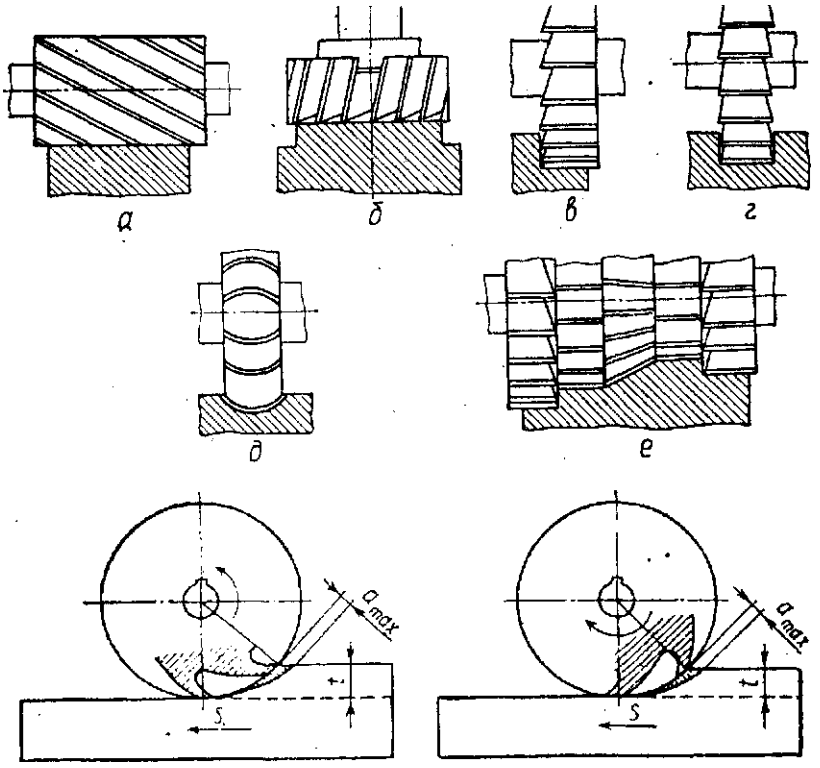
$$b_2 = t/tg\ ф + (0,5 - 2)\ мм. \qquad (130)$$

Боковой перебег b_2 = 2 - 5 мм.

6.10. Обработка плоскостей фрезерованием

Фрезерование является наиболее производительным методом обработки плоских и фасонных поверхностей. Фреза - многолезвийный инструмент, снимающий в единицу времени значительно больший объем стружки, чем однолезвийный инструмент, например резец строгального станка. Преимущество фрезерования по сравнению со строганием особенно заметно, когда обрабатываются сразу несколько поверхностей набором фрез. Одновременная обработка заготовки несколькими резцами на строгальном станке не всегла бывает удобной из-за трудности наблюдения за работой резцов. Поэтому в серийном производстве средних и мелких деталей строгальные станки применяются значительно реже, чем фрезерные. В массовом производстве, где окупается приобретение крупных дорогих фрезерных станков и изготовление дорогих сложных фрез, строгальные станки не применяются совсем.

Основные виды фрезерования плоскостей торцевыми фрезами более производительно,чем цилиндрическими. Преимущества



а б

Рис. I. 76. Виды фрезерования:
а - цилиндрическое; б - торцевое; в - двухстороннее; г - трехстороннее; д фасонное; е - набором фрез

Рис. I. 77. Фрезерование цилиндрическими фрезами:
а - встречное; б - попутное

фрезерования торцевыми фрезами - весьма жесткое крепление фрезы; одновременное резание Несколькими зубьями фрезы, что обуславливает более спокойную работу инструмента; возможность обрабатывать деталь сразу несколькими фрезами, расположенными с разных ее сторон; возможность применять фреЗы значительных диаметров с большим числом зубьев. Однако во многих случаях приходится работать не торцевыми, а другими видами фрез - цилиндрическими, дисковыми, пальцевыми и др.

Цилиндрическими фрезами можно работать двумя способами (рис. 1.77): против подачи (встречное фрезерование) и в направлении подачи (попутное фрезерование). При попутном фрезеровании толщина стружки уменьшается постепенно от а до нуля. Оно позволяет получить более высокую производительность,

чем встречное, и более чистую поверхность. Однако при нем необходимо применять более жесткие станки и особые компенсационные устройства для устранения зазоров В механизмах подачи стола, чтобы обеспечить плавность работы станка. Поэтому чаще используют встречное фрезерование.

Производительность фрезерования зависит от режимов резания, мощности станка, конструкции фрезы, вида фрезерования и конструкции приспособления.

Для сокращения машинного времени обработки детали целесообразно применять скоростное и силовое фрезерование. Наличие отечественных высокопроизводительных марок твердых сплавов создало благоприятные условия для широкого внедрения скоростного фрезерования, особенно при. обработке торцевыми, дисковыми и концевыми фрезами.

Под скоростным фрезерованием понимают обработку металла с высокими скоростями резания и подачи. Для этого применяют фрезы, оснащенные пластинками твердого сплава марок ТК при обработке стали и марок ВК при обработке чугуна. Скорости резания при черновой обработке стали достигают 350 м/мин, при обработке чугуна - 150 м/мин, цветных металлов - 2000 м/мин. Подачу на один зуб фрезы SL в зависимости от твердости металла принимают равной 0,07 - СТ2 мм/зуб для стали и 0,15 - 0,4 мм/зуб для чугуна. При числе зубьев фрезы z и частоте вращения фрезы п, об/мин, подача S_M, мм/мин,

$$S_M = S_z z n.$$

Глубина резания t доходит до 5 .- 8 мм. Для чистового фрезерования скорости резания составляют при обработке стали 300 - 800 м/мин, при обработке чугуна - 200 - 300 м/мин.

Скорости резания и подачи для фрез из быстрорежущей стали в 4 - 5 раз меньше, чем для фрез, оснащенных твердыми сплавами.

Наряду с твердыми сплавами широко применяют минералокерамические сплавы, имеющие теплостойкость около 1200°С, что позволяет работать со скоростью резания около 2000 м/мин; наиболее широко - минералокерамический сплав ЦМ-332. При получистовом фрезеровании стали распространена обработка с большими подачами, достигающими 2600 мм/мин и более, глубиной резания 1,5 мм и скоростью резания 200 м/мин.

Режим резания для конкретного случая обработки фрезерованием устанавливают с учетом стойкости фрезы, т. е. времени ее работы между двумя переточками. Допустимая стойкость торцевых фрез диаметром 75 - 400 мм составляет 150 - 960 мин, а цилиндрических фрез диаметром 90 - 225 мм -180…360 мин.

Машинное время, мин, при цилиндрическом и торцевом фрезеровании

$$T_м = li/S_M,$$

или

$$T_м = li/S_z z n, \qquad (131)$$

где 1 - расчетная длина обработки фрезой с учетом врезания и перебега, мм; i - число проходов.

Мощность N_3, кВт, потребная на фрезерование, ориентировочно определяется по следующим эмпирическим формулам:

при $S_z < 0{,}12$ мм и $t > 3$ мм

$$N_3 = O\text{^}SSv\text{^}V\text{^}tS\text{^}B'\text{-}VD; \qquad (132)$$

при-S $> 0{,}12$ мм и $t > 3$ мм

$$N = 0{,}035v^{c,9}z^{o'93}tS^{0,79}B^{,,2}/D, \qquad (133)$$

где B и D - соответственно ширина и диаметр фрезы, мм; v - скорость резания, м/мин.

• Основные мероприятия, позволяющие значительно снизить вспомогательное время и повысить эффективность обработки фрезерованием, следующие:

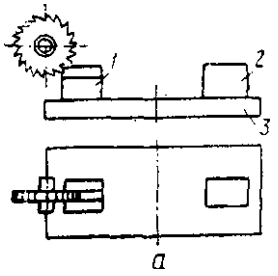
1) применение усовершенствованных конструкций приспособлений для установки и закрепления обрабатываемой детали с быстродействующими и гидравлическими зажимами;

2) использование ускоренных перемещений стола фрезерного станка во всех трех направлениях;

3) автоматизация управления станком по так называемому полуавтоматическому циклу, когда подвод детали к фрезе, включение подачи, ее выключение и отвод детали в исходное положение осуществляются автоматически;

4) сокращение длины холостых перемещений;

5) установка последующей детали во время обработки предыдущей, что обеспечивает перекрытие вспомогательного времени машинным. Этого можно достигнуть, применяя сменные оправки при позиционном, непрерывном и последовательном фрезеровании, а также многостаночным обслуживанием. На запйсные оправки детали можно устанавливать в то время, когда другие детали фрезеруются. По окончании обработки оправки с готовыми деталями снимают и на их место ставят новые с уже закрепленными на них заготовками. По такому же принципу



ffnf **П.ПП**

gg l i B
gg g g g

Рис. I. 78. Фрезерование плоскостей:
а - позиционное; б - параллельное; в - последовательное; г - последовательно-параллельное; 1, 2 - приспособления; 3 - поворотный стол; 4, 5, 6 - набор фрез

работают с кассетными приспособлениями, состоящими из корпуса и Двух или более кассет. Обрабатываемые детали закладывают в одну из кассет. После этого кассеты устанавливают в корпус приспособления. В то время как в одной кассете происходит фрезерование, в другую (запасную) детали набираются.

Позиционное фрезерование мелких и средних деталей по одной штуке или группами осуществляют на поворотном столе (рис. 1.78, а). В то время как в приспособлении 1 обрабатывается одна деталь или их группа, в такое же приспособление ***2*** устанавливают следующие заготовки. По окончании фрезерования первой детали стол 3 с укрепленным на нем приспособлением, а следовательно, с деталью или группой деталей, поварачивается на 180° или перемещается поступательно из одной позиции в другую. Затем цикл повторяется. Таким образом, вспомогательное время на съем и установку деталей частично перекрывается машинным временем.

Вспомогательное время полностью перекрывается машинным при так называемом непрерывном фрезеровании. Это происходит на станках с круглым вращающимся столом, где размещены приспособления с установленными в них заготовками. Детали фрезеруются одной или двумя (черновой и чистовой) фрезами, укрепленными на отдельных шпинделях станка. При полном повороте стола все детали, находящиеся на нем, будут обработаны. Непрерывное фрезерование осуществляется на карусельно-, барабанно-фрезерных или вертикально-фрезерных станках с вращающимся столом.

Параллельное (одновременное) фрезерование нескольких деталей производится набором фрез ***4, 5; в*** на одной оправке (рис. 1.78, б).

Последовательное (рис. 1.78, *в)* и параллельно-последовательное (рис. 1.78, *г)* фрезерование осуществляется при установке заготовок на столе фрезерного станка одна за другой по направлению подачи стола в один-два ряда. Поскольку стол перемещается медленно, то рабочий может снимать обработанную деталь и устанавливать новую заготовку на ходу. При Использовании всех шпинделей продольно-фрезерного станка Можно обрабатывать последовательно не только одинаковые поверхности у одинаковых деталей, но и разные детали.

6.11. Отделочные операции при обработке плоских поверхностей

Протягивание плоскостей (рис. 1.79) применяют главным образом в крупносерийном и массовом производствах, что объясняется высокой стоимостью протяжек и необходимостью иметь соответствующие протяжные станки. Наружное протягивание используют как для предварительной, так и для окончательной обработки.

Основные преимущества наружного протягивания плоскостей заключается в высоких производительности и точности, низкой шероховатости поверхности. Шероховатость при протягивании соответствует R_a = 2,5 и 0,1 мкм, а в некоторых случаях и 0,16 мкм. Протягивание сравнительно легко

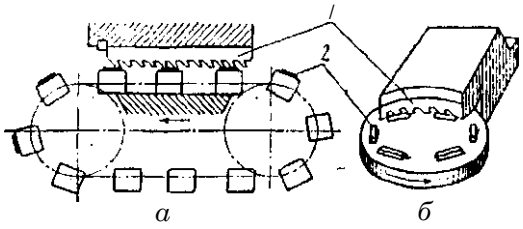


Рис. I. 79. Непрерывное протягивание плоскостей:
а - на горизонтально-протяжном станке; 6 - на карусельно-протяжном станке; 1- протяжка; 2 - деталь

обеспечивает 7-й квалитет точности.

Установить режим резания при протягивании - назначить скорость резания, так как толщина среза, или подача на зуб, / учитываются при определении длины протяжки. Скорость резания' находится в пределах 2 - 4 м/мин, при меньшей скорости/ шероховатость поверхности получается ниже. '

Шлифование плоских поверхностей осуществляют двумя способами: торцом круга (рис. 1.80, *а и б)* или периферией круга (рис. 1.80, *в* и *г).*

Наиболее производительное *шлифование торцом круга* применяется как для предварительной обработки детали, так и для- обработки заготовок, полученных ковкой и литьем. Шлифование плоскостей в один ход чаще всего используют для грубой обработки литых и кованых заготовок. При плоском шлифовании мелкие и средние детали устанавливаются и закрепляются при помощи магнитной плиты или магнитного стола, имеющего возвратно-поступательное или вращательное движение.

Машинное время, мин, при плоском шлифовании торцом круга на станках карусельного типа (рис. 1.80, *а)*

$$T_м = zk/tnm, \qquad (134)$$

где z - припуск на сторону, мм; к - коэффициент выхаживания, учитывающий точность шлифования, к = 1,15 : 2; t - глубина шлифования, равная вертикальной подаче круга, т. е. $S_B = t$, мм; п - частота вращения стола, об/мин; m - число деталей, одновременно установленных на столе станка, шт.

Если ширина В шлифуемой поверхности меньше диаметра D круга (рис. 1.80, б), то машинное время при шлифовании торцом круга на станках продольного типа

$$T_м = Lzk/1000v_c tm, \qquad (135)$$

где L - длина хода стола, мм; - скорость продольного хода стола, м/мин.

Преимущества *шлифования периферией круга* заключается в возможности шлифовать профильные поверхности и в незначительном нагреве обрабатываемой детали. Плоское шлифование периферией круга производится на станках с прямоугольным или круглым вращающимся столом.

Машинное время при плоском шлифовании периферией круга на станках продольного типа (рис. 1.80, *в)*

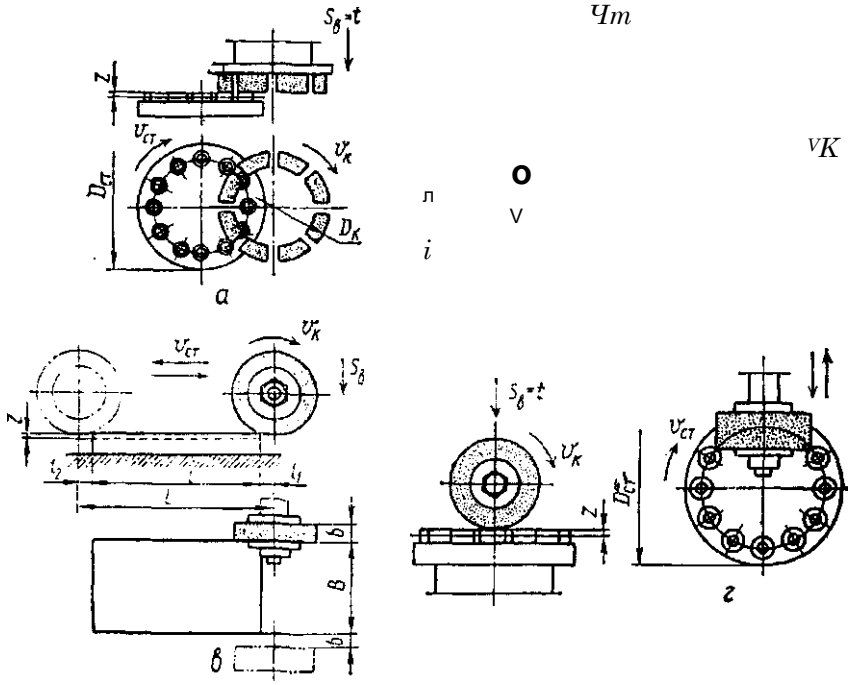


Рис. I. 80. Шлифование поверхностей:
а - торцом круга на карусельно-шлифовальном станке; б - торцом круга на продольно-шлифовальном станке; в - периферией круга на продольно-шлифовальном станке; г - периферией круга на карусельно-шлифовальном станке

$$T_м = (B + 2b)zk/S_n n_c tm, \qquad (136)$$

где В - ширина шлифуемой поверхности, мм; b - боковой перебег круга, мм; S_n - поперечная подача по ширине детали, мм; n_c - число двойных ходов стола в минуту. Поперечную подачу принимают в долях ширины В круга: *при черновом шлифовании* $S_n = (0,4 : 0,7)\ B_к$, при чистовом $S = (0,25 : 0,35)\ B_к$.

Машинное время при шлифовании периферией круга на станках карусельного типа (рис. 1.80, г)

$$T_м = (B + 2b)zk/S_n ntm, \qquad (137)$$

где II - частота вращения стола, об/мин.

Следует учитывать, что при шлифовании плоскостей обрабатываемая поверхность может получиться более шероховатой, чем требуется, вследствие неправильных подбора зернистости круга, его правки и выбора режима обработки, из-за вибрации шпинделя и загрязнения охлаждающей жидкости.

Шабрение применяют при слесарно-сборочных работах для получения точного прилегания соединяемых поверхностей, герметичности соединения, высокого качества соприкосающихся поверхностей. Это одна ил наиболее трудоемких операции, требующих для своего выполнения рабочих высокой квалификации и значительных затрат времени, достигающих 20 - 25 % общего объема слесарных работ.

Кроме этих способов, для окончательной отделки плоскостей могут применяться суперфиниш, притирка и полировка. Обработку этими операциями см. в 6.4 и 6.6.

6.12. Основные требования, предъявляемые к обработке корпусных деталей

Корпусные детали в большинстве случаев имеют разнообразные по форме и размерам поверхности: подлежащие обработке. Можно выделить две основные группы корпусов, отличающиеся по своему конструктивному оформлению, предъявляемым к ним требованиям и технологии изготовления: 1) корпуса угольных комбайнов и врубовых машин; 2) корпуса редукторов угле- и породопогрузочных машин, подъемных машин, лебедок, конвейеров и других горных машин.

Технология обработки корпусов должна обеспечить: 1)заданную точность отверстий для валов по размерам и форме; 2) соосность отверстий, расположенных в двух или нескольких стенках корпуса; 3) параллельность осей отверстий базами; 4)точность расстояний между осями отверстий и от баз; 5)перпендикулярность торцевых поверхностей к осям отверстий; 6) прямолинейность баз.

На диаметральные размеры основных отверстий допуски задаются в пределах 7 - 8-го квалитетов. Погрешности формы отверстий не должны выходить за пределы 0,5 - 0,7 этих допусков. Допуски на межосевые расстояния основных отверстий и перпендикулярность осей отверстий задают в соответствии с назначением корпусных деталей, например, для корпусов, в которых монтируются зубчатые и червячные передачи, - от 0,04 мм до десятых долей миллиметра. Отклонения от соосности отверстий назначают в пределах половины допуска на диаметральный размер меньшего отверстия. Шероховатость основных отверстий должна соответствовать R_a = 2,5 - 0,40 мкм.

Допуск перпендикулярности торцевых поверхностей к осям отверстий выбирается в пределах 0,1 - 1,0 мкм на 1 мм радиуса. Шероховатость поверхности составляет R = 2 0 - 4 0 мкм - R_a = 2,5 - 2!0 мкм. Отклонение от прямолинейности плоских поверхностей допускается в пределах 50 - 200 мкм на 100 мм длины, шероховатость поверхностей разъема - не более R_a = 20 - 10 мкм.

Основные требования, предъявляемые к обработке корпусов редукторов:

1) несовпадение контуров плоскостей разъема основания корпуса и крышки не должно превышать 2 - 3 мм;

2) отклонение от параллельности поверхности основания корпуса (технологической базы) и плоскости разъема не должно

быть более 0,5 мкм на 1 мм;

3) зазор между плоскостями разъема в собранном корпусе не должен Превышать 0,03 мм;

4) отверстия под подшипники должны быть выполнены преимущественно по 6-му квалитету; овальность и конусность отверстий не должны превышать допуска на диаметр;

5) несовмещение осей расточенных под подшипники отверстий с плоскостью разъема не должно превышать 0,2 мм;

6) на обработанной поверхности разъема не может быть надрезов, забоин, вмятин и других дефектов.

Плоскости корпусов редукторов обрабатывают на продольно-строгальных, продольно-фрезерных, вертикально-фрезерных и в некоторых случаях на карусельных станках; основные отверстия - на горизонтально-расточных и, иногда, на карусельных станках, сверление отверстий под болты, винты, шпильки - на вертикально- и радиально-сверлильных станках.

Многие корпуса горных машин весьма трудоемки в обработке. В связи с .этим технологические процессы их обработки в условиях заводов горного машиносторения разрабатывают на основе высокопроизводительных методов:

1) применения скоростных режимов резания;

2) совмещения обработки двух или нескольких поверхностей корпуса при полном использовании имеющихся на станке суппортов и шпинделей;

3) одновременной установки и обработки нескольких деталей;

4) применения многоинструментальной обработки, т. е. одновременной обработки несколькими инструментами;

5) применения средств механизации подъема и установки корпусов на станках, а также быстродействующих пневматических и гидравлических зажимных устройств;

6) применения автоматических переналаживаемых линий для обработки корпусных деталей.

6.13. Механическая обработка корпусов

При механической обработке корпусов основное - операции обработки плоскостей и отверстий.

Прежде всего обрабатывают базы корпуса и крепежные отверстия, которые могут быть использованы при последующих установках, затем - все плоские поверхности и после них - основные отверстия. Обычно при обработке отверстий корпусов в качестве установочной базы используют ранее обработанную плоскость основания и два диагонально расположенных отверстия. Эти два отверстия выполняют точными по технологическим соображе-ниям: базирование по двум отверстиям на цилиндрические пальцы и по плоскости обеспечивает большую точность обработки, чем базирование по трем плоскостям.

Для корпусов нежестких конструкций обычно после черновой обработки всех плоских поверхностей и основных отверстий корпуса повторно обрабатывают базы. Необходимость и целесообразность дополнительного технологического процесса - получистовой обработки - устанавливают из расчета припусков.

Однако, учитывая закономерность уменьшения с обработкой погрешностей формы и пространственных отклонений, обычно производят черновую и чистовую обработку, а однократной обработкой ограничиваются лишь для весьма жестких конструкций корпусов при точных спобобах выполнения заготовок.

Разъемные корпуса редукторов обрабатывают по следующей технологии: 1) раздельная обработка основания корпуса и крышки до растачивания отверстий; 2) сборка корпуса и крышки; 3) совместная обработка - растачивание отверстий.

Обработка плоских поверхностей корпусов. Начинать механическую обработку корпусов целесообразно с обработки наибольших по размерам поверхностей, обдирка которых позволяет выявить дефекты материала в начале технологического процесса, а также ослабить действие внутренних напряжений, возникающих при литье детали. В зависимости от методов литья заготовок их обрабатывают по полной или частичной разметке и без разметки в приспособлениях.

Сварные конструкции корпусов выполняют из предварительно обработанных деталей или из деталей, не подвергавшихся обработке. В первом случае поверхности частей корпуса подвергают только чистовой обработке без разметки, так как их сварка выполнялась в приспособлениях, обеспечивающих достаточную точность положения этих частей. Во втором случае корпуса проходят черновую, получистовую и чистовую обработку либо по разметке, либо в приспособлениях в зависимости от объема производства и точности выполнения сварочных работ.

В серийном производстве плоские поверхности корпусов обрабатывают на многосуппортных профильно-строгальных станках или на многошпиндельных фрезерных станках непрерывного действия с карусельными столами (типа 623В) или с барабанами (типа 6022). На двух последних типах станков применяют обычно параллельно-последовательный метод черновой и чистовой обработки.

Плоские поверхности корпусов больших размеров обрабатывают на портально-фрезерных станках с порталом, несущим фрезерные головки и перемещающимся относительно установленной на неподвижной плите заготовки.

Базовые поверхности корпусных деталей небольших размеров обрабатывают на обдирочно-шлифовальных станках с вертикальной осью вращения стола.

Окончательно плоские поверхности корпусов обрабатывают шлифованием на плоскошлифовальных станках, тонким строганием широким резцом, тонким фрезерованием и шабрением.

Растачивание основных отверстий крпусов осуществляется в зависимости от заданного выпуска на универсальных горизонтально-расточных, координатно-расточных или агрегатных многошпиндельных станках, в некоторых случаях объединяемых в автоматические линии.

Диаметральные размеры отверстий получаются при обработке соответствующим мерным инструментом - развертками, расточными блоками или расточными головками, установленными в необходимом комплекте на расточных оправках или в

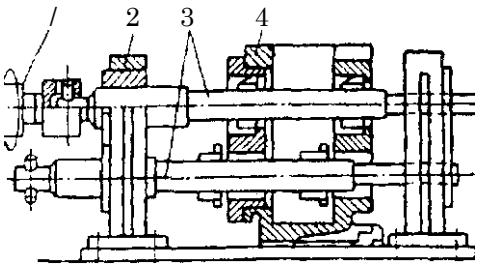


Рис. I. 81. Растачивание отверстий в корпусе по кон дуктору:
1 - шпиндель расточного станка; 2 - кондуктор; 3 - борт-штанги; 4 - корпус

борштангах, а также односторонне расположенными резцами с точной микрометрической регулировкой на размер.

Точность межосевых расстояний, параллельность и перпендикулярность осей, а также другие требования к расположению отверстий обеспечиваются: 1) направлением инструмента в кондукторе; 2) использованием универсальных способов координации положения инструмента.

В массовом и крупносерийном производствах основные отверстия корпусных деталей обрабатываются на многошпиндельных станках при параллельных и параллельно-последовательных схемах построения операций одновременно с двух или трех сторон заготовки. Требуемое расположение отверстий обеспечивается соответствующим размещением в агрегатных головках шпинделей, каждый из которых соединяется с борштангой, направляемой кондукторными втулками установочного приспособления. При обработке на агрегатных станках рекомендуется разделять черновую и чистовую обработку на две операции, выполняемые на двух агрегатных станках автоматической линии, или на два перехода, выполняемые на двух рабочих позициях станка проточной линии. Основные отверстия небольших корпусов можно обрабатывать на вертикально-сверлильных станках с применением кондукторов и многошпиндельных головок и на радиально-сверлильных станках с применением поворотных кондукторов.

В серийном производстве основные отверстия в корпусных деталях обрабатывают на универсальных горизонтально-расточных станках с направлением инструмента по кондуктору (рис. 1.81). Шпиндель последовательно соединяется с расточными борштангами, каждая из которых оснащена инструментом для обработки отверстий по всей своей оси. Межосевые расстояния и параллельность осей обеспечиваются направлением борштанги по кондуктору. Перпендикулярность осей отверстий можно получить при повороте стола на 90°. Повысить производительность труда при работе на расточных станках можно, применяя многошпиндельные расточные головки, обрабатывающие одновременно несколько отверстий с параллельными осями. Головка вращается от шпинделя станка, а ее шпиндели, расположенные соответственно растачиваемым отверстиям, передают крутящие моменты борштанги.

Во всех случаях обработки отверстий с направлением инструмента-по кондукторным втулкам корпус устанавливают в кондукторе на установочные пальцы по двум специально

б

Рис. I. 82. Растачивание отверстий в корпусе по разметке:
а - оправкой с опорой шпинделя в люнете 1; 6 - борт штангой с опорой в заднем люнете 1; оправкой с поворотом детали

обработанным базовым отверстиям, расположенным в плоскости основания корпуса.

В мелкосерийном и индивидуальном производствах, когда применять расточной кондуктор нецелесообразно, отверстия растачивают без направления инструмента. При этом корпуса обрабатываются на горизонтально-расточных станках по разметке. Задача станочника сводится к тому, чтобы совместить ось шпинделя станка с осями размеченных отверстий. Для повышения жесткости шпинделя используют люнеты (рис. 1.82, а и б). Совпадение осей растачиваемых отверстий в противоположных стенках обеспечивается поворотом стола станка с закрепленной на нем заготовкой корпуса на 180° (рис. 1.82, *в).*

После подачи корпуса на стол горизонтально-расточного станка для обработки отверстий выполняются: 1) установка и выверка корпуса на столе станка для получения параллельности осей размеченных отверстий оси шпинделя; 2) совмещение оси шпинделя с осью первого растачиваемого отверстия; 3) обработка первого отверстия; 4) перемещение стола с обрабатываемым корпусом на заданное расстояние до оси второго растачиваемого отверстия; 5) обработка второго отверстия и т. д.

Для обработки отверстий, расположенных на другой высоте, перемещают шпиндельную коробку по колонке станка. Точность перемещений стола станка или его шпиндельной коробки зависит от заданного допуска на межосевое расстояние.

При отсчете перемещений по шкалам станка обеспечивается допуск 0,1 - 0,2 мм. Для выдерживания более жестких допусков пользуются приборами (обычно индикаторного типа), *позволяющими долее точно отсчитывать* перемещения шпинделя.

Метод растачивания по разметке малопроизводителен и может быть рекомендован при повышенных (до 0,2 - 0,3 мм) допусках на межосевые расстояния.

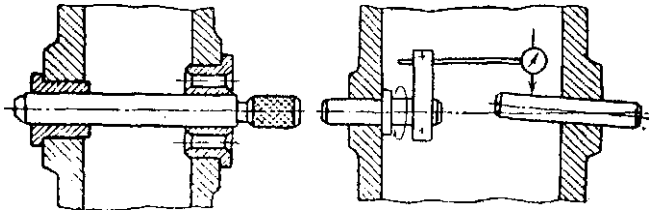


Рис. I. 83. Проверка соосности отверстий: а - контроль оправкой; 6 - индикаторным приспособлением

Кроме расточных станков с подвижным столом, в горном машиностроении применяют расточные станки с неподвижным столом, у которых все необходимые рабочие движения совершает, шпиндельная колонка. Выполняемая на таких станках обработка тяжелых корпусов сопряжена с большой затратой времени, особенно вспомогательного.

Основные отверстия крупногабаритных корпусов можно обрабатывать и переносными расточными головками, устанавливаемыми рядом с обрабатываемым корпусом на том же плитном настиле. В этом случае значительно сокращается трудоемкость обработки.

Крепежные и другие отверстия в корпусных деталях обрабатывают в зависимости от заданного выпуска на агрегатных многошпиндельных станках, автоматических или поточных линиях, многошпиндельных сверлильных станках, вертикально-сверлильных станках с применением многошпиндельных головок, радиально-сверлильных станках в поворотных кондукторах или с применением накладных кондукторов.

Технический контроль. Прямолинейность плоских поверхностей проверяют эталонными линейками. Взаимное положение плоских поверхностей, образующих сборочную базу корпуса, контролируют щупом или специальными плитками на краску (8 - 10 пятен на квадрате 25 х 25 мм). Форму основного отверстия проверяют штихмассом с индикатором, пассиметром или пневматическим ротаметром со специальной калибровой пробкой. Соосность отверстий проверяется контрольными оправками, вставляемыми непосредственно в проверяемые отверстия (рис. 1.83, *а),* или, если деталь и оправка достаточно жесткие, - индикаторными приспособлениями (рис. 1.83, б).

Г л а в а 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

7.1. Общие сведения

Зубчатые колеса горных машин обычно подвергаются действию значительных, во многих случаях ударных, нагрузок, создающих большие давления. Многие колеса работают при высоких окружных скоростях. Повышение технико-экономических показателей горных машин требует изготовления для них зубчатых колес такими способами обработки, которые обеспечат

высокие износостойкость и усталостную прочность и длительный срок их службы.

Заданные точность и качество зубчатых колес достигаются их рациональной конструкцией, правильным выбором металла и термической обработки, современной технологией производства.

В горном машиностроении применяют следующие разновидности зубчатых передач: цилиндрические наружного и внутреннего зацепления эвольвентного профиля с прямыми, косыми и спиральными зубьями, шевронными, многорядными косозубыми и многорядными шевронными; конические эвольвентного профиля прямозубые, косозубые, с криволинейными зубьями, шевронные; гипоидные косозубые с перекрещивающимися осями вращения колес; с зацеплением Новикова.

По конструктивной форме применяются зубчатые колеса следующих видов: плоские одновенцовые без ступицы и со ступицей; многовенцовые блоки-шестерни цилиндрические и цилиндро-конические; валы-шестерни - цилиндрические и конические; червячные колеса; зубчатые венцы-муфты.

Правильная работа и долговечность зубчатых колес зависят от точности выполнения их элементов. Грубые колеса с обработанными и необработанными рабочими поверхностями зубьев встречаются только в тихоходных и малоответственных передачах.

Технические условия изготовления зубчатых колес следующие: 1) центральное отверстие рекомендуется выполнять по 7-му квалитету точности и R_a = 1,25 - 0,63 мкм; 2) центрирующее отверстие фланцевых колес следует выполнять по 7-му квалитету и R_a = 1,25 мкм; 3) размер между торцевыми поверхностями фланца для крепежных отверстий (ширина фланца) рекомендуется обрабатывать по 8-му квалитету точности и назначать шероховатость R = 0,8 мкм; 4) посадочные шейки валов-шестерен нужно обрабатывать по 7-му квалитету точности с шероховатостью R_a = 0,8 - 0,4 мкм; 5) остальные размеры зубчатых колес выполняют по 8 - 12-му квалитетам точности с шероховатостью R_b=12,5 - 3,2 мкм.

Внутренний несопрягаемый контур фланцевых колес обычно задают 14-м квалитетом точности и шероховатостью поверхности R_a = 25 мкм.

Технические условия на обработку зубьев регламентированы ГОСТ 1643-81. Эта система охватывает цилиндрические, конические и червячные колеса с модулем 1 - 55 мм. Установлено двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1 - 1 2 . Для каждой степени точности стандартом установлены нормы: кинематической точности колеса; плавности работы колеса; контакта зубьев; бокового зазора в передаче. Допуски и отклонения по указанным нормам для различных степеней точности зубчатых колес определяются по стандарту.

7.2. Обработка заготовок зубчатых колес под нарезание зубьев

Технологический процесс механической обработки зубчатых колес можно разделить на две стадии: обработку заготовок и нарезание

зубьев.

При обработке цилиндрических, конических и блочных колес диаметром до 500 мм для обеспечения концентричности наружной поверхности и отверстия в качестве базы обычно принимают поверхность центрального отверстия и опорный торец, которые являются базами и при нарезании зубьев. Обрабатывать такие колеса целесообразно по следующему технологическому маршруту: 1) сверловка (зенкерование) и растачивание центрального отверстия, подрезка торцов спицы и обода и предварительная обточка наружных поверхностей обода на токарном или револьверном станке с креплением заготовки в трехкулачковом самоцентрирующем патроне за наружную поверхность обода или ступицы; *2)* предварительная обточка на токарном или револьверном станке наружных поверхностей и подрезка торцов; заготовку укрепляют в самоцентрирующем патроне за обработанную в предыдущей операции поверхность ступицы или же на оправке с базированием по обработанному отверстию: 3) протягивание центрального отверстия и шлицевых канавок или шпоночного паза на горизонтально-протяжном станке; 4) окончательная обработка наружных поверхностей и подрезка торцов на токарном станке в центрах с базированием заготовки на поверхности отверстия при помощи гладкой или шлицевой оправки, запрессовываемой перед обработкой в отверстие.

Заготовки с отверстиями без шлицевых и шпоночных пазов обрабатывать на гладкой оправке можно лишь при небольшом их диаметре и незначительной глубине резания, так как от действия крутящего момента заготовка может проворачиваться.

Заготовки для цилиндрических колес диаметром более 500 мм целесообразно обрабатывать по следующему технологическому маршруту: 1) предварительная обточка наружных поверхностей и торцов и растачивание центрального отверстия на карусельном станке с креплением заготовки кулачками распор за внутреннюю поверхность обода; 2) предварительная обточка наружных поверхностей с другой стороны заготовки на карусельном станке с креплением заготовки кулачками распор за обработанную в предыдущей операции внутреннюю поверхность ступицы; 3) термическая обработка - улучшение (закалка с высоким отпуском); 4) окончательная обточка наружных поверхностей и торцов и растачивание (у некоторых колес, кроме того, развертывание); обработка ведется также на карусельном станке с аналогичным креплением заготовки; 5) окончательная обточка наружных поверхностей и торцов с другой стороны, как в предыдущей операции.

Технологический процесс обработки заготовок валов-шестерен должен обеспечивать концентричность центровых отверстий, на которые базируется заготовка при нарезании зубьев, наружным поверхностям. В серийном производстве валы-шестерни часто обрабатывают на многопозиционных полуавтоматах роторного типа (рис. 1.84).

Заготовку червячной шестерни обрабатывают так: предварительно обтачивают отдельно венец и ступицу, после насадки венца обрабатывают базовые поверхности - центровое

а *5* *6* г

Рис. 1.84. Схемы обработки вала-шестерни на токарном шестисекционном полуавтомате роторного типа:
а - расположение секций станка; б - наладка резцов по секциям 1 и 4; в - то же по секциям 2 и 5; в •• то же по секциям 3 и 6

отверстие и опорный торец, окончательно обрабатывают наружные поверхности и протягивают шпоночную канавку.

7.3. Методы нарезания зубьев зубчатых колес

Существуют два метода нарезания зубьев колес: метод копирования и метод обкатки (огибания).

Метод копирования. Профиль зубьев изделия получается при обработке пальцевыми модульными фрезами (рис. 1.85, *а),* дисковыми модульными фрезами (рис. 1.85, б), многорезцовыми зубодолбежными головками, эвольвентными протяжками, резцами и шлифовальными фасонными кругами. При этом копируется профиль режущих кромок инструмента.

Метод копирования не обеспечивает высокой точности обработки и применяется главным образом для предварительных операций. Правильность формы и точность размеров отдельных зубьев в основном зависят от точности инструмента, направляющих, по которым движется инструмент или заготовка, длительность устройств, настройки станка и от жесткости системы СПИД. Главный недостаток метода капирования - невозможность нарезать инструментом определенного модуля колеса с любым числом зубьеб.

Метод обкатки. При обработке зубьев по методу обкатки (рис. 1.86) инструмент имеет форму зубчатой рейки, червяка или зубчатого колеса, т. е. такой детали, которая могла бы работать в зацеплении с нарезаемым колесом. Инструмент и заготовка воспроизводят движение, соответствующее их зацеплению, т. е. взаимно обкатываются. Кроме того, инструменту сообщается движение резания. В процессе взаимной обкатки инструмента и заготовки режущие кромки инструмента, постепенно удаляя материал из впадин, придают им точные очертания эвольвентного профиля.

Для метода обкатки характерны высокие производительность и точность нарезания зубьев, возможность одним инструментом обрабатывать колеса одного и того же модуля с любым числом зубьев и нарезать корригированные зубья.

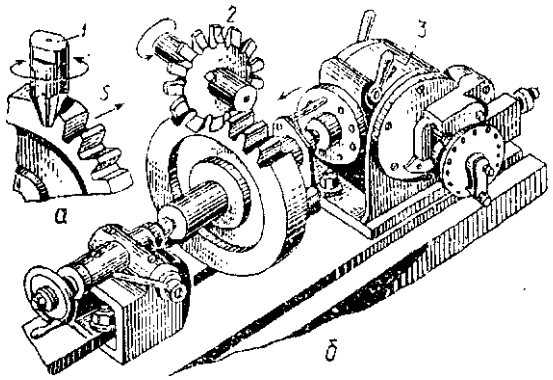


Рис. 1.85. Нарезание зубьев пальцевой (а) и дисковой (б) модульными фрезами:
1 - пальцевая фреза; 2 - дисковая фреза; 3 - делительная головка

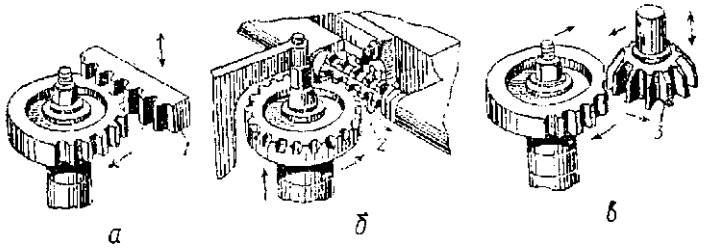


Рис. 1.86. Обработка зубьев по методу обработки:
а - рейкой 1; б - червячной фрезой 2; г - долбяком 3

Недостатки метода обкатки - сложность изготовления и высокая стоиомсть применяемых инструментов (червячных фрез, долбяков, шеверов и др.).

7.4. Нарезание зубьев цилиндрических колес методом копирования

Зубья цилиндрических колес нарезают методом копирования или методом обработки тремя способами: 1) последовательным нарезанием дисковой или концевой (пальцевой) фрезой; 2) параллельным (одновременным) долблением всех зубьев заготовки; 3) параллельным (одновременным) протягиванием зубьев.

Нарезание зубьев фрезами. *Дисковая модульная фреза,* которой нарезают зубья, имеет профиль впадины зуба соответствующего модуля. Теоретически для каждого нарезаемого числа зубьев колеса того же модуля нужна фреза соответсвующего профиля. На практике, пренебрегая незначительными погрешностями, одной модульной фрезой нарезают колеса определенного интервала чисел зубьев. Поэтому комплекты дисковых фрез для каждого модуля состоят из 8, 18 или 26 фрез. Набор из восьми фрез позволяет получить зубчатые колеса 9-й степени точности. Для получения более точных колес применяют комплекты ил 15 или 26 фрез.

Во время работы фреза вращается, а заготовка вместе со столом получает поступательное движение (см. рис. 1.85, б). После прорезания впадины одного зуба заготовка при помощи

делительной головки поворачивается на угол а = 360°/z, затем прорезается следующая впадина и т.д.

Модульные пальцевые фрезы применяются главным образом для чернового нарезания крупномодульных колес (рис. 1.87), а также для изготовления шевронных колес на специальных станках.

Фрезерование зубьев дисковыми и пальцевыми модульными фрезами применяется ограниченно, так как этот метод не обеспечивает индивидуальное и мелкосерийное производства, ремонтные предприятия. В серийном производстве этот метод иногда используют для предварительной подрезки зубьев, оставляя на сторонах зубьев заготовки припуски по 1 - 2 мм на окончательную обработку другими, более точными методами.

Чтобы повысить производительность нарезания зубьев этим методом, применяют многоместную наладку станков на нарезание стопки колес одной фрезой или одновременное нарезание нескольких колес одной фрезой или одновременное нарезание нескольких колес несколькими фрезами, установленными на одной оправке.

Машинное время нарезания, мин, прямозубого колеса

$$T_м = (bk + y)z/kS_М, \qquad (138)$$

косозубого колеса

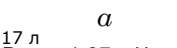
$$T_м = (bk + y)z/kS_М \cos|i, \qquad (139)$$

где b - длина зуба, мм; к - число одновременно обрабатываемых колес; $y = \sqrt{h(d_a - h)}$ (2 - 4) - величина врезания и перебега, мм; h - высота зуба или глубина резания, мм; d_a - наружный диаметр фрезы, мм; z - число зубьев нарезаемого колеса; $S_М$ - подача, мм/мин; [} - угол наклона зуба к оси колеса,^{0}.

Зубодолюление многорезцовыми головками. Одновременное долбление всех впадин обрабатываемого колеса - высокопроизводительный метод предварительной обработки цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями. Обработка производится фасонными резцами, установленными в специальных зубодолбежпых головках. Для каждого обрабатываемого колеса в соответствии с его модулем и числом зубьев дожна быть изготовлена специальная головка. Поэтому станки такого типа применяют только в массовом и крупносерийном производствах для нарезания зубьев под шевингование.

Протягивание зубьев колес - точный и высокопроизводительный метод обработки. Протягивать впадины между зубьями можно последовательно, поворачивая заготовку на один зуб после каждого хода протяжки. Так протягивают зубья больших венцовых колес на вертикальных протяжных станках, снабженных индексирующими столами.

Применяя наборную фасонную протяжку, можно за один



17 л

Рис. 1.87. Черновое нарезание крупномодульных колес (т = 45 : 75 мм) пальцевыми фрезами:
а - подрезка одной фрезой за два прохода с делением припуска по глубине впадины; б - подрезка двумя фрезами; I, II и III - припуск боковых поверхностей зубьев на последующую обработку

ее рабочий ход обрабатывать несколько зубьев. При таком способе получают зубья с высокой точностью профиля, однако точный шаг из-за накопления ошибок в длительном механизме получить трудно.

Таким же способом за один ход протяжки без применения длительного механизма можно обрабатывать все зубья зубчатых секторов. В этом случае погрешностей по шагу нет. При обработке таких деталей в массовом производстве протягивание вытеснило все другие методы нарезания зубьев благодаря высокой производительности и точности обработки.

7.5. Нарезание зубьев цилиндрических колес методом обкатки

Обкатка зубьев осуществляется: червячной фрезой на зубофрезерном станке, круглым долбяком на зубодолбежном станке, гребенкой на зубострогальном станке (в горном машиностроении такие станки применяются редко).

Нарезание зубьев червячной фрезой. Червячная фреза, вращаясь, режет металл непрерывно несколькими своими зубьями (см. рис. 1.86, б), при этом последовательно обрабатываются зубья колеса и не требуется перерывов в резании на отвод и подвод фре.зы. Устанавливают фрезу так, чтобы направление витков ее спирали совпадало с направлением зубьев нарезаемого колеса. Одной червячной фрезой можно нарезать любое колесо заданного модуля, соблюдая условие,

$$i V" n_к = z_к / q, \qquad (140)$$

где $n_ф$ и $n_к$ - соответсвенно частота вращения фрезы и обрабатываемого колеса, об/мин; $z_К$ - число зубьев колеса; q - число заходов червячной фрезы.

Схематично нарезание зубьев на зубофрезерном станке показано на рис. 1.88, *а*. Заготовка нарезаемого колеса жестко связана с делительным червячным колесом, получающим вращение от делительного червяка. Последний кинематически

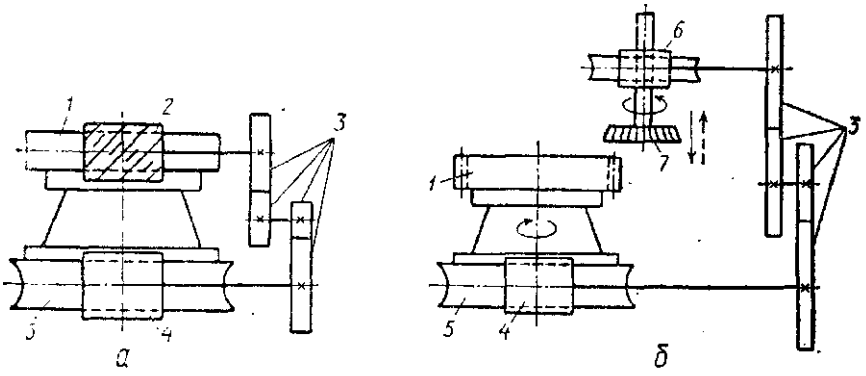


Рис. 1.88. Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес на зубофрезерном (а) и зубодолбежном (б) станке:
1 - заготовка; 2 - червячная фреза; 3 - сменные колеса; 4 - делительный червяк; 5 - червячное колесо делительное; 6 - червячная пара привода долбяка; 7 - долбяк

связан с червячной фрезой через сменные колеса.

Для нарезания зубьев цилиндрических шестерен применяют как однозаходные, так и многозаходные червячнные фрезы (двух- и трехзаходные). Применение многозаходных фрез позволяет увеличить производительность зубофрезерования, однако точность обработки получается хуже.

Машинное время, мин, нарезания червячной фрезой цилиндрического прямозубого колеса

$$T_м = (bk + y)z/_{nq>}Skq, \qquad (141)$$

цилиндрического спирального колеса, мин,

$$T_м = (bk + y)z/n_{q>}Sqk\ \text{cos}|3, \qquad (142)$$

где b - ширина обода колеса, мм;к - число одновременно нарезаемых колес; у - значение врезания и перебега, мм; z - число зубьев нарезаемого колеса; $n_ф$ - частота вращения фрезы, об/мин; S - подача на один оборот заготовки, мм/об; q - число заходов фрезы; В - угол наклона зуба к оси колеса,

Нарезание зубьев круглыми долбяками может применяться для цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями как с наружным, так и с внутренним зацеплением. Зубодолбление - единственный способ нарезания многовенцовых зубчатых колес и внутренних венцов малого диаметра. Круглый долбяк соответствует цилиндрическому колесу того же модуля, что и обрабатываемое колесо. Долбяк и колесо синхронно вращаются, обеспечивая обкат зубьев долбяка по поверхности зубьев нарезаемого колеса.

Частота вращения п заготовки колеса и п долбяка соотношением

$$n_З/n_д = z_{fl}/z,$$

17 л

Рис. Т.89. Схема горячего накатывания зубьев:
1 - задние эталонные шестерни; 2 - карданные валы; 3 - передние эталонные шестерни; 4 - пневматический цилиндр; 5 - трансформатор; 6 - индуктор; 7 - заготовка зубчатого колеса; 8 - рабочий валок; 9 - рабочие цилиндры; 10 - конечные выключатели; 11 - торцевые обкаточные ролики; 12 - реборды; 13 - зубчатый валок; 14 - регулируемые опоры; 15 - электродвигатель

где z - число зубьев долбяка; z - число зубьев нарезаемого колеса.

Машинное время, мин, нарезания цилиндрических зубчатых колес долбяком $T_м = T_в + T$, т.е. равное сумме время врезания и обкатки (время полной обработки):

$$T_м = h/S_р + (7tmz/S_Kn)k, \qquad (143)$$

где h - высота зуба, мм; $S_р$ - радиальная подача на двойной ход долбяка, мм/дв. ход; n - число двойных ходов долбяка в минуту; m - модуль нарезаемого колеса, мм; z - число зубьев нарезаемого колеса; S_K - круговая подача на двойной ход долбяка, мм/дв. ход; к - число проходов.

По сравнению с фрезерованием зубодолбление дает более низкую шероховатость поверхности зубьев,

Основные недостатки зубодолбления: 1) деформация зубчатого венца в процессе обработки снижает точность профиля зубьев; 2) точность обработки снижается вследствие возвратно-поступательного движения больших масс; 3) долбяк переносит на обрабатываемую заготовку свои местные погрешности; 4) при обработке косозубых колес требуется применение специального долбяка и специальных винтов-направляющих для каждого угла наклона винтовой линии зубьев.

Долбление впадин гребенкой осуществляется инструментом, имеющим форму гребенки с профилем зубьев, соответствующим профилю зубьев производственной рейки для данного колеса. Зуб колеса нарезается только при рабочем поступательном движении гребенки, а при возврате в исходное положение гребенка отводится от заготовки. Из-за наличия холостых ходов и прерывистости процесса обработки долбление гребенками по производительности уступает ранее рассмотренным методам обработки колес со средним модулем. Применяют этот

метод при нарезании колес больших модулей.

Точность обработки гребенкой, как правило, выше точности фрезерования червячной фрезой, так как гребенку более высокой точности изготовить легче.

Накатывание зубьев. Горячее накатывание зубьев разработал Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения (ЦНИИТМаш).

Осуществляется горячее накатывание (рис. 1.89) на специальном прокатном станке с нагревом заготовок током высокой частоты до 1000 - 1100°С. Заготовка, обточенная по размеру начальной окружности, деформируется валками, имеющими вид корригированных зубчатых колес с соответственно подобранными размерами зубьев эвольвентного профиля. Зуб формируется за счет пластического "течения" металла, вытесняемого колеса.

Прочность и износостойкость накатанных зубьев значительно повышаются: при их накатывании волокна прокатного металла заготовки не перерезаются, как при механической обработке, а изгибаются по профилю зуба. Улучшается также структура поверхностного слоя металла, создается наклепанный слой. Зубья накатанных колес малого модуля механической обработке не подвергают. Крупномодульные колеса после черновой накатки зубьев, обработки торцов и шлицев проходят операции чистового зубофрезерования и термической обработки.

Закругление торцов, снятие фасок и заусенцев. Закругленность торцов зубьев у передвижных шестерен значительно облегчает их переключение. Закругление выполняют на обычных фрезерных станках при помощи червячной фасонной фрезы либо на специальных зубозакругляющих станках при помощи пальцевой или трубчатой фрезы.

Снятие заусенцев на зубьях колес осуществляется на специальном станке, рабочий цикл которого почти полностью автоматизирован. Заусенцы снимаются быстро вращающимися металлическими щетками.

7-6. Нарезание конических колес

В горном машиностроении применяются конические зубчатые колеса с прямыми и спиральными зубьями 7 - 11-й степени точности. Изготовляют их в соответствии с требованиями точности и шероховатости зубьев по ГОСТ 1643 - 81.

Прямые и косые зубья конических зубчатых колес 7-й, 8-й степеней точности нарезают на специальных зуборезных станках, а при отсутствии таких станков - на универсально-фрезерном станке дисковыми модульными фрезами с использованием делительной головки. При этом малопроизводительном способе получается 9-я, 10-я степень точности. Заготовку конического зубчатого колеса (рис. 1.90, *а)* устанавливают на оправке в шпиндель делительной головки, повернутый в вертикальной плоскости на такой угол, при котором образующаяся впадина между двумя зубьями занимает горизонтальное положение. Нарезаются зубья обычно за три

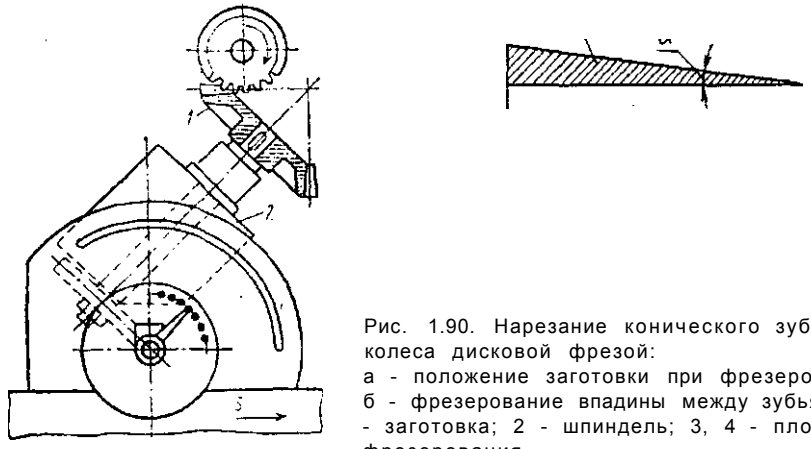


Рис. 1.90. Нарезание конического зубчатого колеса дисковой фрезой:
а - положение заготовки при фрезеровании; б - фрезерование впадины между зубьями; 1 - заготовка; 2 - шпиндель; 3, 4 - площадки фрезерования

прохода, а при малых (до .3 мм) модулях - за два прохода. При первом проходе получают впадину между зубьями шириной a_2 (рис. 1.90, б), причем форма фрезы соответствует форме впадины на ее узком конце. За второй и третий проходы, поворачивая стол делительной головки в соответствующую сторону на угол ос, фрезеруют площадки ***3*** и ***4*** модульной фрезой, профиль которой соответствует наружному профилю зуба. Определить угол можно из формулы

$$\text{tgor.} = (a, - a_2)/2Ь, \qquad (144)$$

где а, и я - ширина *впадины между* зубьями *соответственно на ее* широком и узком концах, мм; b - длина зуба, мм.

При обработке точных конических колес с модулем более 4 мм в условиях крупносерийного производства выгодно применять специальные многопозиционные станки-автоматы для предварительной прорезки впадин. Высоко производительны многошпиндельные станки, имеющие устройство для автоматического деления и одновременного поворота всех обрабатываемых заготовок и рассчитанные на работу твердосплавным инструментом.

Окончательную обработку прямых зубьев конических колес обычно выполняют на зубострогальных станках методом обкатки (рис. 1.91). Принцип работы такого станка основан на воспроизведении обкатывания колеса 1 по воображаемому плоскому колесу 4, зубьями которого как бы являются два строгальных резца ***2*** и ***3,*** закрепленные в ползушках 5 и совершающие возвратно-поступательное движение строгания.

Нарезание осуществляется при следующих движениях: 1) возвратно поступательном двух резцов вдоль образующей конуса заготовки 1 (движение резания); 2) вращении планшайбы с ползушками и закрепленными в них резцами (движение обкатывания); 3) вращении заготовки (круговая подача и

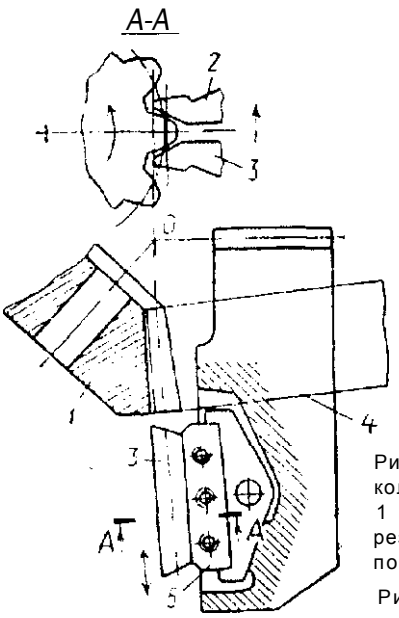


Рис. 1. 91. Нарезание зубьев конического колеса на зубострогальном станке:
1 - нарезаемое колесо; 2, 3 - зубострогальные резцы; 4 - вооброжаемое плоское колесо; 5 - ползушка

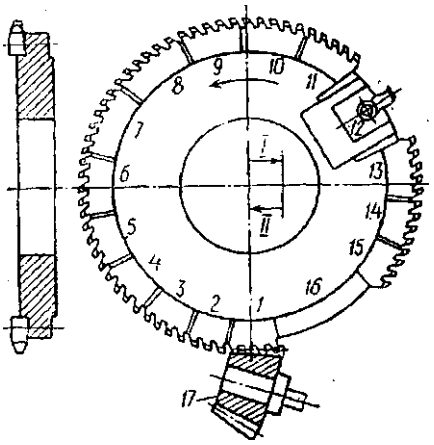


Рис. 1.92. Круговое протягивание зубьев конического зубчатого колеса:
1-11 - блоки с резцами предварительного протягивания; 12 - фасочный резец; 13-15 - блоки с резцами чистового протягивания; 16 - участок без резцов; 17 - заготовка

движение обкатывания). Возвратно-поступательное движение совершается попеременно каждым резцом, обрабатывающим одну сторону профиля зуба. При движении одного резца по направлению к центру О другой в это время движется в обратном направлении. После обработки каждого зуба заготовка поворачивается на следующий зуб при помощи делительного механизма, и таким образом нарезаются все зубья колеса.

Наиболее производительно в массовом производстве круговое протягивание на специальных станках (рис. 1.92), производительность которого в 3-5 раз выше производительности чистового зубострогания.

Заготовка при обработке неподвижна. Круговая протяжка имеет 15 резцовых блоков (секций). Первые одиннадцать'нужны для предварительного протягивания впадины, резец блока *12* предназначен для снятия фасок по боковым поверхностям зубьев на дополнительном конусе колеса, а блоки *13-15* - чистовые, служат для окончательного профилирования зубьев. Протяжка, вращаясь с постоянной скоростью, получает также возвратно-поступательное движение *I - II* с различной скоростью на разных участках пути протяжки. Поэтому траектория движения каждого резца на профилируемой поверхности нарезаемого зуба определяется совокупностью вращательного и поступательного движений протяжки. Поворот звготовки на один зуб происходит во время прохождения мимо заготовки сектора *16,* свободного от

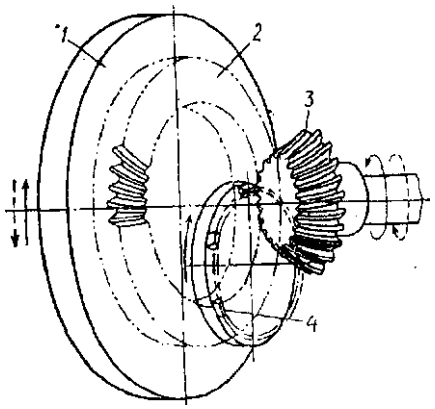


Рис. 1.93. Нарезание конических колес со спиральными зубьями резцовой головкой:
1 - инструментальный барабан; 2 - вооброжаемое производящее конусное колесо; 3 - нарезаемое зубчатое колесо; 4 - зуборезная головка с резцами, расположенными по окружности на торце головки

резцов. Обработка производится со скоростью резания v = 14- 25 м/мин.

Конические колеса с криволинейными зубьями все больше применяются в горном машиностроении благодаря техническим достоинствам и эксплуатационным преимуществам. Криволинейные зубья обрабатываются червячными коническими фрезами или зуборезными многорезцовыми головками на специальных станках. Станки для нарезания конических колес с криволинейными зубьями могут работать с высокими режимами резания благодаря наличию плавного вращательного движения и повышенной жесткости. Резцовые головки для нарезания спиральных зубьев снабжаются набором специальных фасонных резцов, расположеных по окружности на торце головки; диаметры головок 150-300 мм. Резцовая головка закрепляется на инструментальном барабане (рис. 1.93), который может поворачиваться вокруг своей оси в любую сторону. Принцип нарезания конического колеса со спиральными зубьями основан на обкатывании обрабатываемого колеса по воображаемому плоскому колесу со спиральными зубьями, одним из которых является каждый резец резцовой головки.

Нарезание осуществляется при следующих движениях: 1) медленном вращении резцовой головки (движение резания); 2) медленном вращении заготовки в ту же сторону (движение обкатывания); 3) обратном быстром вращении резцовой головки и заготовки и одновременном отводе стола с бабкой, на которой закреплена заготовка, после обработки впадины зубьев; 4) повороте заготовки на один шаг для обработки следующей впадины.

Машинное время нарезания конических зубчатых колес методом кругового протягивания или с криволинейными зубьями

$$T_м = (t, - t_2)z/60, \qquad (145)$$

где t, - время нарезания одной впадины, с; t_2 - время поворота заготовки на один зуб, подвод и отвод ее в исходное положение, с; z - число зубьев нарезаемого зубчатого колеса.

Рис. 1.94. Шевингование зубьев конических колес:
а - шевером-рейкой; б - дисковым шевером; 1 - обрабатываемое колесо; 2 - плоский шевер; 3 - дисковой шевер

7.7. Отделочная работа зубьев

Эксплуатационные качества зубчатой передачи (плавность работы, износостойкость, прочность, бесшумность) зависят от тщательности обработки боковых поверхностей зубьев. Отделочную обработку применяют для колес, изготовляемых по нормам 6 - 8-й степени точности. Зубья должны иметь шероховатость боковых поверхностей $R_a < 1{,}25$ мкм.

Отделка незакаленных зубьев* цилиндрических колес выполняется шевингованием и обкаткой, закаленных - шлифованием и притиркой. *Шевингование зубьев* (рис. 1.94) заключается в срезании с их поверхности тонких волосообразных стружек толщиной 1-5 мкм металлическим инструментом - шевером. Шевер имеет форму зубчатого колеса (дисковый шевер) или зубчатой рейки (плоский шевер). На поверхности каждого зуба шевера нанесены мелкие канавки. Кроме этого канавки являются режущими элементами шевера. Стружка снимается шевером во время движения обрабатываемого колеса и шевера, находящихся в зацеплении. При этом происходит относительное скольжение поверхностей зацепляющихся зубьев колеса и шевера.

Обработка дисковым шевером по сравнению с обработкой шевером-рейкой имеет следующие преимущества: меньшую стоимость инструмента, более простое устройство станка, возможность обрабатывать многовенцовые шестерни и зубчатые венцы внутреннего зацепления. В силу этих и некоторых других причин более распространен метод шевингования диском.

Машинное время при шевинговании цилиндрических зубчатых колес дисковым шевером

$$T_м = [(b + 10)z/n_{u}|z_{u}|S_{np}](a/S_{ll})k, \qquad (146)$$

гдеЬ - длина зуба, мм; 10 - суммарная длина врезания и перебега, мм; z и $г_ш$ - число зубьев соответственно обрабатываемого колеса

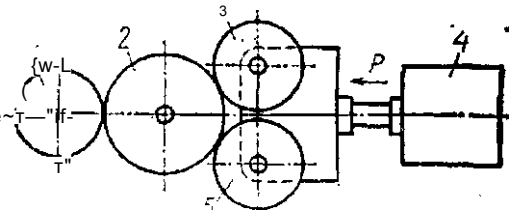


Рис. 1.95. Обкатка цилиндрического зубчатого колеса:
1 - шестерня-калибр; 2 - сырое колесо; 3, 5 - закаленные шестерни-калибры; 4 - пневмоустройство

и шеверя; $n_{щ}$ - частота вращения шевера, об/мин; S_{RP} - продольная подача в миллиметрах на один оборот зубчатого колеса; S_{RP} = =0,25 мм/об; а - припуск на шевингование, мм; S_B - вертикальная подача на один ход стола, мм; к - коэффициент, учитывающий дополнительные калибрующие проходы; к = 1,1 - 1,2.

Шевингование повышает точность предварительной обработки зубьев на одну-две степени точности.

Обкатка зубьев (рис. 1.95) - процесс получения гладкой их поверхности под давлением закаленных шестерен-калибров 3 и*5* на обрабатываемое сырое колесо ***2.*** Обкатка происходит вращением ведущей шестерни-калибра 1 в две стороны с одинаковой частотой (3-25 об/мин). Давление шестерен-калибров на обкатываемое колесо создается поршневым пневмоустройством 4.

Для колес, подвергающихся последующей термической обработке, обкатка бесполезна и даже усложняет термическую обработку.

Отделка закаленных зубьев. *Шлифование зубьев* является способом получения наиболее точных высококачественных колес. При этом способе отделки можно получить 5 - 6-ю степень точности зубьев практически независимо от точности предварительной обработки и искажений термической обработки. Недостатки зубошлифования (сложность конструкций станков и их наладки, высокая стоимость обработки и сравнительно низкая производительность) позволяют применять его только для отделки точных и ответственных зубчатых колес, например угольных и проходческих комбайнов: врубовых и других машин, а также для зуборезных инструментов.

Зубья цилиндрических колес шлифуют одним из следующих методов: фасонными кругами методом копирования или дисковыми кругами методом обкатки.

При шлифовании по методу копирования профиля инструмента (рис. 1.96, *а)* колесо во время обработки неподвижно, а шлифовальный круг, вращаясь со скоростью 30 - 35 м/с, возвратно-поступательно движется со скоростью 8 - 1 6 м/мин, шлифуя при этом впадину между зубьями. После каждого двойного хода шлифовального круга колесо поворачивается на один зуб и фиксируется в новом положении. Круг профилируется алмазами. Шлифование производится за три-четыре прохода круга по каждой впадине зуба, при этом может быть удален припуск 0,1 - 0,2 мм на сторону зуба. Для зубчатых колес с модулем m = 2 - 5 мм время обработки одного зуба составляет 0,3 - 0,8 мин.

Рис.' 1.96. Зубошлифование:
а - 'одним профильмым шлифовальным кругом методом копирования; б - двумя тарельчатыми шлифовальными кругами методом обкатки; 1 - колесо; 2 - производящая рейка

Машинное время зубошлифования методом копирования

$$T_м = 2Likz/1000v, \qquad (147)$$

где L - длина хода сто ля, мм; i - число проходов; к = 1,3 - 1,5 - коэффициент, учитывающий время деления, т.е. поворота зубчатого колеса на один зуб; z - число зубьев колеса; v - скорость возвратно-поступательного движения стола, м/мин. Длина хода стола

$$L = b + \sqrt{h(D - h)} + 10, \qquad (148)$$

где b и h - соответственно длина и высота зуба, мм; D - диаметр круга, мм; 10 - перебег стола, мм.

По методу обкатки (рис. 1.96, б) зубья шлифуют двумя тарельчатыми шлифовальными кругами или одним конусным кругом. Оси кругов наклонены друг к другу так, что их рабочие плоскости как бы образуют зуб производящей рейки, по которой обкатывается обрабатываемое колесо. Движение обкатки складывается из двух составляющих: вращения колеса 1 относительно своей оси и его перемещения вдоль воображаемой производящей рейки *2*. Это перемещение равно дуге поворота обрабатываемой заготовки, а направление - противоположно.

Таким способом можно шлифовать прямозубые и косозубые колеса с весьма высокой точностью. Износ шлифовальных кругов компенсируется автоматически специальным механизмом. Недостатки способа - низкая производительность и высокая стоимость обработки. Время обработки *составляет 2* - 3 мин на зуб.

Машинное время зубошлифования методом обкатки двумя тарельчатыми кругами

$$T_м = (Li/nS + it)z, \qquad (149)$$

где L - длина хода стола, мм; i - число проходов; п - число обкаток в минуту; S - продольная подача на одну обкатку; мм; t - время

на переключение и деление, мин; *г* - число зубьев колеса. Длина хода стола

$$L = b + *|h(D - h) + 10, \qquad (150)$$

Для повышения производительности зубошлифования в настоящее время выпускают станки, на которых непрерывное шлифование профиля зубьев колеса производится абразивным червяком методом обкатки.

Притирка зубьев осуществляется на особых станках и успешно заменяет шлифование зубьев после их термической обработки. Инструментами - притирами - обычно служат два или три зубчатых колеса, изготовленных из мягкого мелкозернистого чугуна. В процессе работы притиры смазывают или поливают смесью мелкозернистого абразивного порошка с маслом. Обрабатываемое колесо 3 находится в зацеплении с притирами *1, 2* и*4* (рис. 1.97). Ось притира *2* параллельна оси обрабатываемого колеса. Оси притиров *1* и *4* скрещены с осью колеса под углом 3 - 4°, что увеличивает скольжение абразивных зерен по обрабатываемой поверхности зуба. Кроме вращения с частотой 150 - 300 об/мин обрабатываемое колесо получает возвратно-поступательное движение влоль своей оси (40 - 200 дв. ход/мин).

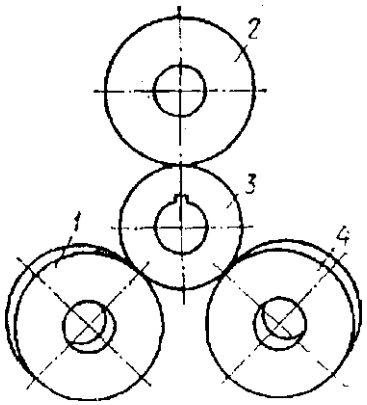


Рис. 1.97. Притирка цилиндрического зубчатого колеса:
1, 2, 4 - притиры; 3 - обрабатываемое колесо

Точность обработки притиркой достигает 6 - 7-й степени, а шероховатость поверхности R_a = 0,32 - 0,02 мкм. Снимаемый "притиркой слой металла составляет 0,02 - 0,05 мм. Поэтому специального припуска на притирку не оставляют, а используют фактическое отклонение в пределах поля допуска на толщину зуба колеса. Время притирки равно 0,05 - 0,1 мин на зуб для .колес с модулем 2 - 5 мм.

7.8. Контроль обработки зубчатых колес

Технический контроль изготовленных зубчатых колес осуществляют либо непосредственно их проверкой, либо профилактической проверкой точности средств производства. Колеса малых и средних размеров ответственных зубчатых передач (врубовых машин, конвейерных приводов, комбайнов и др.) обычно контролируют, непосредственно проверяя Комплекс погрешностей обработанных колес. Для крупногабаритных колес (экскаваторов, подъемных машин и др.) практически трудно создать приборы контроля с весьма малой относительной погрешностью измерения - несколько микрометров при диаметре

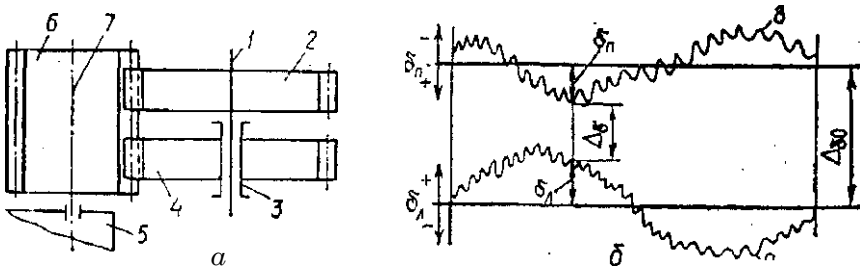


Рис. 1.98. Контроль обработки зубьев зубчатого колеса:
а - схема прибора для комплексного контроля зубчатых колес; б - профилограммы однопрофильных измерений зубчатого колеса за один его оборот: 1, 7 - шпиндель; 2 - проверяемое колесо; 3 - пустотелый шпиндель; 4 - измерительное колесо; 5 - передвижная коретка; б - промежуточное колесо; 8, 9 кривые

более 1 м. Поэтому занимаются профилактической проверкой средств производства по соответствующим элементам технологической системы, участвующим в обработке поверхностей зубьев.

Регламентированные стандартом показатели кинематической точности, плавности хода, контакта зубьев и бокового зазора сопрягаемых колес можно проверять прибором для комплексного однопрофильного контроля зубчатых колес (рис. 1.98, а). На шпиндель 1 неподвижной каретки надевается проверяемое колесо *2.* Измерительное колесо *4* закреплено на пустотелом шпинделе 3. Промежуточное колесо в вращается на шпинделе 7, установленном на передвижной каретке 5, и находится в закреплении с колесами *2* и *4.* При вращении колеса ***6*** погрешности колеса ***2*** вызовут его отставание или опережение относительно контрольного колеса *4.* Прибор снабжен индуктивным датчиком и электросамописцем. Последний регистрирует погрешности па бумаге в виде кривых *8* и *9* (рис. 1.98, б). Контроль осуществляют за один оборот колеса в одну сторону (кривая *8),* а затем после выбора бокового зазора $Д_{50}$ - в $Д_1У_1У^{10}$ сторону (кривая *9).*

Показателем плавности работы колеса является многократно повторяющаяся погрешность 5 колеса, определяемая как среднее значение размаха цилиндрически повторяющихся колебаний кинематической погрешности за один оборот колеса в правую $5_П$ или в левую $5_Л$ сторону. Размах колебаний кривых однопрофильных погрешностей по левым и правым профилям зубьев (рис. 1.98, б) характеризует полные кинематические погрешности колеса за один оборот, Изменяющиеся расстояния между обоими кривыми соответствуют боковым зазорам $Д_5$ между зубьями колеса в различных фазах его поворота.

$$" (8_Л + 8_П), \qquad (151)$$

где А - боковой зазор реверсирования колеса при его контроле, мм; $о_л$ и $5_П$ - текущее значение кинематической погрешности

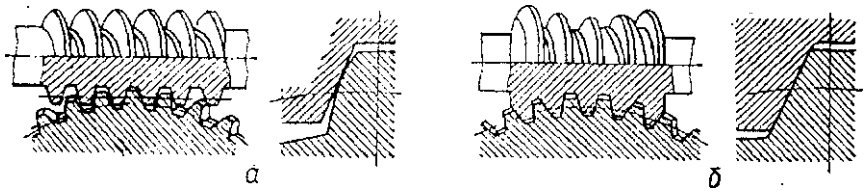


Рис. 1.99. Червячные передачи:
а - с цилиндрическим червяком; б - с глобоидным червяком

колеса соответственно по левым и правым профилям, мм.

На аналогичном приборе, снабженном специальным кронштейном, можно выполнять комплексную проверку также конических зубчатых колес.

Система цехового контроля обработки колес обычно предусматривает обязательный косвенный или профилактический контроль средств производства, заменяющий непосредственную проверку изготовленных зубчатых колес. Заключается этот контроль в проверке точности: 1) зуборезного станка; 2) изготовления и заточки режущего инструмента; 3) установки режущего инструмента; 4) установки и закрепления приспособления; 5) установки и закрепления заготовки.

Нормы точности для указанной проверки приводятся в стандартах. Методы и средства контроля зубчатых колес подробно излагаются в книге А.И. Якушева [30] .

7.9. Изготовление цилиндрических и глобоидных червяков

В горном машиностроении применяют червячные передачи с цилиндрическим (рис. 1.99, а) и глобоидным (рис. 1.99, б) червяком. В глобоидной червячной паре червяк в осевом сечении имеет криволинейную поверхность, описанную вращением начальной поверхности колеса вокруг оси червяка, благодаря чему в зацеплении одновременно находятся несколько зубьев, что позволяет при одинаковых размерах передач значительно увеличить передаваемую нагрузку. Глобоидные передачи применяют в угледобывающих машинах и некоторых типах редукторов лебедок и конвейеров. В угледобывающих машинах используются червячные передачи 7-й степени точности с нормальным гарантированным зазором.

Токарная обработка заготовок как цилиндрических, так и глобоидных червяков выполняются на токарных станках и состоит из цилиндровки, черновой и чистовой обточки. Основные и наиболее трудоемкие операции технологического процесса изготовления червяков - образование профиля витков, термическая обработка и отделка профиля. Нарезать витки цилиндрических червяков можно: 1) на токарном станке резцом, профиль которого имеет форму и размеры впадины между зубьями червяка; 2) фрезерованием дисковой фрезой на специальном резьбофрезерном станке или специальном червячно-фрезерном станке; 3) червячной фрезой на зубофрезерном станке; 4) методом

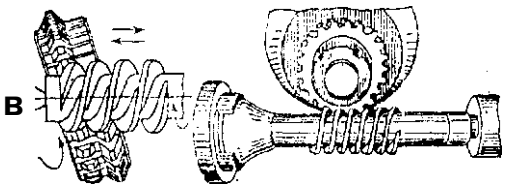


Рис. 1.100. Нарезание цилиндрического червяка: а - резцом на токарном станке; б - дисковой фрезой; в - червячной однониточной фрезой; г - обкаткой долбяком

обкатки долбяком.

Метод нарезания червяков резцом (рис. 1.100, о.) точен, но малопроизводителен.

При фрезеровании червяка дисковой фрезой (рис. 1.100, б) ось вращения фрезы наклонена к оси червяка под углом, равным углу подъема витков червяка. Фрезерование выполняется сразу на полную глубину витка. Быстро вращающаяся фреза медленно перемещается вдоль оси вращающейся заготовки. За один оборот заготовки фреза перемещается на один шаг. Метод значительно производительнее предыдущего, но вследствие наклона оси фрезы искажается профиль витков червяка. Поэтому нарезание червяков дисковой фрезой обычно применяют в качестве предварительной операции. Последующую чистовую обработку осуществляют на токарном или шлифовальном станке.

Нарезание витков червячной однониточной фрезой на зубофрезерном станке (рис. 1.100, *в)* оказывается весьма эффективным, особенно при фрезеровании многозаходных червяков. Обработка ведется аналогично процессу нарезания цилиндрического зубчатого колеса. Нарезаемый червяк является как бы зубчатым колесом с числом зубьев, равным числу заходов червяка. Станок настраивается, как на нарезание цилиндрического зубчатого колеса с винтовыми зубьями. При нарезании червячной однониточной фрезой также искажается профиль *витков червяка,* и поэтому требуется *последующая* чистовая обработка.

Нарезать червяки с модулем до 6 мм и углом наклона винтовой линии до 10° с высокими производительностью и точностью можно многозубыми обкаточными резцами, имеющими форму зуборезного долбяка (рис. 1.100, *г).* Профиль резцов-долбяков рассчитывают в зависимости от параметров червяка, а нормальная геометрия зубьев обеспечивается специальной

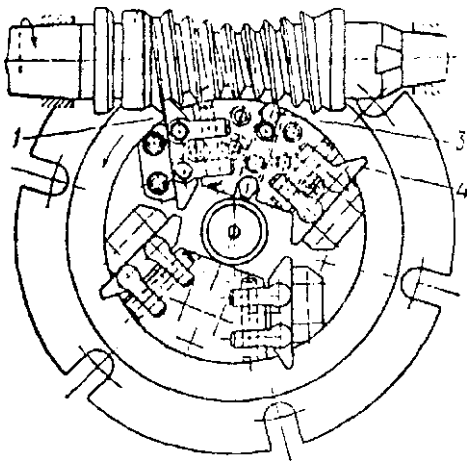


Рис. 1.101. Нарезание глобоидного червяка трехрезцовой головкой: 1 - левый резец; 2 - обрабатываемый червяк; 3 - средний резец; 4 - правый резец

заточкой. Обработка происходит на станке ЕЗ - 10А.

Чтобы придать трущейся поверхности профиля высокую твердость, червяк после нарезания подвергают поверхностной закалке. Погрешности профиля, образовавшиеся при термической обработке, исправляют шлифованием. Припуск на шлифование составляет 0,1 - 0,2 мм на сторону в зависимости от модуля червяка.

Глобоидные червяки нарезают на зубофрезерных станках методом обкатки при помощи трех- (рис. 1.101) или многорезцовой головки, или многозубого обкаточного резца в виде зуборезного долбяка. Многорезцовую головку устанавливают на столе станка вместо зубчатого колеса, а нарезаемый червяк - вместо червячной фрезы. После нарезания витков червяк подвергают термической обработке, цементируют, закаливают и отпускают до заданной твердости.

7.10. Изготовление червячных колес

В горном машиностроении обычно применяют червячные колеса, состоящие из двух частей - стальной или чугунной ступицы и насаженного на нее бронзового венца. Сначала ступица и венец раздельно проходят черновую токарную обработку на токарном или карусельном станке. Затем после насадки венца осуществляется чистовая обработка заготовки колеса также на токарном или карусельном станке. Прежде, всего обрабатывают отверстие, а затем, используя отверстие в качестве базы, ведут наружную обработку под зубья и торцевые плоскости.

Зубья червячных колес нарезают на зубофрезерных станках методом обкатки при непрерывном вращении червячной фрезы и колеса, воспроизводящих зацепление червячной пары. Для получения правильных зубьев рабочая часть фрезы по форме и размерам должна быть тождественна поверхности червяка, который будет работать в паре с этим колесом, а расположение фрезы относительнб нарезаемого колеса должно быть таким же,

Рис. 1.102. Нарезание зубьев червячных колес:
а - радиальной подачей; б - тангенциальной подачей; в - летучим резцом; 1 резец; 2 - оправка

каким будет расположение работающего в паре с ним червяка.

В зависимости от степени точности червячного колеса и вида производства применяют следующие способы фрезерования зубьев колеса: 1) червячной фрезой способом радиальной подачи; 2) червячной фрезой с заборным конусом способом тангенциальног! (осевой) подачи; 3) летучим резцом способом тангенциальной или радиальной подачи; 4) червячным шевером - отделочное фрезерование.

Нарезание зубьев червячной фрезой способами радиальной (рис. 1.102, а) и тангенциальной (рис. 1.102, б) подач применяют в серийном и массовом производствах. В индивидуальном производстве червячное колесо можно нарезать довольно простым и дешевым способом - летучим резцом (рис. 1.102, *в).* Резец 1, укрепленный на оправке 2, представляет собой однозубую фрезу. При работе с небольшой подачей и некоторым увеличением машинного времени применение такого упрощенного инструмента позволяет получить червячное колесо с зубьями сравнительно высокой точности.

Для отделочной обработки зубьев колеса в массовом производстве применяют червячный шевер (рис. 1.103). В индивидуальном и мелкосерийном производствах шевингование не оправдывает себя из-за высокой стоимости шеверов.

Машинное время, мин, нарезания червячного колеса при фрезеровании способом радиальной подачи

$$T_м = - W S \wedge q , \qquad (152)$$

где 3 - путь инструмента относительно обрабатываемой детали, мм; модуль колеса, мм; z - число зубьев нарезаемого колеса; S - радиальная подача на один оборот заготовки, мм/об; $п_ф$ -

Рис. 1.103. Шевингование зубьев червячного колеса

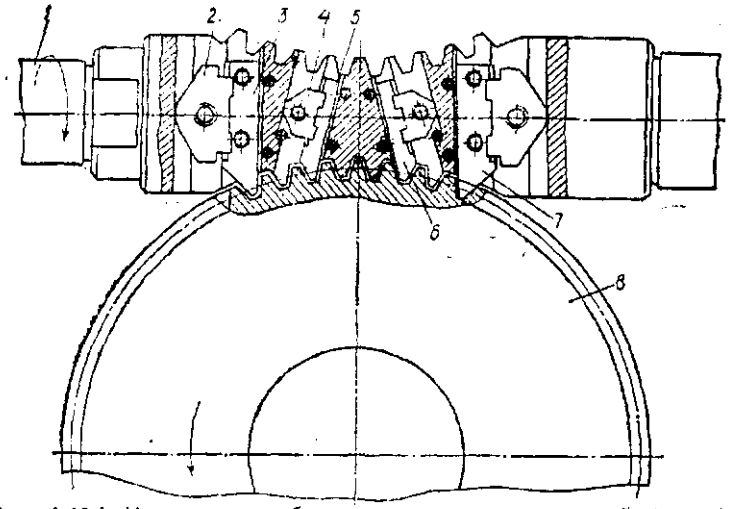


Рис. 1.104. Нарезание глобоидного колеса специальной фрезой: 1 - корпус фрезы; 2, 4 - клин; 3 - левый резец; 5 - левый средний резец; 6 - правый средний резец; 7 - правый резец; 8 - нарезаемое червячное колесо

частота вращения фрезы, об/мин; q - число заходов фрезы;

при фрезеровании способом тангенциальной подачи

$$T_м = Згая^ЛЧ^а, \quad (153)$$

где $3mz^{0,5}$ - путь инструмента относительно обрабатываемой детали, мм; $S_т$ - тангенциальная подача на один оборот заготовки, мм/об.

Обработка зубьев глобоидных колес аналогична обработке обычных червячных колес и выполняется специальными инструментами для нарезания (рис. 1.104) с последующей отделкой шевингованием. Нарезание заканчивают По достижении заданной толщины зуба и шероховатости не более R = 3,2 мкм.. Припуск на шевингование составляет 0,05 - 0,10 мм.

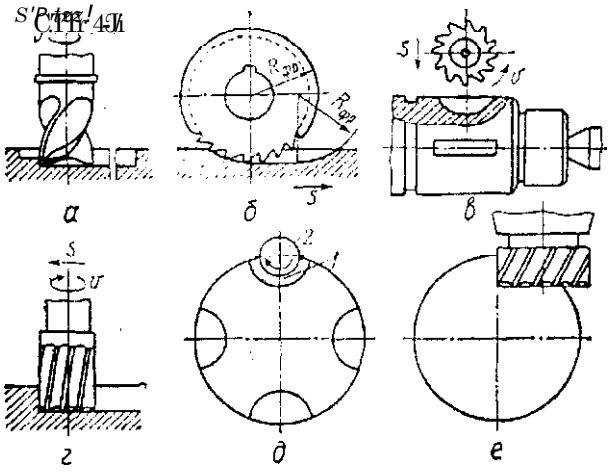


Рис. 1.105. Фрезерование шпоночных пазов:
а - двухперой пальцевой фрезой; 6- дисковой фрезой; в - фрезой из сегментных шпонок; г - пальцевой многозубой фрезой; д - расточным резцом 1 на бортштанге 2; е - торцевой фрезой

Глава 8. ОБРАБОТКА ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИИ

8.1. Обработка шпоночных пазов

Основное назначение шпоночного и шлицевого (многошпоночного) соединений - передача вращательного движения и крутящего момента от одной детали к другой.

Фрезерование шпоночных пазов - весьма ответственная операция. От точности фрезерования боковых граней шпоночного паза зависит характер посадки на шпонку сопрягаемой с валом детали. Шпоночные пазы фрезеруются после окончательной обработки цилиндрических поверхностей точением.

Применяют несколько способов фрезерования шпоночных пазов (рис. 1.105). Фрезерование паза специальной двухперой пальцевой фрезой с маятниковой подачей (рис. 1.105, *а)* - наиболее точный, но непроизводительный способ. Паз фрезеруется за несколько проходов, перед каждым из которых шпиндель автоматически углубляется на 0,2 - 0,4 мм. Машинное время при этом

$$T_м = (L + y + l_п)h/S_M t, \qquad (154)$$

где L = 1 - d - расчетная длина обработки, мм; 1 - длина шпоночной канавки, мм; d - диаметр фрезы, мм; y - длина врезания, мм; для открытого с двух сторон паза y = 0,5d + (0,5 - 1,0), для открытого с одной стороны паза и для закрытого паза y = 0; 1 - перебег, мм; для паза, открытого с одной и с двух сторон, $l_п$ = 1 : 2 мм, для закрытого паза $1_П$ = 0; h - глубина шпоночного паза, мм; S_M - продольная подача шпиндельной бабки, мм/мин; t - вертикальная подача шпинделя на двойной ход шпиндельной бабки, мм.

Фрезерование шпоночного паза дисковой фрезой на фрезерном станке общего назначения (рис. 1.105, б) - способ производительный, но менее точный, чем предыдущий, вследствие разбивки паза по ширине. Разбивка вызывается упругими деформациями оправки, неправильностью заточки фрезы и ее торцевым биением. Машинное время фрезерования паза дисковой фрезой

$$T_м = (1 + y + l_n)/S_M, \qquad (155)$$

где y =/h(d - h) + (0,5 - 2) - путь врезания, мм; 1 = 1 - 3 - перебег, мм.

Паз для сегментной шпонки фрезеруют специальной дисковой фрезой с концевым креплением (рис. 1.105, *в).* При этом фреза врезается в направлении радиуса вала с весьма малой подачей *S.* Машинное время обработки сегментной шпоночной канавки

$$T_м = (h + y)/S, \qquad (156)$$

где y =• 0,5 - 1 - путь врезания, мм.

Шпоночный паз для клиновой шпонки фрезеруют торцевой фрезой (рис. 1.105, *е)* по разметке на продольно-фрезерном станке.

Шпоночные канавки в отверстиях ступиц зубчатых колес, шкивов и других деталей в индивидуальном и мелкосерийном производствах обрабатывают на долбежных станках, а в крупносерийном и массовом получают протягиванием на горизонтально-протяжных станках.

Шпоночное, соединение как конструктивное решение недостаточно технологично. Заданную точность при изготовлении шпоночных соединений получить трудно. При сборке часто требуются слесарные пригоночные работы. Поэтому в серийном и массовом производствах стремятся по возможности шпоночные соединения заменить шлицевыми.

8.2. Обработка шлицевых соединений

Шлицевые соединения выполняют с высокой степенью точности, что совершенно исключает подгоночные работы при сборке. Широко распространены прямобочные шлицевые соединения (рис. 1.106, а и б). Для ответственных передач применяют соединения со шлицами, очерченными по эвольвенте или по трапеции (рис. 1.106, *в* и *г),* которые центрируются по боковым сторонам шлицев.

В зубчатых передачах и муфтах горных машин используются два типа центрирования шлицевых соединений: по наружному диаметру *D* (рис. 1.106, *а)* и по внутреннему диаметру *d* вала (рис. 1.106, *б).* В соединениях первого типа зазор предусматривается между внутренним диаметром вала и наружным диаметром ступицы, а в соединениях второго типа - между наружным диаметром вала и внутренним диаметром ступицы. В каждом из этих соединений существует зазор и между

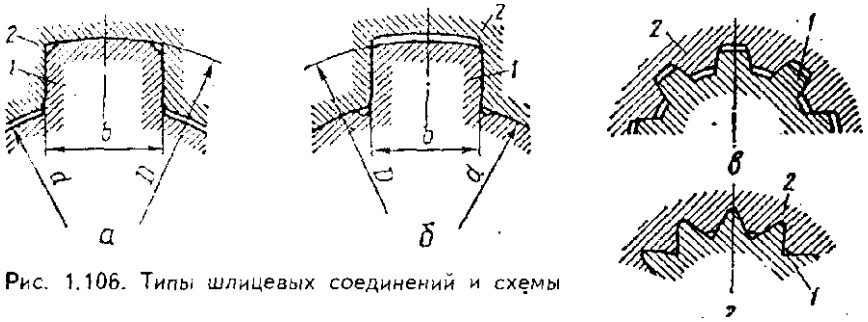


Рис. 1.106. Типы шлицевых соединений и схемы

боковыми сторонами шлицев. Центрирование по наружному диаметру технологически более просто, однако в горных машинах обычно применяют внутреннее центрирование как более точное.

Технологический процесс обработки шлицевого вала состоит ил следующих основных операций: 1) токарная обработка вала; 2) обработка шлицев; 3) термическая обработка; 4) шлифовка внешних поверхностей; 5) шлифовка элементов шлицев.

Нарезать шлицы на валах можно двумя способами: 1) фрезеруя дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 1.107, *а, б* и *в);* 2) фрезеруя по методу обкатки специальными червячными фрезами на шлицефрезерных или обычных зубофрезерных станках (рис. 1.107, г). Шлицы валов небольших диаметров (до 100 мм) фрезеруют за один проход, больших - за два прохода.

Машинное время фрезерования одной канавки шлицев дисковой фасонной фрезой (рис. 1.107, *а)*

$$T_м = (1 + 1_{вр} + 'l_n)z/S_м, \qquad (157)$$

где 1 =\lh(D - h) + (1 - 2) - длина врезания, мм; 1 = 2 - 5 - перебег, мм; z - число шлицев; $S_м$ - подача мм/мин.

Наиболее точным и производительным является фрезерование шлицев способом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы (рис. 1.107, г). Машинное время в этом случае обработки, осуществляемой за один проход,

$$T_м = (1 + 1_{вр} + l_n)z/Snq, \qquad (158)$$

где $1_{вр} = (1{,}1 - l{,}2)i/h(D - h)$ - длина врезания, мм; S - подача фрезы на один оборот нарезаемого вала, мм/об; п - частота вращения червячной фрезы, об/мин; q - число заходов фрезы.

Чтобы обеспечить высокую точность элементов шлицевого профиля, необходимо черновую и чистовую операции выполнять на различных станках. В шлицевых соединениях с центрированием по внутреннему диаметру вала (см. рис. 1.106, б) шлицевые канавки на сыром валу фрезеруют на шлицефрезерном (или зубофрезерном) станке. Затем после термической обработки (закалки) вала канавки шлифуют на шлифовальном станке. При этом точность центрирующего

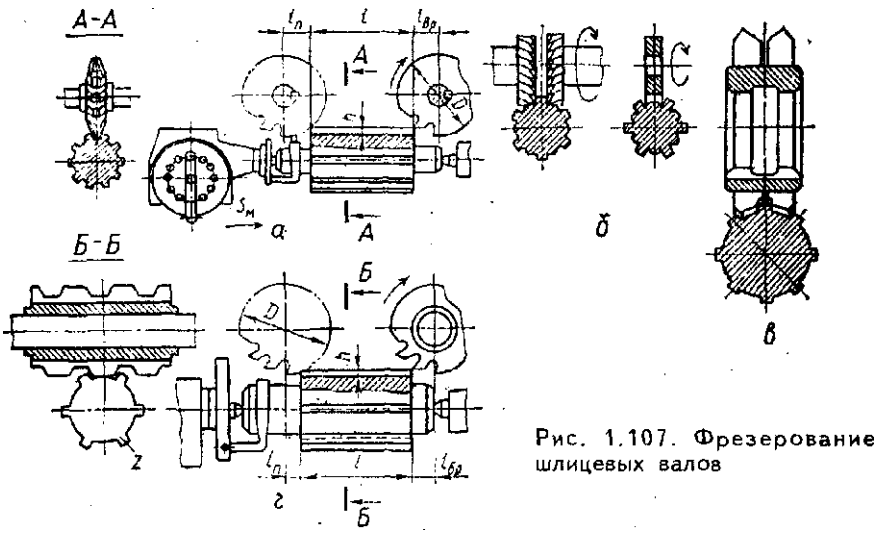


Рис. 1.107. Фрезерование шлицевых валов

диаметра достигает 6-го квалитета, а шероховатость поверхности составляет R_a = 2,5 : 0,6 мкм. В охватывающей детали, т.е. в зубчатом колесе или в муфте, шлицевые канавки получают протягиванием на горизонтально-протяжном станке; при термически обработанной детали (цементация, закалка и отпуск) внутренняя поверхность отверстия, соприкасающаяся с внутренней шлифованной поверхностью вала, обрабатывается на внутришлифовальном станке.

В шлицевых соединениях с центрированием по наружному диаметру вала (см> рис. 1.106, *а)* шлицевые канавки вала обрабатывают так же, как и в шлицевых соединениях с центрированием по внутреннему диаметру. В охватывающей детали в этом случае наиболее, точно должна быть обработана поверхность шлицев по диаметру *D.* Поскольку эту поверхность нельзя шлифовать, такой тип шлицевых соединений применяют только тогда, когда по условиям работы соединения вал и втулка могут изготовляться без термической обработки.

Эвольвентные шлицы во втулке обычно нарезают на зубодолбежных станках. В массовом производстве применяют протягивание эвольвентных шлицев, которое во много раз производительнее долбления. Недостатком этого способа является сложность изготовления протяжки с эвольвентным профилем.

Контролируют шлицевые поверхности на валах и втулках при помощи комплексных шлицевых калибров-пробок **и** калибров-колец.

Г л а в а 9. ОБРАБОТКА РЕЗЬБОВЫХ И ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

9.1. Общие сведения

В зависимости от назначения существуют два вида резьб: *крепежная* - для соединения различных частей и механизмов машин; *ходовая* - для осуществления поступательного перемещения деталей, узлов и машин.

Различают *конические* и *цилиндрические* крепежные резьбы. Конические резьбы обычно применяют при необходимости обеспечить плотность резьбового соединения и облегчить его разборку. Наиболее распространены цилиндрические крепежные резьбы с треугольным профилем - метрические (с углом профиля 60°) и дюймовые (с углом профиля 55°). Различают цилиндрическую резьбу с крупным и мелким шигом Р.

Ходовые резьбы бывают прямоугольного и трапецеидального профилей - одно- и многозаходные. Это *трапецеидальная* и *упорная* резьбы. Упорную резьбу применяют в условиях значительных динамических нагрузок и загрязнений.

Другие цилиндрические резьбы - *трубная* резьба, представляющая собой измельченную по шагу дюймовую резьбу с закругленными вершинами и впадинами; *круглая* резьба для санитарно-технической арматуры; *часовая* резьба, применяемая обычно в точном приборостроении, когда диаметр резьбового соединения не превышает 1 мм, и др.

Изготовление резьб - довольно сложный процесс, так как наряду с выполнением требований по точности диаметральных размеров необходимо строго выдерживать и другие характеристики резьбы (угол профиля, шаг резьбы, шероховатость поверхности). Требования, предъявляемые к различным видам резьб, предусматриваются стандартами.

Образовать резьбу можно на цилиндрической, конической и плоской поверхности.

Резьбовые и винтовые, поверхности обрабатывают либо снятием стружки (нарезание резьбы режущими или абразивными инструментами на металлорежущих станках), либо способом пластической деформации заготовок без снятия стружки (накатывание или выдавливание резьбы). Выбор метода образования резьбы определяется назначением, формой и размерами резьбового профиля, конструкцией соединения с другими деталями, размерами и числом обрабатываемых деталей, их твердостью, требованиями к точности и к качеству обработанной поверхности и некоторыми другими факторами.

Выполняют резьбу многими способами, каждый из которых имеет довольно широкую область применения:

1) нарезают резцами (в индивидуальном и мелкосерийном производствах для наружных и внутренних резьб). Способ широко применяется при нарезании крупных и многозаходных резьб и образовании резьбы на резьбонарезных полуавтоматах и автоматах;

2) Нарезают внутреннюю резьбу метчиком - во всех видах производства для ручной и машинной обработки резьбовых

поверхностей на сверлильных, токарных и револьверных станках, автоматах и гайконарезных автоматах;

3) нарезают наружную резьбу круглыми плашками (лерками) *- способ малопроизводительный, но широко распространенный вследствие малой стоимости инструмента, простоты его эксплуатации и возможности применения при ручной и машинной работах;

4) нарезают наружную резьбу резьбонарезными головками - обеспечивает высокие производительность и точность;

5) фрезеруют наружные и внутренние резьбы на резьбофрезерных станках;

6) нарезают резьбы резцовыми головками (вихревое, скоростное нарезание) - при обработке наружных и внутренних резьбовых поверхностей на универсальных токарных и резьбовых станках;

7) нарезают резьбы обкаточными и многозубыми резцами (долбяками) - способ весьма производительный при нарезании крупных многозаходных резьб большого диаметра;

8) шлифуют резьбы - чаще всего в инструментальном производстве при обработке точных наружных и внутренних резьб однониточными и многониточными кругами на сырых и закаленных заготовках;

9) накатывают резьбы - самый производительный и точный способ, обеспечивающий получение прочной резьбы;

10) нарезают миогозаходные резьбы (широко применяют в горном машиностроении). Особенность обработки заключатеся в том, что после нарезания одной нитки обрабатываемую заготовку необходимо повернуть на ISO* при двухзаходной резьбе, на 120° - при трехзаходной и т. д. Поворачивают заготовку при помощи специальной планшайбы, iiM.-4om.cii два диска. Один диск может поварачиваться относительного другого в зависимости от числа заходов резьбы. Угол поворота отсчитывают по лимбу на вращающемся диске;

11) нарезают при помощи передвижения верхних салазок суппорта с резцом на величину расстояния между ходами резьбы - менеее точный, но не требующий никаких приспособлений способ;

12) нарезают многозаходную резьбу при помощи многорезцовых державок с количеством резцов, равным числу ниток резьбы, - наиболее производительный способ. Установка резцов требуется точная - расстояние между ними должно быть равно шагу между смежными нитками, а их вершины должны находиться на одной линии, параллельной оси.

9.2. Нарезание наружных резьб

Нарезание резьб резцами или гребенками. Нарезание наружных резьб на токарно-винторезных и револьверных станках профильными невращающимися резцами (стержневыми, призматическими и круглыми) или гребенками применяют главным образом в инструментальных цехах при изготовлении метчиков, калибров и других изделий с точными резьбами, а в некоторых случаях для обработки деталей машин. При больших

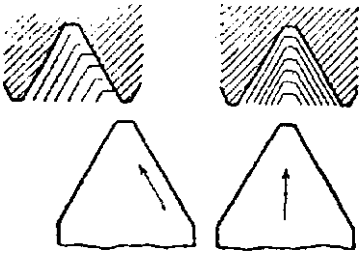


Рис. 1.108. Подачи резца при нарезании треугольной резьбы

Рис. 1.109. Схемы работы и общие виды винторезных головок

масштабах производства такие способы нарезания нецелесообразны вследствие малой производительности. Невращающимися резцами резьба нарезается за несколько (иногда до 20) ходов. Окончательный профиль резьбы соответствует профилю режущих кромок чистового резца.

Треугольную резьбу резцом нарезают двумя способами, различающимися направлением углубления резца в каждый следующий ход. При углублении резца вдоль одной из сторон профиля (рис. 1.108, *а)* условия нарезания резьбы улучшаются, но резьба получается менее точной. Поэтому черновые ходы следует делать с подачей вдоль сторон профиля, а чистовые - с радиальной подачей (рис. 1.108, б).

Круглыми плашками резьбу нарезают на станках токарной группы или вручную при вращательном движении вокруг оси изделия и поступательном - вдоль оси. Диаметр резьбы, нарезаемой при помощи плашек, не превышает 50 мм, скорость нарезания - не более 5 м/мин. Резьба не всегда получается точной из-за возможной деформации плашек при их термической обработке.

В массовом и крупносерийном производствах для нарезания резьб широко применяют самораскрывающиеся

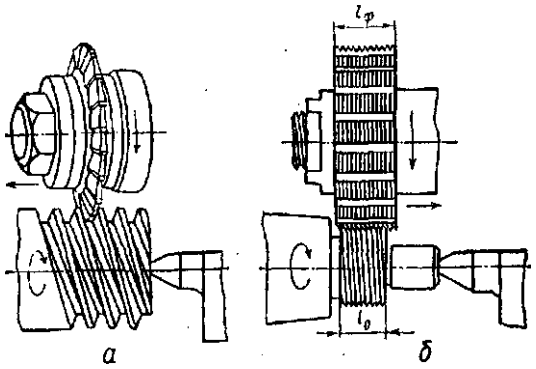


Рис. 1.110. Фрезерование наружной резьбы фрезами

резьбонарезные головки, устанавливаемые на токарных, револьверных, болторезных станках и автоматах. В этом инструменте резцы по окончании нарезания автоматически расходятся, чем исключается обратное свинчивание головки с нарезаемой детали и головка быстро возвращается в исходное положение. Скорость нарезания самооткрывающимися винторезными головками составляет 14 - 16 м/мин, производительность в 2 - 4 раза выше, чем у круглых плашек. При помощи винторезных головок можно получить весьма точные резьбы.

Конструкции резьбовых головок стандартизованы. Обычно их изготовляют с тангенциальным и радиальным расположением плоских плашек, а также с круглыми плашками (рис. 1.109).

Машинное время при нарезании резьбы плашками

$$T_м = (l_, + l_{ВР} + g/P\,n + (1. + l_{вр} + l_П)/Pп_а, \qquad (159)$$

где 1 - длина нарезаемой резьбы, мм; 1 - длина врезания плашки, мм; $l_п$ - длина перебега плашки, мм; $l_{в|>} = l_п = (1 - 2)P$; Р - шаг нарезаемой резьбы, мм; п - частота вращенкя плашки при рабочем ходе, об/мин; $п_0$ - частота вращения плашки при обратном ходе (при свинчиваний), об/мин.

Машинное время при нарезании резьбы самораскрывающимися резьбонарезными головками определяется по той же формуле, но без второго слагаемого.

Нарезание резьбы фрезерованием осуществляется на резьбофрезерных станках при помощи дисковых и групповых (гребенчатых) фрез (рис. 1.110). В первом случае (рис. 1.110, *а*) деталь медленно вращается, а дисковая фреза, вращаясь быстрее, наклонена к оси вращения под углом наклона резьбы и подается вдоль оси обрабатываемой детали. Этот способ применяется только для предварительного нарезания прямоугольных и трапецеидальных резьб на длинных ходовых винтах. После фрезерования выполняют чистовое нарезание резьбы резцом или шлифование шлифовальным кругом.

Машинное время при нарезании резьбы дисковой фрезой на резьбофрезерных станках

$$т_м = [(1_{„} + 1_{вр} + l_n)/P](7td/S_M \cos a)(i/m), \qquad (160)$$

где 1 - длина нарезаемой резьбы, мм; $1_{вр}$ - длина врезания, мм; $1_{вр}$= (l - 3)P; l_n = (1 - 3)P - для резьбы на проход и $1_п$ = 0 для резьбы в упор, мм; P - шаг нарезаемой резьбы, мм; d - наружный диаметр нарезаемой заготовки, мм; a - угол подъема резьбы, i-число рабочих ходов; m - число заходов резьбы; S_M - минутная круговая подачя, мм/мин:

$$S_M = 8_2 z n_ф, \qquad (161)$$

где S - подача фрезы на один зуб, мм/зуб; z - число зубьев фрезы; п - частота вращения фрезы, об/мин.

Во втором случае (рис. 1.110, б), применяемом для фрезерования остроугольной или трапецеидальной резьбы небольшой длины с мелким шагом, ось групповой (гребенчатой^ фрезы расположена параллельно оси вращения нарезаемой детали. Резьба получается на всей поверхности детали'за один-два оборота. За это время фреза перемещается вдоль оси на один шаг. Длица фрезы $L = I + (2 : 3)P$.

Машинное время для нарезания резьбы групповой фрезой на- резьбофрезерных станках

$$T_м = l{,}2Ttd/S_M, \qquad - \qquad (162)$$

При нарезании резьбы фрезерованием необходимо применять смазывающе-охлаждающую жидкость в виде эмульсии растительных масел с керосином или скипидаром или сульфофрезол (осерненное масло).

9.3. Нарезание резьбы вращающимися резцами

Способ, известный под названием вихревого нарезания резьбы (рис. 1.111), широко применяется на заводах горного машиностроения и представляет собой разновидность фрезерования резьбы. Наиболее часто применяется схема (рис. 1.111, а), при которой резание получается более плавным благодаря образованию более тонкой и длинной стружки. Принцип вихревого нарезания заключается в следующем. Изделие медленно вращается, а один из резцов, закрепленных в быстро вращающейся головке, периодически приходит в соприкосновение с обрабатываемой поверхностью. Резцовая головка помещена на шпинделе, расположенном эксцентрически по отношению к оси обрабатываемой детали (рис. 1.111, *а).* В головке закрепляется один, ^два или четыре резца. Скорость вращения шпинделя резцовой, головки составляет 1000 - 3000 об/мин, заготовки - 30.'.-300 об/мин^в зависимости от материала, диаметра и шага резьбы. Производительность этого способа выше производительности фрезерования резьбы. Например, применение вихревого нарезания резьбы на осях шахтных вагонеток повысило производительность по сравнению с применявшимся до этого фрезеробанием резьбы в 2 раза, а также сократило расходы на изготовление режущих инструментовА так как стоимость

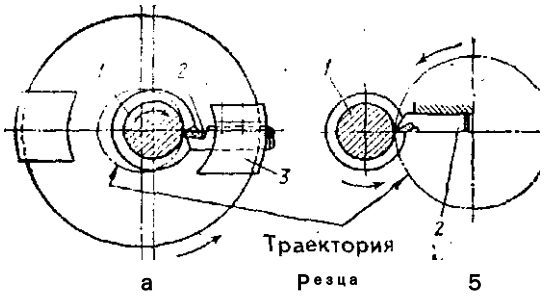


Рис. 1.111. Вихревое нарезание резьбы вращающимся резцом, описывающим внутреннюю (а) и внешнюю (б) траектории

резьбовых фрез намного превышает стоимость резцов.

Машинное время вихревого нарезания резьбы

$$T_м = (1. + 1_{вр} + l_n)7cd/S.z_p n_{p>} \qquad (163)$$

где 1L - длина резьбы, ММ $1_{вр}$ - длина врезания резца, мм; $1_{вр}$ = (1 - 2)F; Р - шаг нарезаемой резьбы, мм; $1_п$ - длина Перебега резца, мм; обычно $1_п = 1_№$; d - наружный диаметр резьбы, мм; S^- круговая подача заготовки на один резец за один оборот резцовой головки, мм/об; $z_р$ - число резцов, установленных в резцовой головке; $z_р$ = 1 - 4; $п_р$ - частота вращения резцовой головки, об/мин.

9.4. Шлифование резьб

Точную резьбу ответственных режущих и измерительных инструментов (метчиков, резьбовых калибров), а иногда и ответственных деталей горных машин шлифуют после их термической обработки. Мелкие резьбы с шагом до 1,5 мм шлифуют непосредственно на цилиндрической поверхности заготовки без предварительного их образования каким-либо другим способом.

Шлифуют резьбу на специальных резьбошлифовальных станках однониточными (дисковыми) или многониточными (гребенчатыми) шлифовальными кругами. При этом может быть достигнута следующая точность резьбой 0,002 мм по среднему диаметру, 0,01 мм по шагу иуо,2" по углу профиля. Резьбошлифование - трудоемкий и дорогостоящий процесс.

Машинное время для шлифования резьбы однониточным кругом

$$T_м = (l_0 + 1_{ВР} + l_n)ak/PnS_n, \qquad (164)$$

где а - припуск на шлифование, мм; к - коэффициент, учитывающий точность шлифования; Р - шаг резьбы, мм; п - частота вращения детали, об/мин; S_n - поперечная подача на один ход (глубина шлифования), мм.

Машинное время при шлифовании резьбы многониточным кругом

$$T_м = ndn\ /1000v, \qquad (165)$$

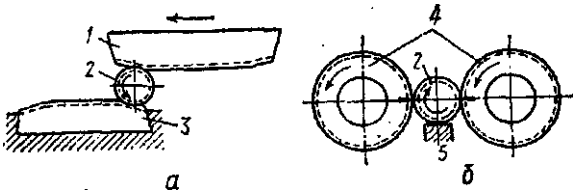


Рис. 1.112. Накатывание резьбы плоскими плашками (а) и роликами (б)

где d - наружный диаметр резьбы, мм; n = 2,2 - число оборотов заготовки за время нарезания резьбы (первый оборот - предварительное шлифование, второй - окончательное; 0,2 оборота принимаются на подвод заготовки к кругу, выполняемый во время ее вращения); v - скорость вращения заготовки, м/мин.

9.5. Накатывание резьб

В массовом и крупносерийном производствах широко применяется накатывание резьбы на болтах, шпильках и других подобных деталях. Это наиболее производительный из всех способов образования резьбы, позволяющий получить резьбу высокой чистоты и точности. При накатывании не перерезаются волокна матёриала, как при нарезании резьбы. Резьба образуется в результате вдавливания резьбонакатных плашек в металл заготовки и выдавливания части материала в рифленые канавки инструмента. При этом поверхностный слой обрабатываемой детали уплотняется, прочность и твердость его увеличивается.

Применяют два основных способа накатывания резьбы (рис. 1.112) - плоскими плашками и роликами. В первом случае полный цикл образования резьбы происходит за один двойной ход подвижной плашки *1* (рис. 1.115, *а),* во втором случае - за один двойной поперечный ход подвижного ролика (рис. 1.115, б). Производительность накатывания резьбы плоскими плашками выше, но при работе возникают большие давления. Поэтому этот метод не рекомендуется применять для накатывания резьбы на пустотелых заготовках. На заводах горного машиностроения применяют^ накатные станки как первого, так и второго типа.

Диаметр заготовки под накатывание

$$d_3 = У0{,}5(d^2 + d,^2) \ , \qquad (166)$$

где d - наружный диаметр резьбы, мм; d, - внутренний диаметр резьбы, мм.

9.6. Нарезание внутренних резьб

Внутренние резьбы можно нарезать резцами, метчиками, раздвижными плашками, резьбовыми фрезами. Нарезание резцами из-за низкой производительности применяется только в мелкосерийном и единичном производствах и при изготовлении инструмента.

Резьбы в отверстиях малого и среднего диаметров (до 52 мм) чаще всего нарезают метчиками. Классификация и конструкции метчиков, а также патронов для их крепления на

станках приводятся в справочниках. Машинными метчиками нарезают резьбы на токарных и револьверных станках, автоматах, полуавтоматах, на гайконарезных, а в некоторых случаях и на сверлильных станках. Вручную нарезают внутренние резьбы слесарными метчиками.

Для нарезания внутренней резьбы на револьверных станках и автоматах применяют самозакрывающиеся метчики, принцип действия которых сходен с принципом действия самораскрывающихся головок для нарезания наружной резьбы - как только нарезание наружной резьбы окончено, режущие гребенки автоматически сдвигаются, что позволяет вывести метчики из отверстия, в котором нарезалась резьба. Для нарезания гаек в массовом производстве применяют специальные/ гайконарезные автоматы с кривыми метчиками, закрепленными в специальном патроне.

Машинное время при нарезании резьбы <метчиком в сквозном и глухом отверстиях

$$T_м = \quad + 1,Р + {}^1п)/Рп + (1. + !_вР + 1_П)/*Ч> \qquad (167)$$

где I - длина врезания метчика, мм; $1_{вр}$ = (1 - 3)Р; Р - шаг резьбы, мм; $1_П$ - длина перебега метчика, мм; $1_П$ = (2 - 3) мм при сквозном отверстии и 1 = 0 при глухом.

Машинное время при нарезании гаек самозакрывающимся или кривым метчиком определяется по той же формуле, но без второго слагаемого.

9.7. Образование внутренних резьб пластическим деформированием

Внутренние цилиндрические и конические резьбы можно получить следующими способами пластического деформирования: 1) применением самонарезающих винтов; 2) выдавливанием бесстружечными метчиками; 3) раскатыванием резьбовыми головками.

Самонарезающие винты изготовляются на закаленной стали и имеют в поперечном сечении форму скругленного многогранника (огранку) для более легкого их ввинчивания в отверстие. В некоторых случаях применяют винты без огранки. Диаметр отверстия в детали подбирают таким, чтобы после ввинчивания винта резьба имела полный профиль. Такой способ рекомендуется для ввинчивания стальных шпилек в корпусные детали из цветных металлов и сплавов. Он обеспечивает плотное неразъемное резьбовое соединение, но требует применения большой силы ввинчивания и точного центрирования шпильки по оси отверстия.

Кинематика получения внутренних зубьев бесстружечными метчиками полностью соответствует кинематике обычных режущих метчиков. Бесстружечный метчик, как и режущий, состоит из заборной, калибрующей частей и хвостовика (рис, 1.113). На заборной части резьба коническая с полным профилем, на калибрующей - цилиндрическая. Основная отличительная особенность бесстружечного метчика от режущего

Рис. 1.113. "Бесстружечный" метчик

Рис. 1.114. Резьбовая головка с шестью раскатными роликами

- стружечных канавок у него нет, а поперечное сечение имеет форму многогранника со скругленными гранями. Наличие огранки облегчает попадание смазки в зону формообразования резьбы, а при накатывании глухих резьб предотвращает образование гидравлической подушки на дне отверстия. Основную работу по формообразованию резьбы выполняет заборная часть метчика. Калибрующая его часть направляет метчик по оси отверстия и окончательно формирует профиль резьбы. При вх>ащении и осевом перемещении бесстружечного метчика в отверстии металл, вытесняемый витками заборного конуса метчика, заполняет пространство между витками, приобретая их форму.

Бесстружечные метчики разделяют на две группы:

1) работающие по принципу открытого контура, у которых внутренний диаметр резьбы iir участвует в формировании внутреннего диаметра резьбового отверстия. На вершинах профиля резьб, получаемых лтнм методом, образуется характерный кратер. Наличие кратера на прочности профиля не сказывается, но повышает упругие свойства резьбового соединения и способствует более благоприятному распределению рабочего усилия между витками резьбы;

2) работающие по принципу замкнутого контура., у которых внутренний диаметр резьбы формирует вершину внутреннего диаметра резьбы детали. Недостаток способа: в процессе формообразования резьбы возникают примерно в два риза большие силы, чем в предыдущем случае.

Основные преимущества бесстружечных метчиков по сравнению с обычными режущими метчиками: стабильность получения резьбы высокой точности; стойкость бесстружечных метчиков при получении резьбы в цветных металлах и их сплавах до 10 раз выше стойкости обычных режущих метчиков; до двух раз более высокая скорость работы; на 25 - 35 % большая прочность резьбы, чем нарезанной, за счет более благоприятного распределения внутренних напряжений в резьбе; значительно меньшая шероховатость поверхности резьбового профиля; отсутствие необходm\iости в удалении стружки, что очень важно при получении резьб в глухих отверстиях, в условиях автоматизированного производства.

Раскатные резьбовые роликовые головки (рис. 1.114) применяют для получения внутренних резьб диаметром более 30 мм. Их преимущество - более низкие контактные напряжения в рабочей зоне формирования розl>бы вследствие преобладания трения каченпя между рабочими роликами и обрабатываемой деталью. Основной недостаток :->той группы устройств -

недостаточная прочность резьбовых поверхностей роликов **и их** цапф. Это не позволяет применять роликовые головки для обработки высокопрочных материалов и получить резьбы с крупным шагом. Кроме того, из-за конструктивных ограничений не представляется возможным получать резьбы малого диаметра.

В промышенности применяется новый **способ** бесстружечного изготовления резьб на ганках из пластинчатых сталей и сплавов с помощью метчика оригинальной конструкции. Стоимость такого метчика не превышает стоимости существующего стандартного, срок его службы во много раз выше, а главное, он позволяет в два-три раза повысить производительность трудя. Сравнительные испытания нового инструмента в условиях Днепропетровского метизного объединения в течении годя дали следующие результаты: на изготовление одной тонны гаек расходуется 35 метчиков стандартной конструкции, в то время как новых в среднем требуется только полторя. С внедрением нового метчика прочность гаек значительно повысилась {на один порядок). Большой эффект дает также применение новых бесстружечных метчиков для восстановления смятой или сорванной резьбы на ремонтируемых деталях, что подтверждается практикой.

Г л а в а К). ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И РОБОТОВ".

10.1. Общие сведения

Станки с программным управлением (ПУ) представляют **собой** полуавтоматы, все подвижные органы которых совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по заранее установленной программе. В отличие от полуавтоматов и **автоматов** с жесткими кинематическими связями здесь не требуются сложные и дорогостоящие изготовлении кулачки, копиры и упоры, что значительно упрощает и удешевляет наладку и делает применение этих станков рентабельным при обработке небольших партий деталей и даже единичных заготовок. Вместе с тем гибкость систем числового программного управления **(ЧПУ)** и легкость их включения в общие системы управления от единой вычислительной машины делают целесообразным применение станков с **ЧПУ** и в условиях .массового производства, в том числе и в составе автоматических линий. Это особенно важно, когда даже в установившемся мж-лмяшм производстве **обновление и** смена выпускаемой продуки-ш происходят довольно часто.

Основными преимуществами станков с ПУ: 1) уменьшение объема разметочных работ; 2) быстрая и простая переналадка при переходе от одной детали к другой (смена приспособления, инструмента и программы); 3) повышение производительности труда за счет основного и вспомогательного времени, так как весь цикл обработки автоматизирован; 4) повышение точности обработки, что во многих случаях уменьшает трудоемкость

* Глава написана проф. Руденко П. А.

последующих операций и сборки; 5) снижение брака по причине утомляемости рабочего; 6) низкая квалификация рабочих-операторов, так как все функции управления станком берет на себя технолог, разрабатывающий программу; 7) возможность многостаночного обслуживания (один человек обслуживает 2-3 станка); В) снижение затрат на приспособления, контрольно-измерительные устройства и инструменты (отпадает необходимость в кондукторах, шаблонах, копирах, габаритах); 9) уменьшение числа подъемно-транспортых механизмов и устройств; 10) улучшение условий труда рабочего; 11) сокращение производственных площадей.

Станки с ЧПУ повышают производительность труда на фрезерных работах - в 1,8 - 2,5 раза, на токарных - в 1,2 - 2,5 и на расточных - в 1,3 - 2,7 раза.

К недостанкам станков с ЦУ можно отнести: 1) высокую стоимость, в 1,5 - 10 раз превышающую стоимость обычных станков; 2) недостаточную надежность систем ПУ (станки с жесткими кинематическими связями более надежны); 3) необходимость в весьма высокой квалификации ремонтников; 4) необходимость в специальной подготовке технологов; 5) станки оправдывают себя только при их загрузке в 2 - 2,5 смены.

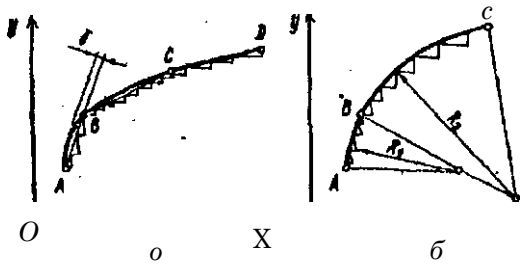
Применяемые в настоящее время системы ПУ могут быть классифицированы по разным признакам. По методу задания программы они делятся на системы циклового и системы числового программного управления.

Система циклового программного управления позволяет запрограммировать лишь последовательность и скорость перемещения подвижных органов станка, что достигается набором коммутирующих элементов (штеккеров, переключателей) на панели управления или штеккерном барабане. При этом величины перемещений органов в состав программы не входят, они обеспечиваются переналаживаемыми электроупорами.

Система числового программного управления (ЧПУ) помимо последовательности и скорости перемещений подвижных органов станка позволяет программировать и числовые значения по;ремещений без каких-либо коммутирующих элементов, что достигается использованием программоносителя в виде магнитной или перфорированной ленты. Переналадка такого станка часто сводится лишь к смене программы и поэтому не требует значительных затрат времени. Такие станки наиболее пригодны для автоматизации серийного и мелкосерийного производств. По виду рабочих движений станка системы ЧПУ делятся на две группы: позиционные (координатные) и контурные (непрерывные).

Позиционные системы программного управления применяют в тех случаях, когда необходима точная установка инструмента или заготовки в рабочую позицию и когда скорость перемещения подвижных органов станка и их траектория с точностью обработки не связаны. Такие системы применяют: на расточных и сверлильных станках для обеспечения высокой точности совмещения оси шпинделя с осью обрабатываемого отверстия.

Контурные системы ЧПУ применяют в станках, где



о *б*

Рис. 1.115. Интерполяция криволинейного контура

требуется управление совместными движениями двух или нескольких рабочих органов при непрерывной функциональной связи между ними. Такая необходимость возникает при токарной и фрезерной обработках заготовок, ограниченных криволинейными поверхностями.

По способу передачи информации контурные системы управления делят на непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные. В непрерывных системах информация передается непрерывно в процессе работы станка (системы с амплитудной модуляцией). В дискретных системах информация передается импульсами тока в шаговые двигатели станков. Дискретно-непрерывные системы по командам управляющей программы могут работать как в непрерывном, так и в дискретном режимах. Наиболее распространены дискретные системы управления, осуществляемые с помощью интерполяторов. Интерполятор - вычислительное устройство, преобразующее кодовую запись на перфоленте в командные импульсы для двигателей подач с целью обеспечения перемещения исполнительных органов станка по осям координат.

На перфоленте обрабатываемый контур может быть задан только дискретно, т.е. координатами отдельных его точек *A, B, C, D,* называемых опорными (рис. 1.115). Траектория движения инструмента между соседними опорными точками определяется видом интерполяции, которую осуществляет интерполятор. Интерполяторы могут быть трех основных типов: линейные, перемещающие инструмент между соседними опорными точками по прямой линии (рис. 1.115, а); линейно-круговые, осуществляющие перемещение между опорными точками не только по прямым, но и по дугам окружностей (рис. 1.115, б); линейно-параболические (перемещение по прямым и параболам). Наибольшее распространение в современных системах с ЧПУ получили линейные и линейно-круговые интерполяторы.

Следует помнить, что интреполятор не обеспечивает непрерывную функциональную связь между движениями по осям координат. Он перемещает инструмент по прямой, дуге окружности или параболе только приближенно, включая подачу попеременно, то вдоль одной, то вдоль другой оси. Эти величины скачков равны или кратны цене одного управляющего импульса, поступающего из интерполятора в механизм подачи, или импульса, формируемого датчиком обратной связи. Цена импульса, или дискретность системы в современных станках, применяется из ряда: 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05 мм.

Если контур или поверхность формируется не точкой

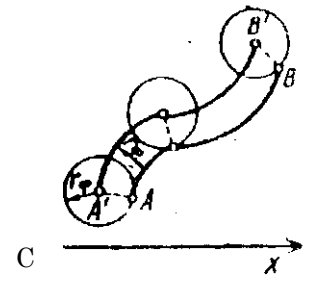


Рис. 1.116. Движение центра фрезы при обработке криволинейного контура

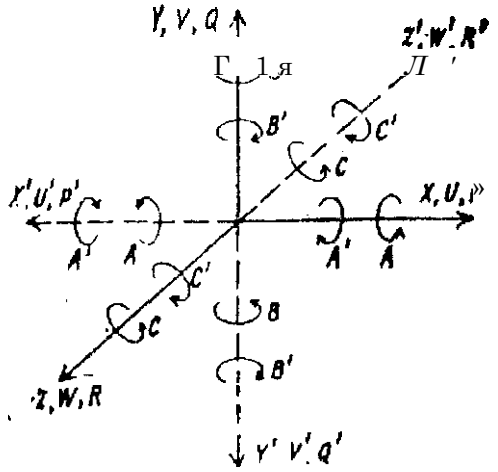


Рис. 1.117. Стандартные системы координат в станках с ЧПУ

(вершиной резца), а другой поверхностью, например, поверхностью вращения фрезы, то заданный контур (поверхность) образуется как огибающая всех положений фрезы относительно заготовки в процессе обработки. Тогда в программу записывают не координаты точек контура обрабатываемой поверхности, а координаты опорных точек траектории движения какой-либо характерной точки фрезы. В простейшем случае обработки плоского контура АВ (рис. 1.116) программируется движением центра фрезы радиуса $r_ф$ вдоль кривой АВ. Траектория перемещения центра фрезы в этом случае эквидистантна заданному контуру АВ. Необходимость находить эквидистантные кривые значительно усложняет программирование обработки.

Большинство отечественных и зарубежных станков с ЧПУ имеют систему координат, предложенную Международной организацией по стандартизации - *ISO.* В основу положена правая система координат с осями *X , Y , Z,* которые указывают положительные направления движения инструмента относительно неподвижной заготовки. Если инструмент неподвижен, а движется заготовка относительно инструмента, то соответствующие ее положительные перемещения, направленные в противоположные стороны, обозначаются буквами X', Y', Z' (рис. 1.117).

За положительные направления перемещений подвижных органов принимают такие их пермещения, при которых инструмент и заготовка удаляются друг от друга. При расположении системы координат в пространстве пользуются следующими правилами: ось X всегда располагают горизонтально, а ось *Z* совмещают с осью вращения инструмента. Лишь в токарных станках, где вместо инструмента вращается заготовка, ось Z совмещают с осью шпинделя. Во многих станках имеют место случаи, когда по одной и той же оси предусмотрено перемещение нескольких (двух-трех) рабочих органов. Тогда

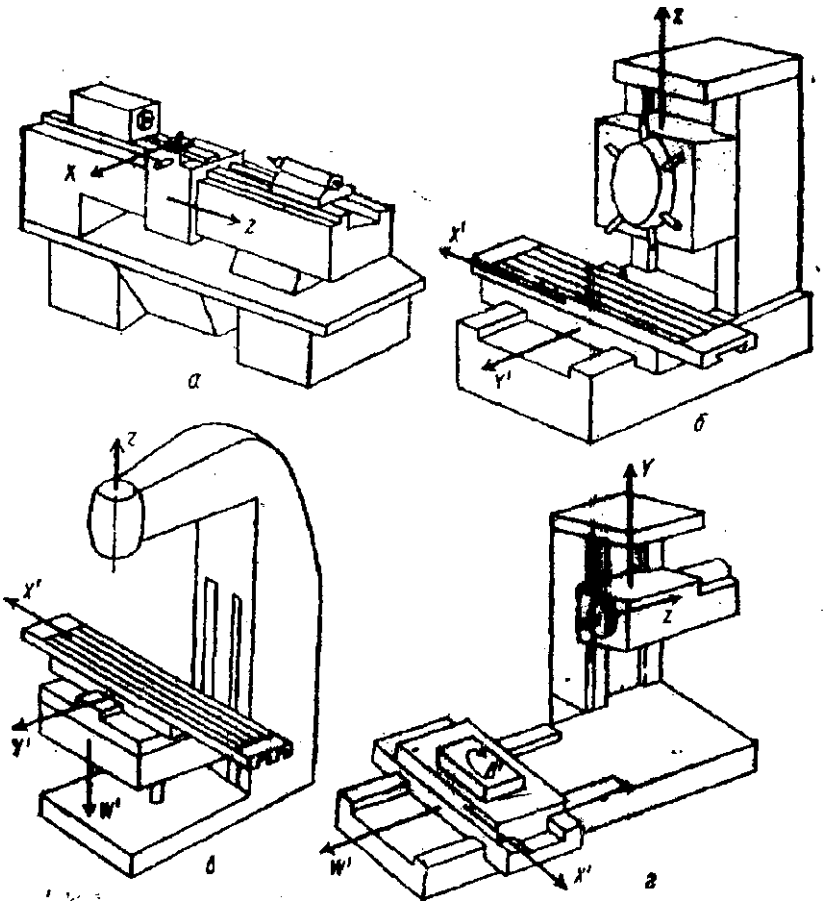


Рис. 1.118. Расположение осей координат в станках с ЧПУ: а - токарный; 6 - вертикально-фрезерный; в - сверлильный; г - расточной

используются вторичные (Г/, *V, W*) и третичные (Р, *Q, R)* оси. Круговые перемещения инструмента относительно заготовки считаются положительными при направлении против часовой стрелки, если смотреть на острие соответствующей оси координат. Обозначаются они латинскими буквами *А, В, С.* При круговых движениях заготовки положительные напрвления меняются на обратные, а угловые координаты обозначаются *А* , *В* , С .

На рис. 1.118 представлены примеры расположения осей координат для наиболее типичных компоновок станков с ЧПУ^

Для программирования обработки кроме направления осей координат необходимо установить способ и начало отсчета перемещений по каждой оси. В системах ЧПУ используют два различных способа отсчета: абсолютный и относительный (в приращениях). При абсолютном способе отсчета положение начала координат фиксировано для всей программы обработки.

Это начало называют станочным нулем и для каждого подвижного органа всегда оговаривают в паспорте станка или инструкции к нему. При работе от станочных нулей на программоносителе записывают абсолютные значения координат последовательно расположенных опорных точек.

В системах с относительным способом отсчета Координат нулевым каждый раз принимают положение исполнительного органа, которое он занимал перед началом очередного перемещения к следующей опорной точке. В программу в этом случае записывают приращепия координат при переходе от предыдущей к последующей точке. Первая опорная точка программы называется исходной, или старт-точкой. Она выверяется при настройке станка и играет роль начала координат, от которого рассчитывают программу обработки конкретной заготовки. Такой способ отсчета используют почти во всех современных позиционных системах ЧПУ.

Технологические возможности станков с ЧПУ обычно выше возможностей обычных станков, благодаря их повышенной точности и жесткости. Особенно широкими возможностями обладают обрабатывающие центры (станки сверлильно-фрезерно-расточной группы), оборудованные инструментальными магазинами для автоматической смены режущего инструмента.

Обрабатывающие центры - это материальное выражение нового подходя к построению технологии механической обработки и новых принципов конструирования металлорежущих станков.

Появление обрабатывающих центров в сочетании с роботами сделали реальностью создание гибких автоматизированных производств (ГАП).

10.2. Общие сведения о промышленных роботах и системах управления ими

Роботами принято называть автоматические системы, способные обучаться в процессе активного'взаимодействия с окружающей средой и предназначенные для имитации разнообразных операций, совершаемых человеком в процессе физического или умственного труда.

Роботизированный технологический процесс - технологический процесс, в котором в качестве основного технологического оборудования используются промышленные роботы и манипуляторы. Роботизация производства - комплексное понятие, охватывающее широкий круг аспектов - от создания новых технологий, нового оборудования до разработки принципов управления и организации производства, в котором широко используются роботы.

По роли выполняемых функций промышленные роботы делятся на обслуживающие и операционные.

_ *Обслуживающий промышленный робот* - робот, выполняющий вспомогательные переходы или транспортные операции, например загрузо-разгрузочные и транспортные роботы.

Операционный промышленный робот - робот,

выполняющий технологические операции или их элементы, например сварку, сборку, нанесение покрытий.

Большинство современных промышленных роботов имеет один манипулятор. Однако существуют роботы с двумя манипуляторами - "Циклон-5.01", "Ритм-05.01", РФ-203М, ПР-5, "ВЭФ-Робот-1", РПП-76 и МПУ-20. Ряд роботов выпускается в модификациях как с одной рукой, так и с двумя ("Циклон-3.01", РКТБ-2, РКТБ-3, РКТБ-6, 7605).

.По степени специализации функций различают:

универсальные роботы, предназначенные для выполнения нескольких операции на различном по технологическому назначению оборудовании;

специальные роботы, предназначенные Для выполнения какой-либо технологической операции с определенным типом деталей;

специализированные роботы, которые предназначены для выполнения строго определенной операции одного вида.

Одной из наиболее важных характеристик роботов является класс точности, определяемый по относительной погрешности позиционирования или воспроизведения траектории.

Класс точности позиционирования % или воспроизведения траектории	Относительная погрешность % позиционирования или воспроизведения траектории, %
0	До 0,01
1	0,01-0,05
2	0,05-0,1
3	Свыше 0,1

Относительная погрешность позиционирования схвата - это величина, характеризующая точность роботов с позиционным управлением и равная отношению абсолютной ошибки перемещения схвата в заданную программой точку рабочей зоны обслуживания к минимальному расстоянию от оси ближайшей к основанию робота кинематической пары до границы рабочей зоны,выраженная в процентах.

Относительная погрешность воспроизведения траектории- это величина, характеризующая точность роботов с контурным управлением и равная отношению максимальной абсолютной ошибки перемещения схвата по траектории в пределах рабочей зоны обслуживания к максимальному расстоянию от оси ближайшей к основанию робота кинематической пары до границы рабочей зоны, выраженная в процентах.

Одним из классифицированных признаков является способ программирования.

При внешнем программировании промышленных роботов управляющая программа рассчитывается аналитически, готовится с помощью ЭВМ и вводится в робот.

При программировании в режиме обучения осуществляют тем или иным способом перемещение манипулятора с запоминанием роботом всех перемещений. В данном режиме обучение робота может осуществляться вручную, полуавтоматически - при перемещении от пульта управления, и

автоматизированно - с применением ЭВМ, режима диалога и языков программирования.

Роботы могут работать tfo жесткой и гибкой программам. При этом системы управл^нйя ПР, работающих по жесткой программе, разделяются нацйкловые, позиционные и контурные. В органах управления применяются разнообразные программоносители - штекерные панели и барабаны,, перфоленты, магнитные барабаны, а также кассеты с магнитной лентой.

Совокупность новых технологических машин и промышленных роботов, работающих в едином производственном цикле по обработке деталей и способных быстро перенастраиваться на новый вид продукции, называется *робототехнологическим комплексом.* В ряде случаев робототехнологические комплексы управляются от "ЭВМ. Соединение нескольких робототехнологических комплексов в сложную развитую систему с управлением от автономной или централизованной ЭВМ приводит к созданию *роботизированной технологической линии.* Во многих случаях в состав таких линий входят станки с ЧПУ, что йозволяет создать автоматические линии с гибкой связью, пригодные для эксплуатации в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Программное управление промышленным роботом автоматическое управление исполнительным устройством промышленного ророта и функционирующим совместно с ним технологическим оборудованием.

Позиционное управление промышленным роботом - вид программного управления, при котором движение исполнительного устройства робрта программируется по упорядоченной во времени конечной последовательности точек рабочего пространства без контроля движения между ними.

Контурное управление промышленным роботом - разновидность программного управления, при котором движение исполнительного устройства робота программируется. в виде траектории в рабочем пространстве с непрерывным контролем по скорости.

Цикловое управление промышленным роботом - подкласс позиционного управления роботом, при котором последовательность точек программируется с помощью устройств релейного типа.

Адаптивное управление промышленным роботом - вид управления, при котором непосредственно в процессе управления изменяется алгоритм управления в функции состояния внешней среды и самого робота.

Групповое управление промышленными роботами - процесс управления несколькими промышленными роботами, объединенными общей системой управления на базе управляющих устройств или на базе ЭВМ.

Программа управления промышленным роботом - последовательность команд, обеспечивающая заданное функционирование промышленного робота и работающего совместно с ним технологического оборудования.

10.3. Особенности проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки для станков с ЧПУ те же, что и для обычных станков. „Однако здесь имеет место ряд специфических особенностей. Прежде всего, появляется принципиально новый элемент технологического процесса - программа автоматической работы станка, закодированная и записанная на программоноситель. При этом в понятия "переход"



Рис. I. 119. Блок-схема технологической подготовки обработки деталей на станках с программным управлением

вносятся некоторые уточнения.

Переход - законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством инструмента и поверхностей, образуемых обработкой. Для фрезерных, сверлильных, расточных и фрезерно-контурных работ различают элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные переходы. *Элементарный переход* - непрерывный процесс обработки одной элементарной поверхности одним инстоументом по заданной программе. *Инструментальный переход* - законченный процесс обработки одной или нескольких элементарных поверхностей при непрерывном движении одного инструмента по заданной программе. *Вспомогательный переход* - перемещение инструмента без снятия стружки. *Позиционный переход* - совокупность инструментальных и вспомогательных переходов, выполняемых при неизменной позиции, оснастке, инструменте и программе.

Кроме того, при проектировании технологических процессов изменятся и объем и содержание технологической документации, необходимой для наладки станков и составления управляющих программ. Работа по созданию управляющих программ делится на технологическую подготовку, занимающую 85-90 % всех работ, и программирование. Блок-схема выполнения работ по подготовке обработки деталей на станках с программным управлением приведена на рис. 1.119.

Цель технологической подготовки - получение исходных данных для программирования, которое является заключительной стадией работ по созданию и отладке управляющих программ. Заключительная стадия включает в себя кодирование конструкторской и технологической информации, проверку совместимости работ инструментов, запись управляющей программы на перфоленту, отладку программы на станке.

Программирование может осуществляться ручным и машинным способом.

Успех внедрения станков с ЧПУ во многом определяет правильный подбор деталей. Чем сложнее деталь и чем выше концентрацйя обработки, тем эффективнее применение станков с ЧПУ. При этом следует также учитывать требования технологичности деталей, которые особенно проявляются у корпусных деталей и сводятся к следующему:

1. Обрабатываемые поверхности детали должны быть сосредоточены с четырех сторон. На двух остальных сторонах, ийпользуемых в качестве технологических баз, должно быть минимальное количество обрабатываемых поверхностей. Это облегчает применение такой схемы закрепления, которая не создает помех при обработке и не вызывает появление упругих деформаций, выходящих за пределы допустимых отклонений.

2. Длина растачиваемых с одной стороны отверстий не должна превосходить пяти-шести Диаметров оправки, несущей расточной резец.

3. При далеко "разнесенных" соосновых отверстиях, обработка которых ведется с поворотом на 180°, необходимо помнить, что такая схема удваивает погрешности.

4. При обработке на фрезерных станках плоских деталей все радиусы R сопряжения смежных участков контура должны быть по возможности одинаковыми. Величина R должна соответствовать нормальному ряду диаметров концевых фрез (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30 мм).

5. Детали не должны иметь обрабатываемых поверхностей, расположенных под углом к осям координат.

6. В конструкциях деталей желательны два базовых отверстия, которые должны быть максимально удалены друг от друга.

7. Заготовки не должны иметь резких колебаний припусков на обработку. Последнее обусловлено удобством программирования. Особенно эти требования касаются деталей, обрабатываемые поверхности которых образуются кривыми линиями, сочетаниями прямых линий с дугами окружностей и т.д., т.е. деталей, требующих контурной обработки. Как правило существующие конструкторские чертежи не удовлетворяют требованиям программирования. Поэтому их приходится пер ер аб аты в ать.

10.4. Выбор технологической оснастки

При выборе технологической оснастки следует руководствоваться следующим.

Приспособления для обработки детали, проще приспо-

соблений, применяемых на обычных станках. Как правило, это стандартные центры, патроны, плиты, угольники, прихваты и пр. Простота конструкций обусловлена с одной стороны типом производства (как правило, мелкосерийное), а с другой стороны - отсутствием необходимости в направляющих и настроечных элементах, так как обработка ведется по программе.

Условия эксплуатации инструмента на станках с ЧПУ отличаются от условий эксплуатации инструмента на обычных станках и определяется следующими факторами.

1. Обработка отверстий осуществляется без кондукторных втулок и других направляющих устройств для инструмента. Погрешность обработки, например увод сверла, не могут быть уменьшены при изготовлении деталей и не всегда могут быть учтены при составлении программы.

2. Удельный вес времени резания от общего времени работы возрастает до 45-75 % вместо 20 % на обычных станках. Это снижает стойкость инструмента и увеличивает его расход.

3. Детали обрабатывают по принципу автоматического получения заданных размеров, поэтому размерную настройку инструмента с учетом точного баланса производят вне станка специальными контрольными средствами. Учитывая перечисленные условия эксплуатации, при выборе режущих инструментов необходимо руководствоваться следующим.

Токарная обработка. Для токарной обработки используют резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых быстросменных пластинок из твердого сплава. В конструкциях подрезных резцов используют трехгранные пластинки, в конструкциях проходных резцов - четырехгранные с главным'углом в плане 45° и пятигранные с углом в плане 60°. Твердосплавную пластинку закрепляют клином и винтом, базируя на цилиндрический штифт по центральному отверстию 0 6 мм. Пластинки различают по маркам твердого сплава и размерам. Размер пластинки (14, 18, 22, 27 мм) - это диаметр описанной относительно ее контура окружности. После затупления одной грани роботоспособность резца восстанавливают поворотом пластинки вокруг оси. Пластинки твердого сплава имеют при вершине стандартные радиусы закругления 0,6; 0,8; 1 мм. Настройка резцов на размер должна осуществляться вне станка с помощью специальных приспособлений, поставляемых вместе со станком.

Фрезерование. Плоскости фрезеруют торцевыми и концевыми фрезами преимущественно из твердого сплава. Для их крепления применяют патроны с цанговым зажимом. Фрезерование плоскостей должно производиться на умеренных режимах, определяемых мощностью привода станков и жесткостью шпиндельной бабки. Известную твердость составляет получение заданной ширины пазов деталей. Переточка фрезы уменьшает ее диаметр и ширину паза, поэтому при отсутствии коррекции инструмента по размеру приходится фрезы завышать по диаметру. На станках, оснащенных системой "Размер-2М", можно применять изношенные фрезы, набирая фактический размер фрезы декадными переключателями на панели программного шкафа.

Обработка отверстий. Спиральные стандартные сверла позволяют выполнять только предварительную обработку отверстий. Например, сверло 0 6,5 мм имеет погрешность по высоте режущих кромок (биение) до 0,1 мм, нецентричность перемычки - до 0,13 мм, погрешность расположения канавок - до 0,15 мм. Такие погрешности не позволяют получить точные отверстия. Поэтому следует применять сверла с более точными геометрическими параметрами и обращать особое внимание на минимальное смещение перемычки сверла. Предварительная заточка перемычки сверла по спирали обеспечивает лучшее его центрование при работе и уменьшает увод. Увеличение стоимости инструмента компенсируется увеличением его стойкости и повышением качества деталей. В некоторых случаях дорогие сверла *позволяют отказаться от дополнительной* обработки просверленных отверстий. Для увеличения жесткости сверл и возможности работы на больших подачах следует применять короткие сверла.

При обработке ступенчатых и фасонных отверстий целесообразно пользоваться комбинированными зенкерами и цековками. Для крепления сверл следует применять цанговые патроны, которые обеспечивают точную установку и имеют достаточно высокую жесткость. Для растачивания точных отверстий рекомендуется применять консольные оправки с минимальным вылетом, так как в этом случае можно допустить наибольшее сечение стружки при обеспечении необходимой точности отверстия. Для более точной настройки резцов на получение заданного размера отверстия применяют специальные ^оправки с регулировкой вылета резца. При растачивании отверстий на многооперционных станках, чтобы исключить царапины на обрабатываемой поверхности, предусматривают в программе обработки детали отвод оправки при ее выходе.

При растачивании отверстий небольшого диаметра оправкой с длинным вылетом погрешности ее посадки в шпиндель и *недостаточная* жесткость *влияют* на точность обработки, поэтому в таких случаях целесообразно применять развертывание. При растачивании ступенчатых отверстий многорезцовыми оправками их следует конструировать так, чтобы в работе одновременно участвовал только один резец (рис. 1.120, а) или два резца с диаметрально противоположной установкой (рис. 1.1***20, б).*** Внутренние канавки (полости) на станках с ЧПУ растачивают специальными расточными оправками с радиальным выдвижением резца. На многооперационных станках можно раскатывать предварительно расточенные и развернутые отверстия.

Нарезание резьбы в **отверстиях.** Качество резьбы связано с трудностями очистки метчика от стружки. При нарезании резьбы стружка, перемещаясь по канавке, трется о ее стенки и обрабатываемую поверхность резьбы, что часто заклинивает стружку, обрабатывает рваную резьбу и ломает метчик.

При нарезании резьбы в сквозных и глухих отверстиях хорошие результаты дают метчики со спиральными канавками. При нарезании длинной резьбы в глухих отверстиях следует применять метчики только со спиральными канавками. У таких

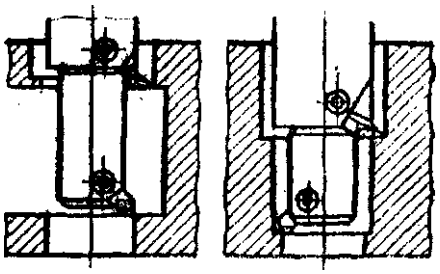


Рис.- 1.120. Растачивание ступенчатых отвеастий с применением многорезцовых оправок:
а - последовательное двух отверстий двумя резцами; б - параллельное двух отверстий двумя резцами с диаметральным расположением

о.

метчиков стружка поднимается по канавке в виде непрерывной ленты. Практически трудно создать единую конструкцию метчика, поэтому в каждом конкретном случае следует его подбирать. При обработке магниевых и алюминиевых сплавов, а также мягкой стали (твердость до *HRC* 35) применяют бесканавочные метчики, для которых в качестве охлаждающей и смазывающей жидкости применяют масла тяжелого типа.

При выборе режущего инструмента предпочтение следует отдавать инструменту специально предназначенному для станков с ЧПУ (резцы, фрезы, сверла).

10.5. Установление режимов резания и нормы времени.

Выбор оптимальных режимов резания для станков с ЧПУ имеет исключительно важное значение. До 50 % всех ошибок при разработке технологических процессов составляют ошибки, связанные с неправильным назначением режимов резания. При их выборе для станков с ЧПУ необходимо учитывать следующие особенности: значительное удлинение циклов обработки вследствие концентрации технологических переходов; возможность автоматической смены инструмента (для обрабатывающих центров); возможность корректировки размерного износа инструментов; возможность усреднения режимов резания, поскольку за один переход могут обрабатываться различные поверхности; возможность снижения оптимальной стойкости инструмента из-за интенсификации режимов резания благодаря повышенной мощности главного привода и повышенной жесткости конструкций станков.

Перечисленные особенности не всегда позволяют использовать существующие методики назначения режимов резания. Ими можно пользоваться лишь ориентировочно. Режимы резания, назначенные по общемащиностроительным нормативам, нуждаются в опытноц проверке, которую следует проводить до программирования. Особенно это касается станков типа "Обрабатывающий центр". Для них существует специальная методика расчета режимов резания (см. [2]), Режимы резания, рассчитанные по этой методике, по сравнению с режимами, выбранными по общемашиностроительным нормативам, позволяет уменьшить основное время на обработку деталей на 10-15%.

Норму штучно-калькуляционного времени при обработке деталей на станках с ЧПУ можно представить в следующем виде:

$$T_к = \sum_{1=1} Б_0, + \sum_{1=1} It_{xx}, + T_E + T_{т0} + т_{00} + т_ф + 1„$$

где $t_{0|}$ - основное время обработки при выполнении i-го перехода, мин; t_{XXi} - время холостых ходов станка, необходимое при выполнении i-го перехода, мин,

$$gt,_x, = \sum^{к} It_M, + \sum^{к} It_K, + \sum^{к} It_n, + \sum^{к} It_{nи}$$

Здесь t_{Mi} - время на смену инструмента на i-ом переходе, включая время вращения магазина, захват и извлечение инструмента манипулятором в магазине и шпинделе (для обрабатывающих центров) или время поворота револьверной головки (прочие станки); $t_{K(}$ - время на перемещение стола с деталью на i-ом переходе, мин; t_{nMj} - время на поворот стола с деталью на i-ом переходе, мин; $t_{n|}$ - время на быстрый подвод и отвод стола или шпинделя с инструментом на i-ом переходе, мин; к - количество технологических переходов в операции; $T_в$ - время на установку, закрепление, снятие и измерение детали, на пуск и включение станка (смену, наладку и регулировку инструмента), мин; $T_{то}$, T - время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, мин; $T_ф$ - время на физические потребности, мин; $t_{n\ з} = T_{п\ з}/п$ - подготовительно-заключительное время, приходящееся на одну деталь, мин; $T_{n\ з}$ - подготовительно-заключительное время на партию обрабатываемых деталей, мин; п- - количество деталей в партии.

Основное время и время холостых ходов на операцию определяют суммированием t_Q и t_{xx} на каждый переход по расчетно-технологической карте. Время холостого хода на переход определяют по паспортным данным станка, сообразуясь с длиной холостых ходов, скоростью ускоренных перемещений исполнительных органов, положением инструмента в магазине и т.д. Время $T_{то}$, T_{00}, $t_ш$ и $T_{п\ з}$ следует принимать по общемашиностроительным нормативам для работ на обычных станках. Отметим, что при работе на станках с ЧПУ время на смену частоты вращения шпинделя и подачи инструмента перекрывается временем замены инструмента и отдельно не учитывается. Все остальные составляющие штучно-калькуляционного времени непрекрываемы. Расчетное время цикла

$$T_u = \sum_{j=1}^{к} It_{o1} + \sum_{i=i}^{к} It \quad ,$$

рекомендуется откорректировать при испытании наладки проведением хронометража.

Следует помнить, что норма времени в большей степени зависит от времени холостых ходов станка. Особенно это проявляется на станках типа "Обрабатывающий центр". Структура операции на этих Станках может отличаться большой

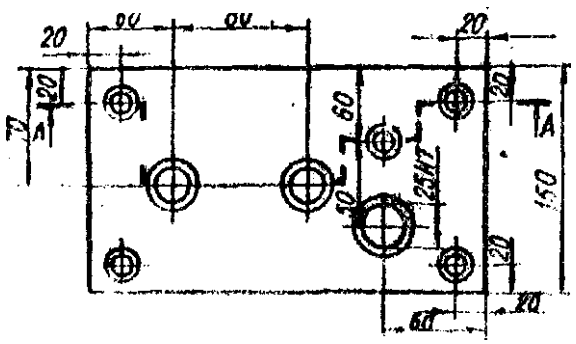


Рис. I. 121. Чертеж детали с отверстиями

многовариантностью, отличающейся количеством позиционирований, смен инструмента и поворотов стола.

Анализ работы на станках с ЧПУ показывает, что смена инструмента и поворот стола - более сложные и длительные элементы цикла работы станка, чем позиционирование стола или шпиндельной бабки. Поэтому из экономических соображений структуру операции необходимо строить таким образом, чтобы обеспечивалось минимальное число смен инструментов и минимальное число поворотов стола.

10.6. Технологическая переработка чертежей и расчет координат

Обработка на станках с ЧПУ ведется по командам, выражающим координаты точек, лежащих на пути инструмента в прямоугольной системе координат. Следовательно, на операционном эскизе размеры должны задаваться также в прямоугольной системе координат. Для этого определяют ее начало и выбирают направление осей, которые должны совпадать с направлениями осей координат станка.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей детали (рис. 1.121.) в информацию, управлением перемещением рабочих органов станка, необходимо пересчитать чертежные размеры, заданные в относительной системе координат, на размеры в абсолютной системе координат станка. Для этого выбирают нулевую точку (нуль изделия (НИ)) исходя из условия возможности свободной смены детали в приспособлении и от нее, как от нового начала координат, пересчитывают координаты всех поверхностей обработки детали. Данные перерасчета заносят в новый чертеж детали (рис. 1.9.) и карту программирования.

Переработанный- чертеж детали с указанием

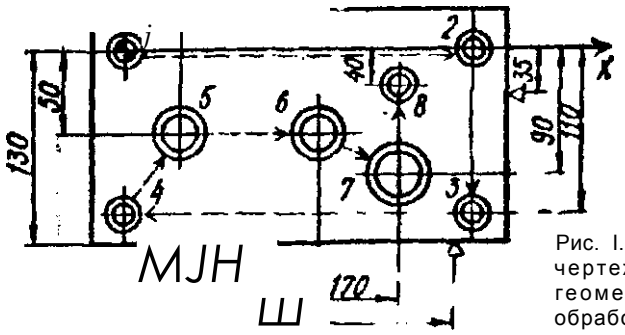


Рис. I. 122. Переработанный чертеж детали с геометрическим планом обработки отверстий

последовательности обработки отдельный поверхностей (стрелки) является геометрическим планом расположения обрабатываемых поверхностей. Для корпусных деталей геометрический план обработки вычерчивают на каждую сторону детали. Каждое отверстие (поверхность) на геометрическом плане нумеруют порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатывают одним типоразмером инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами. Для отверстий, обрабатываемых несколькими инструментами, нумерация отдельных переходов будет общей. В операционных картах можно рекомендовать свою нумерацию для каждой элементарной поверхности сложного отверстия, не связывая ее с нумерацией на чертеже детали.

При большом *числе* отверстий применяют табличный метод задания размеров, что очень удобно при программировании. В качестве примера в табл. 8 приведена информация о координатах каждого из отверстий детали, изображенной на рис. 1.121, в соответствии с системой координат, принятой на рис. 1.122. Очертания поверхностей деталей и их размеры описывают методами аналитической геометрии. При этом на профиле обрабатываемой поверхности проставляют ряд опорных точек и указывают значения их координат относительно *выбранного на* чертеже начала. Опорные точки проставляют, как правило, слева направо по часововй стрелке, но возможны и другие варианты. Опорными точками для отверстий являются их центры.

На рис. 1.123 и 1.124 изображены чертеж проектной детали и схема траектории инструмента при ее обработке. В табл. 9 приведен пример табличного задания координат опорных точек эквидистанты для детали, изображенной на рис. 1.123, при фрезеровании ее по контуру фрезой 016 мм. Нуль изделия выбирают так, чтобы координаты отдельных поверхностей детали были одного знака. Однако это условие не является обязательным для станков, оборудованных системой "Плавающий нуль".

Как следует из разобранных примеров, расчет координат

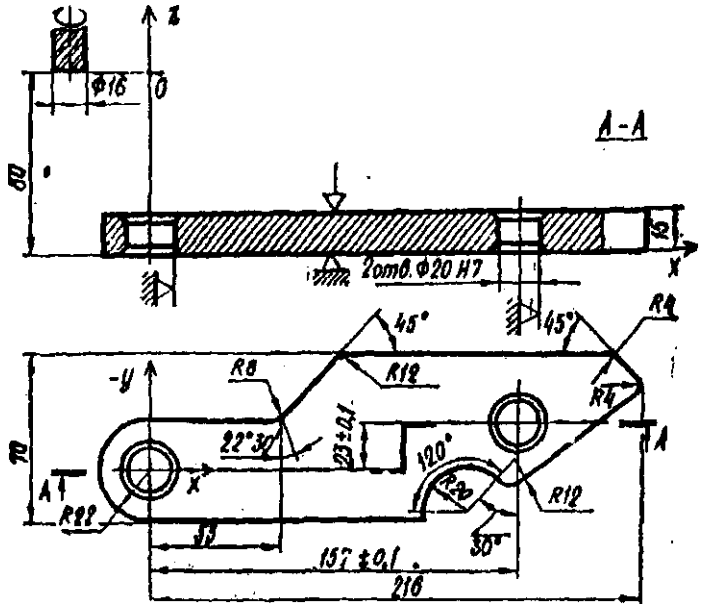


Рис. I. 123. Чертеж детали с криволинейным внешним контуром

опорных точек для позиционных систем (сверлильные, расточные и др. станки) не представляют особых трудностей и может легко осуществляться вручную. Что же касается координат опорных точек для контурной обработки (токарные, фрезерные и др. станки), то их расчет иногда затруднителен и занимает много времени. Поэтому расчет траекторий интсрументов в таких случаях удобнее осуществлять на ЭВМ, применяя те или иные системы автоматизированного программирования (САП).

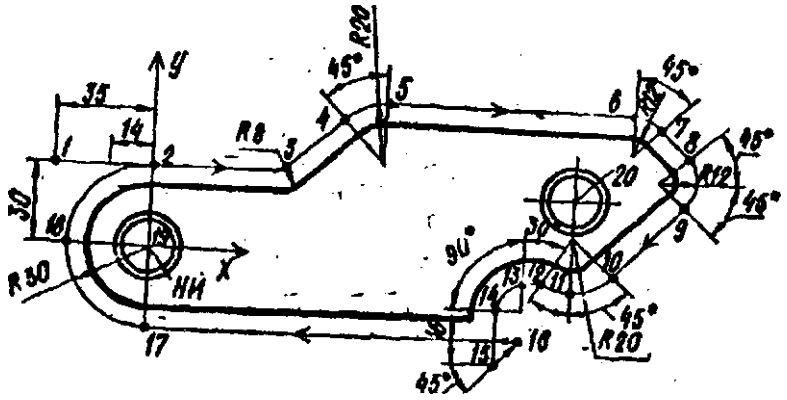


Рис. I. 124. Схема траектории инструмента при обработке криволинейного профиля

8. Координаты отверстий детали, изображенной на рис. 1.121

Номер отверстия	Координаты, mn		Размер отверстия, мм	Номер отверстия	Координаты, мм		Размер отверстия, мм
	X	Y			X	Y	
1	0	0	14 x 8,4	5	+40	-50	15Н9
2	+210	0	14 x 8,4	6	+ 120	-50	15Н9
3	+210	-110	14 x 8,4	7	+ 170	-90	25Н7
4	0	-110	14 x 8,4	8	+ 170	-40	М8

9. Координаты опорных точек детали, изображенной на рис. 1.123

Номер опорной точки	Координаты, мм		Связь между данной и последующей опорными точками	Номер опорной точки	Координаты, мм		Связь между данной и после дующей опорными точками
	X	Y			X	Y	
1	-35	+30	Линейная	11	+ 157	-6	R20
2	0	+30	То же	12	+ 151	-5	R12
3	+50	+30		13	+ 145	-4	R12
4	+68	+57	R20	14	+ 120	-22	Линейная
5	+75	+62	Линейная	15	+ 120	-40	То же
6	+ 175	+62	R12	16	+ 128	-30	
7	+ 183	+57	Линейная	17	0	-30	R30
8	+223	+46	R12	18	-30	о-	R30
9	+223	+31	Линейная	2	0	+30	Линейная
10	+ 163	+ 163	R20	1	-35	+30	То же

10.7. Способы представления программ и кодирование информации

Программирование состоит из ряда этапов, наличие или отсутствие которых зависит от способа программирования, системы ЧПУ, типа станка, характеристики интерполятора и других факторов. Все этапы программирования связаны с преобразованием информации, полученной при технологической подготовке производства. Программа, записываемая на перфоленте или перфокарте, состоит из набора фраз. Каждая фраза - команда для исполнительных органов станка.
Команда содержит геометрические и технологические данные, необходимые для обработки элементарного участка детали.

Фраза состоит из слов (рис. 1.125). Они образуются символами программы: цифрами, буквами и знаками, записываемыми на программоноситель в виде строки. Символы - это кодовые обозначения количественных и качественных сведений, задающих программу работы исполнительных органов. Система, однозначно определяющая обозначения цифр, адресов команд управления и способов их записи на программоносителе. Управляющие программы могут быть записаны с переменным (запись фразами) или с постоянным (запись кодами) числом слов, при записи кадрами в каждой фразе записываются все слова, независимо от их повторяемости и числовых значений. При этом

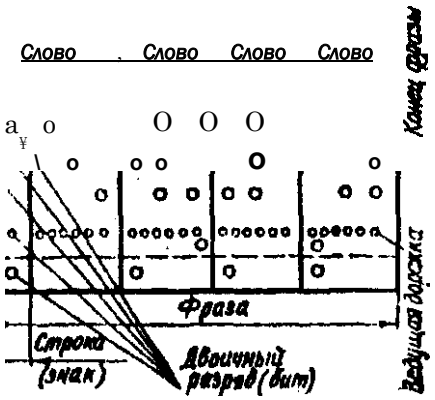


Рис. I. 125. Структура фразы программы

поскольку длина слов для данной программы постоянна, то и длина фраз оказывается постоянной и не зависит от характера записанной информации. Запись информации кадрами удлиняет перфоленту. Поэтому в настоящее время чаще всего применяют запись фразами. В этом случае каждый раз из состава фразы исключаются те слова, которые в данный момент не нужны, т.е. задается только та информация, которая изменяется по отношению к предыдущей фразе.

Запись управляющих программ фразами выполняется различными способами. Наиболее распространена адресная система, при которой используются буквенные адреса, предпосылаемые числовой информации. Использование буквенных обозначений адресов четко разделяет слова. При этом отпадает необходимость устанавливать последовательность слов во фразах, так как буквенные адреса позволяют производить запись слов в любой последовательности, и появляется возможность использовать единый спос^ . к.Д"- ^г цля станков различного технологического назначения различного уровня автоматизации. Для этого достаточно принять единый код и закрепить соответствующие его символы за определенными командами управления. Адресная система более гибка, чем кадровая и в ряде случаев позволяет существенно уменьшить сложность управляющих устройств.

В системах с числовым программным управлением применяют два вида кодирования перемещений: двоичное и двоично-десятичное. Наиболее удобен для программирования двоично-десятичный код 8-4-2-1. В нем каждая цифра десятичного числа кодируется четырьмя двоичными разделами, имеющими в основании двойку и соответственно веса 8, 4, 2, 1. Применяются также другие разновидности двоично-десятичного кода. Международный двоично-десятичный код ИСО-7 бит (ГОСТ 13052-74) является семиразрядным и позволяет кодировать 128 символов. Первым четырем дорожкам перфоленты приписаны веса двоично-десятичного кода 8-4-2-1 (табл. 10), что обеспечивает 16 кодовых обозначений (0-15). На первых четырех дорожках от 0 до 9 признак цифры записывается дополнительной пробивкой отверстий на пятой и шестой дорожках. Для обозначения адресов используют прописные буквы латинского алфавита. Буквы от А

10. Карта кода ИСО-7 бит

Номер дорожки перфорации									Код ИСО	Код ИТС	Назначение символа
8	7	6	5	4	т	3	2	1			
Цифры в двоичном счете				8		4	2	1			
1	2	.3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		o	o						0		Цифра 0
o		o	o					o	1		Цифра 1
o		o	o				o		2		Цифра 2
		o	o				o	o	3		Цифра 3
		o	o			o			4		Цифра 4
o		o	o			o		o	5		Цифра 5
		o	o			o	o		6		Цифра 6
o		o	• o			o	o	o	7		Цифра 7
o		o	o	o					8		Цифра 8
		o	o	o				o	9		Цифра 9
	o							o	A	1	Угловой размер относительно оси X
							o		B	2	Угловой размер относительно оси Y
o	o					o	o		C	3	Угловой размер относительно оси Z
	o					o			D	4	Угловой размер относительно специальной оси и третья подача
o	o					o		o	E	5	Угловой размер относительно специальной оси или вторая подача
o	o					o	o		F	6	Подача
	o					o	o	o	G	7	Подготовительная операция (режим работы ЧПУ)
	o			o					H	8	Команда постоянно не закреплена (резерв)
o	o			o				o	I	9	Не закреплена
o	o			o			o		J	10	Не закреплена
	o			o			o	o	K	11	Не закреплена
o	o			o		o			L	12	Не должны быть использованы в позиционной и прямоугольной системах Команда постоянно не закреплена (резерв)
	o			o		o		o	M	13	Вспомогательная операция
	o			ₒ		ₒ	o		N	14	Порядковый номер
o	o			ₒ		o	o	o	0	15	Не используется
	o		o						P	0	Размер третичного движения параллельно оси X

Прдолжение табл. 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
o	o		o					o	Q	1	Размер третичного движения параллельно оси Y
o	o		o				o		R	2	Размер быстрого перемещения по оси Z или размер третичного движения параллельно оси Z
	o		o				o	o	S	3	• Частота вращения шпинделя (обороты)
o	o		o			o			T	4	Смена инструмента (его номер)
	o		o			o			и	5	Размер вторичного движения параллельно оси X
	o		o			o	o		V	6	Размер вторичного движения параллельно оси Y
o	o		o			o	o	o	W	7	Размер вторичного движения параллельно оси Z
o	o		o	o					X	8	Размер первичного движения по оси X
	o		o	o				o	Y	9	Размер первичного движения по оси Y
	o		o	o			o		Z	10	Размер первичного движения по оси Z
		o	o	o			o			10	Установка в исходную точку (восстановление информации, например, остановка обрабной перемотки до заданного положения ленты)
		o		o			o	o	+	11	Плюс
		o		o		o		o	-	13	Минус (Знаки направления перемещения)
				o				o	гт	9	Горизонтальная табуляция
		o				o	o	o	/	7	Произвольный пропуск блока, фразы
o		o				o		o	%	5	Начало программы
				o			o	o	LF (ПС)	10	Конец блока, фразы или кадра (перевод строки ПС)
	o		o						(	0	Не для управления
	o	o		o				o	)	1	Для управления (Относительно к восприятию команд ленты системы ЧПУ)
o	o	o	o	o		o	o	o	E	15	Строка не читается (забой ЗБ)

до О также закодированы цифрами 1-15, но их признаком является дополнительная пробивка отверстия на седьмой дорожке. Вторая группа букв от *P* до *Z* закодирована аналогично, но с выполненной пробивкой отверстия на пятой дорожке.

Код предусматривает проверку на четность, которая заключается в том, что на программоносителе на специально отведенной восьмой дорожке для каждой поперечной строки пробивается дополнительное (контрольное) отверстие. Делается это в тех случаях, когда число значащих отверстий (импульсов) на остальных дорожках данной строки является нечетным. Обеспечение всегда четного числа перфораций в строке позволяет контролировать правильность считывания программы. Между третьей и четвертой предусмотрена транспортная дорожка Т.

Некоторые из этих команд требуют пояснения. Признак восстановления информации ":" записывается перед кадром, в котором кодируется вся информация для начала или повторного начала обработки. Здесь этот символ используется вместо символа *"N* " в качестве признака для остановок в нужном месте программы при обратной перемотке ленты. Символ "ГТ" (горизонтальная табуляция) не печатается на бланке. Этот символ предназначен для печати при ручной перфорации управляющих программ. Он управляет перемещением позиции печати к следующей в предварительно установленной последовательности позиции вдоль строки. Записывается он перед первым словом в фразе и после каждого следующего слова. При отсутствии соответствующих слов символы "ГТ" должны сохраняться. Допускается запись программы без символа "ГТ" при обеспечении контроля изготовления перфоленты.

Символ начала программы "%" должен предшествовать первому символу "конец кадра" - "*LF* " ("ПС"), который записывается перед первым словом программы и используется для останова в начале программы при обратной перемотке. Любая запись, стоящая между символами "("и")", не воспринимается системой управления. При этом запись внутри скобок не должна содержать символов ":" и "%". При появлении символа "ЗБ" (забой) пропускается соответствующая строка, которая системой управления не воспринимается. Знаки перемещения "+", "-" записываются за адресами, показывающими перемещение по соответствующим координатам. Расшифровка адресов *G* (подготовительные операции) и М (вспомогательные операции) приведена соответственно в инструкциях по программированию или в паспортах станков.

Каждая фраза состоит из следующих элементов: номер кадра, информационные слова, конец кадра "ПС" или *"LF "*.

Информационные слова представляются в такой последовательности: *G, X, Y, Z, U, V, W, P, Q, A, B, C, D, E, F, S,*

т, м.

Например:

№013 G02 X+00000 Z-00000 F12 S28 T02 M02 ПС

Номер кдра		
Подготовительная команда		
Размер и направление по координатам		

Подача

Обороты шпинделя

Инструмент

Вспомокательная команда

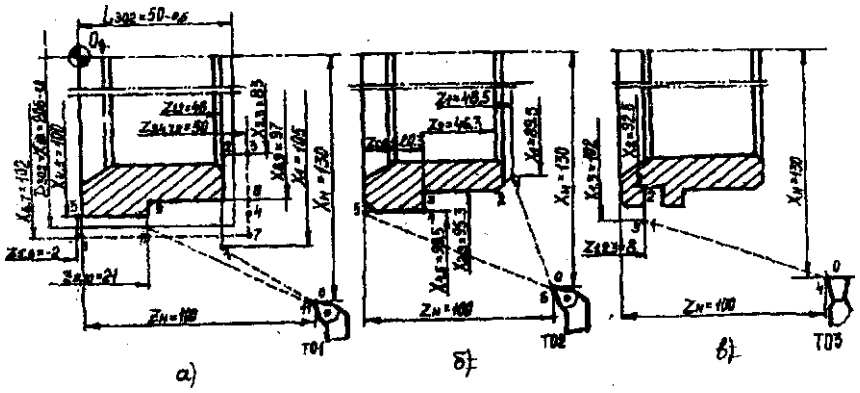
Конец кадра (ПС или LF)

Цифровые обозначения подачи *F* и частоты вращения шпинделя S принимаются из паспортов станков.

10.8. Разработка **управляющих программ для токарных станков**

Как указывалось выше, разработка управляющих программ может осуществляться вручную и с помощью ЭВМ. В любом случае знание методики ручного программирования для технолога является обязательным, так как отладка программ осуществляется вручную и если технолог не обучен ручному программированию, то вмешательство в программу, полученцую с помощью ЭВМ, становится невозможным. Поэтому знакомство с программированием всегда необходимо начинать с ручного программирования. При этом следует помнить, что не существует единой универсальной методики, позволяющей составлять программы для любых деталей на любых станках. Каждая группа станков имеет свои особенности обработки и, стало быть, программирования. Кроме того каждая группа станков.имеет свою систему программного управления, обладающую специфическими особенностями. К наиболее распространённым систёмам ЧПУ относятся Н22, НЗЗ, Курс 322, Н55, Размер-4, Электроника НЦ31, 2Р22, 2Р32, 2С85, Синумерик 7Т, Бош 5Д и др.

Поэтому в рамках часов, отведенных учебной программой, познакомимся с программированием одной из операций токарной обработки втулки угольного комбайна БК-52 (рис. 1.126). Базирование заготовки осуществлено по предварительно



Циклограмма движения резцов при токарной обработке втулки угольного комбайна

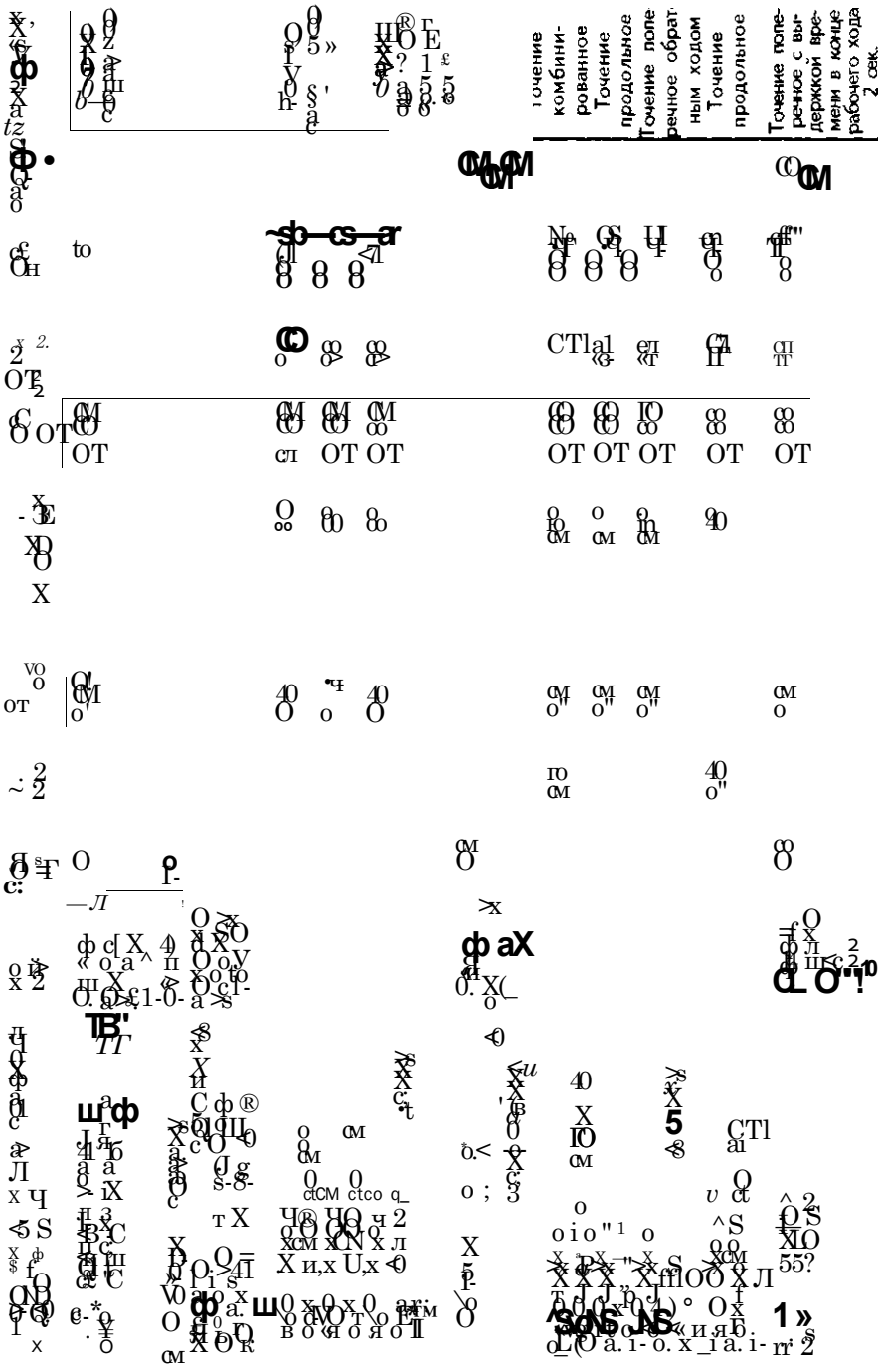
обработанным внутренней поверхности 12 и торцу 1. На станке с ЧПУ обрабатываются поверхности 5, 6, 7, В, 9, 10, 13.

Обработку осуществляем на широко распространенном станке 16К20ФЗС5. Станок имеет инструментальную головку с горизонтальной осью. В головке может быть установлено 6 различных инструментов, настраиваемых с помощью специально прибора вне станка. Для компенсации размерного износа инструмента на пульте управления предусмотрено 9 парных корректоров по осям *X* и *Z*. С помощью корректоров можно добавлять к геометрической информации или вычитать из нее некоторые величины перемещения суппорта в продольном или поперечном направлениях.

В качестве приспособления использована цилиндрическая оправка, устанавливаемая в центрах станка. За нуль детали 0 принята точка, лежащая на оси ьоправки в плоскости торца 1 (рис. 1.126, *а).*

Вначале разрабатываем технологический маршрут обработки поверхностей, состоящий из этапа черновой и чистовой обработки и обработки кан&вки. Для обработки указанных поверхностей в черновом и чистовом режимах требуется три разновидности резцов. Каждый резец в порядке его использования занимает соответствующую позицию (И, Т2, Т3) револьверной головки. Каждой позиции отведено по два размерных корректора по осям X (i11, *L12* и *L13)* и *Z* (£21, *L22* и *L23).*

Затем устанавливаем режимы обработки и заносим их по каждому коду в "Таблицу технологических данных" (табл. 11). Коды частот вращения шпинделя *S* и подачи *F* принимаем по


Точение комбинированное
Точение продольное
Точение поперечное обратным ходом
Точение продольное
Точение поперечное с выдержкой времени в конце рабочего хода 2 сек.

паспорту станка.

Затем для каждого резца разрабатываем циклограмму движения его вершины, которая представляет собой последовательность опорных точек (Рис. 1.126, а - точки 0-11; Рис. 1.126, б - точки 0,6; Рис. 1.126, в - точки 0-4). Конечная точка всегда должна совпадать с нулевой. Нулевая точка (нуль программы) для всех резцов выбрана таким образом, чтобы была обеспечена свободная установка и снятие детали на станок. Нуль программы связан с нулем детали координатами X = 130 мм; Z=100 мм.

Для каждой опорной точки устанавливаем координаты X и Z относительно нуля, станка и заносим их в табл. 12. Координаты опорных точек при чистовом точении (Рис. 1.126, б) выбраны таким образом, чтобы после обработки на пов.8 оставался припуск на шлифование (0,3 мм на сторону).

На основании рис. 1.126 и данных табл.11 и 12, составляем управляющую программу. При этом существует два возможных варианта программы: в относительной и абсолютной системах координат.

В относительной системе в программу вводится приращения ДХ и AZ, которые определяются как разности координат конечной и начальной опорных точек. Полученные таким образом приращения *переводятся в* число импульсов путем деления приращения на дискретность системы (по оси X - 0,005 мм, по оси *Z* - 0,01 мм). Признаком *относительной* системы является подготовительная функция G26, которая вводится в начале программы.

В таблице 13 приведена рукопись управляющей программы для рассматриваемой детали в относительной системе. •Поясним некоторые функции, взятые из паспорта станка:

Ml04 - вспомогательная команда на включение вращения шпинделя против часовой стрелки (на токаря).

G01 - подготовительная функция, обозначающая линейную интерполяцию при обработке перемещений между двумя опорными точками. Нормальные размеры при этом обозначают, что число импульсов задается пятизначным числом. Для шестизначных чисел (длинные размеры) необходимо задавать функцию G10. Для четырехзначных (короткие размеры) - используется функция G11. Если при использовании функции G01 необходимо задать число импульсов, выраженное трехзначным числом, то впереди обязательна простановка нулей до получения пятизначного числа.

Например: X 00325. При использовании функции G10 это же число запишется как X 000325. При использовании функции Gil - X 0'325.

G40 - вспомогательная команда, обозначающая отмену ранее введенной коррекции по соответствующей оси.

G04 - выдержка времени (пауза), выраженная в импульсах, без обработки подачи суппорта. Число импульсов по оси X при этом определено, как $N_x = 200St/60$, где S - заданная подача, мм/мин, . *t* - заданная выдержка, с.

При подаче 49 мм/мин и выдержке 2 сек. имеем:

12. Координаты опорных точек и приращения

Участки	X	X	Z	Z	X, мм	Z, мм	X, имп.	Z, имп.
Резец проходной упорный (Рис. 1.13, а)								
0-1	130	105	100	48	-25	-52	-5000	-5200
1-2	105	83	48	48	-22	0	-4800	0
2-3	83	83	48	50	0	+2	0	200
3-4	83	100	50	50	+ 17	0	+3400	0
4-5	100	100	50	-2	0	-52	0	-5200
5-6	100	102	-2	-2	+2	0	+400	0
6-7	102	102	-2	50	0	+ 52	0	+5200
7-8	102	96	50	50	-6	0	-1200	0
- 8-9	96	96	59	21	0	-29	0	-2900
9-10	96	103	21	21	+ 7	0	+ 1400	0
10-11	103	130	21	100	+27	+ 79	+ 5400	+ 7900
Резец контурный ***(Рис.*** 1.13, б)								
0-1	130	89,5	100	48,5	-40,5	-51,5	-8100	-5150
1-2	89,5	95,3	48,5	46,3	+ 5,8	-2,2	+ 1160	-220
2-3	95,3	95,3	46,3	20,3	0	-26	0	-2600
3-4	95,3	99,5	20,3	20,3	+4,2	0	+840	0
4-5	99,5	99,5	20,3	0	0	-20,3	0	-2030
5-6	. 99,5	130	0	100	+32,5	100	+6500	+10000
Резец прорезной (Рис. 1.13, в)								
0-1	130	102	100	8	-28	-92	-5600	-9200
1-2	102	92,5	8	8	-9,5	0	-1900	0
2-3	92,5	102	8	8	+9,5	0	+ 1900	0
3-4	102	130	8	100	+28	+92	+ 5600	+9200

$$N_x = 200x49x2/60 = 327 \text{ имп.}$$

M102 - конец программы;

В табл. 14 представлена рукопись той же управляющей программы в абсолютной системе координат, признаком которой является подготовительная функция G27.

G58 - подготовительная функция, обеспечивающая ввод в вычислительную систему плавающего нуля, за который в данной программе принят ноль детали 0_9. Отметим, что за ноль детали могла бы быть принята любая точка, лежащая на оси детали, например, точка лежащая в плоскости правого торца детали. Тогда координаты всех опорных точек отсчитывались бы от этой точки. В этом и состоит принцип плавающего нуля. Как и в относительной системе координат, геометрическая информация, сопровождающая адресаX и *Z,* вводится в программу в импульсах (дискретах).

Сопоставляя приведенные здесь программы, нетрудно видеть, что абсолютная система обладает рядом преимуществ: почти вдвое снижается трудоемкость программирования (отпадает необходимость вычислять приращения); программа легко читается при распечатке ленты; упрощается корректировка программы при изменении размеров детали; размерами по оси X

13. Рукопись управляющей программы в относительной системе

Рис.	Участки	Кадры программы	Пояснения
1.13, а		%	
		N001 G26 S132 F11200 M104 T101 LF	Начало программы Относительная система. Позиция 1; п = 180 об/мин S = 1200 мм/мин.
	0-1	N002 G01 X-05200 L11 LF	Нормальные размеры. Подход к точке 1 Корректор L11 по X
		N003 L21 LF	Корректор L21 по Z
	1-2	N004 X-04800 F10053 LF	Подход к точке 2 S = 53 мм/мин.
	2-3	N005 Z-00200 LF	Подход к точке 3
		N006 X+03400 F11200 LF	Отход к точке 4
	3-4		S = 1200 мм/мин.
		N007 Z-05200 F10098 LF	Подход к точке 5
	4-5		S = 98 мм/мин
		N008 X+00400 LF	Отход к точке 6
	5-6 6-7	N009 Z+05200 F70000 LF	Ускоренный отвод в точку 7
	7-8	N010 X-01200 F11200 LF	Подход к точке 8'
	8-9	N011 Z-02900 F10098 LF	Проход к точке 9 S = 98 мм/мин
	9-10	N012 X+01400 LF	Отход к точке 10
	10-11	N013 G40 X+05400 F70000 L11 LF N014 G40 Z+07900 F11200 L21 LF	Ускоренный возврат в точку 0. Отмена коррекции L11 и L21
1.13, 6		N015 S133 T102 LF	Позиция 2. Смена частоты вращения, п = 250 об/мин
	0-1	N016 X-08100 Z-05150 F11200 L12 LF	Подход к точке 1. S = 1200 мм/мин Корректор L12 по X
		N017 L22 LF	Корректор L22 по Z
	1-2	N018 X+01160 Z-00220 F10049 LF	Снятие фаски
	2-3	N019 Z-02600 LF	Переход к точке 3
	3-4	N020 X+00840 LF	Отход к точке 4
	4-5	N021 Z-02030 LF	Проход к точке 5
	5-6	N021 G40 X+06500 F70000 L12 LF N022 G40 Z+10000 F11200 L22 LF	Ускоренный возврат в точку 0. Отмена коррекции L12 и L22
1.13, в		N023 ТЮ3 LF	Позиция 3
	0-1	N024 X-5600 Z-09200 F11200 L23 LF	Подход к точке 1 Корректор L23 по Z
	1-2	N025 X-01900 F10049 L13 LF	Точение канавки. Корректор L13 по X
		N026 G04 X+00327 LF	Выдержка 2с.
	2-3	N027 G40 X-01900 L13 LF	Отход к точке 3 Отмена коррекции L13
	3-4	N028 X+05600 F70000 LF N029 G40 Z+09200 F11200 L23 LF N-30 M102 LF	Ускоренный возврат в точку 0. Отмена коррекции L23 Конец программы

44. Рукопись управляющей программы в абсолютной системе

Рис.	Участок	Код программы	Пояснения
1.13, а		%	Начало программы
		N001 G27 S132 F11200 M104 T101 LF	Абсолютная система. Позиция I; п = 180 об/мин S = 1200 мм/мин.
		N002 G58 X+000000 LF	Задание смещения нуля программы
	0-1	N003 G01 X+21000 Z+04800 L11 LF	Нормальные размеры. Подход к точке 1 Корректор L11 по X
		N004 L21 LF	Корректор L21 по Z
	1-2	N005 X+16600 F10053 LF	Подход к точке 2 " S = 53 мм/мин.
	2-3	N006 Z+05000 LF	Подход к точке 3
		N007 X+20000 F11200 LF	Отход к точке 4
	3-4		S = 1200 мм/мйн.
		N008 Z-00200 F10098 LF	Подход к точке 5
	4-5		S = 98 мм/мин
		N009 X+20400 LF	Отход к точке 6
	5-6	N010 Z+05000 F70000 LF	Ускоренный отвод в точку 7
	6-7	N011 X+19400 F11200 LF	Подход к точке 8
	7-8	N012 Z+02100 F10098 LF	Проход к точке 9
	8-9	N013 X+20600 LF	Отход к точке 10
	9-10	N014 G40 X+26000 F70000 L11 LF	Ускоренный возврат в точку
	10-11	N015 G40 Z+10000 F11200 L21 LF	0. Отмена коррекции L11•и L21
1.13, 6		N016 S133 T102 LF	Позиция 2, S = 250 об/мин
	0-1	N017 X+17900 Z+04850 F11200 L12 LF	Подход к точке 1 Корректор L12 по X
		N018 L22 LF	Корректор L22 по Z
	1-2	N019 X+19060 Z+04630 F10049 LI	Снятие фаски
	2-3	N020 Z+02030 LF	Проход к точке 3
	3-4	N021 X+19900 LF	Отход к точке 4
	4-5	N022 Z+00000 LF	Проход в точку 5
	5-6	N023 G40 X+26000 F70000 L12 LF	Ускоренный возврат в точку
		N024 G40 Z+10000 F11200 L22 LF	0. Отмена коррекции L12 и L22
1.13, в		N025 ТЮ3 LF	Позиция 3
	0-1	N026 X+20400 Z+00800 F11200 L23 LF	Подход к точке 1 Корректор L23 по Z
	1-2	N027 X+18500 F10049 L13 LF	Точение канавки Корректор L13 по X.
		N028 G04 ><+00327 LF	Выдержка 2с.
	2-3	N029 G40 X+20400 L13 LF	Отход к точке 3. Отмена коррекции L13
	3-4	N030 X+26000 F70000 LF	Ускоренный возврат в точку
		N031 G40 Z+10000 F11200 L23 LF	0. Отмена коррекции L23
		N032 МЮ2 LF	Конец программы

являются диаметры.

Разработанная управляющая программа подлежит отладке непосредственно на станке.

Сначала производят наладку станка, т.е. установку необходимых приспособлений и инструментов. Затем в ручном, режиме проверяют роботоспособность рабочих органов станка на холостом ходу и исправность сигнализации на пульте управления. Затем вводят перфоленту и проверяют работу программы в режиме "автомат" (без обработки заготовки), набирают на всех корректорах нули, устанавливают и обрабатывают пробную заготовку. После измерения полученной пробной детали рассчитывают поправки, которые набирают на корректорах. Затем обрабатывают новую заготовку и предъявляют готовую деталь ОТК. В случае признания детали годной оформляется акт наладки, который подписывается наладчиком, мастером и контролером ОТК. Только после подписания акта технолог-программист может считать свою работу над программой законченной.

10.9. Автоматизированная подготовка программ

Сложный и трудоемкий процесс подготовки управляющих программ в настоящее время может быть полностью или частично автоматизирован с помощью вычислительной техники. Для подготовки программы с помощью ЭВМ необходимо, чтобы она "понимала", какую программу нужно посчитать, "умела" по введенным в нее данным произвести все необходимые расчеты и выдать на перфоленте управляющую программу. Для этого в ЭВМ вводят комплекс вычислительных программ, способных выполнить все работы, переданные ей. Такой комплекс вычислительных программ называется системой автоматизации подготовки управляющих программ (САП). На примере "ручной" подготовки программ приведем основные этапы этой работы:

1. Составление маршрутной технологии.
2. Разработка операционной технологии.
3. Установление траектории движения каждого инструмента в абсолютной системе координат.
4. Составление кодировочного бланка.
5. Перфорация управляющей программы.
6. Контроль управляющей программы.

Самый низкий уровень автоматизации подготовки программы - когда автоматизируются 4-й и 5-й этапы. Более высокий уровень системы включает в себя и функции 3-го этапа - геометрические расчеты траектории движения инструмента. Таким образом степень автоматизации подготовки управляющих программ может быть различной и зависит от возможностей ЭВМ, квалификации технолога-программиста, сложности обрабатываемых деталей и других факторов. Наиболее длительные и сложные расчеты приходится осуществлять при программировании обработки на фрезерных и токарных станках. Поэтому применение САП наиболее эффективно именно для этих видов станков.

Для сверлильно-расточных станков геометрических расчетов значительно меньше, но все же во многих случаях с помощью ЭВМ удается сократить объем вычислений, если отверстия на детали заданы группами. В этом случае достаточно ввести в ЭВМ только вид группы и несколько минимально необходимых данных. Например, если необходимо просверлить 10 отверстий, расположенных на окружности D = 250 мм, то достаточно в ЭВМ ввести следующую запись "РК (250) 10". ЭВМ расшифрует эту запись и расчитает все необходимые перемещения для выхода сверла в последовательные положения, соответствующие координатам каждого из 10 отверстий. Передача ЭВМ геометрических расчетов не только упрощает подготовку программ, но и резко уменьшает объем записи фраз, сокращая тем самым и вероятность ошибок в управляющей программе и оптимизируя возможные перемещения детали или инструмента.

Еще более высокого уровня автоматизация процесса подготовки управляющих программ достигает при передаче ЭВМ работ по второму этапу - проектирование операционной технологии. Подключением той или иной системы подготовки с помощью ЭВМ управляющих программ к системе проектирования маршрутных технологий можно автоматизировать и первый этап. Очень важной функцией, которая может быть передана ЭВМ, является контроль управляющих программ (этап 6). В этом случае система автоматизации подготовки управляющих программ достигает наивысшего уровня. Состав системы автоматизации управляющих программ определяется теми функциями, которые на нее возложены.

Прежде всего система должна предусматривать "язык" записи исходных данных. Под "языком" понимают набор знаков, которыми можно описать форму обрабатываемой детали и все необходимые технологические указания. Этот набор знаков алгоритм системы расшифровывает, производит необходимые расчеты и формирует набор фраз с учетом конкретных условий конкретного станка, для которого готовится управляющая программа. Для каждого вида станка (токарного, фрезерного и др.) необходимые расчеты можно разделить на две группы: расчеты, которые необходимо выполнить независимо от возможностей конкретной модели станка, и расчеты, которые связаны с учетом возможностей и особенностей каждого конкретного станка. Поэтому САП строят следующим образом: все программы, связанные с общими для данной группы станков расчетами, выделяют в подсистему, которая называется процессором, а расчеты, связанные с учетом конкретного станка, в подсистему, называемую постпроцессором. Таким образом, при создании САП для всех видов станков данной технологической группы достаточен один процессор и столько постпроцессоров, сколько моделей станков обслуживает САП.

При подготовке программ на ЭВМ используются графопостроители непосредственно подключенные к ЭВМ. При помощи таких устройств управляющую программу можно прочерчивать очень подробно с указанием видов инструментов и их номеров, определением направления движения и т.д.

Несравненно более быстродействующими (но более дорогими) являются графические устройства на электронно-лучевых трубках-дисплеи. С их помощью изображение может быть высвечено на экране за доли секунды. Дисплеи позволяют не только высвечивать изображение запрограммированной траектории движения инструмента, но и упрощают введение исправлений в программу. Для этого используется "Электронный карандаш", представляющий собой чаще всего фотодиод, на который падает луч и замыкает электрическую цепь. Зафиксированное положение луча в момент замыкания позволяет автоматически выяснить, какой элемент заменяется. Если нужно изменить радиус элемента, контур которого высвечен на дисплее, то для исправления достаточно электронным карандашом прочертить изображение этого радиуса и набрать на клавиатуре его новую величину.

Дальнейшим развитием систем ЧПУ являются автоматизированные системы управления станков от ЭВМ. Их развитие идет по двум направлениям. Первое направление представляет собой централизованную систему, в которой одна ЭВМ управляет группой станков. Второе направление представляет децентрализованную систему, в которой управляют станками малые ЭВМ или мини-ЭВМ, а весь процесс производства контролируется большой автономной ЭВМ. Применение систем управления станками от ЭВМ повышает производительность и качество обработки, высвобождает рабочую силу. Вместе с тем системы управления станками упрощаются в' связи с тем, что функции индивидуальных программоносителей станков передаются памяти ЭВМ.

Новое и оригинальное *в* централизованных системах управления то, что центральная ЭВМ может быть расположена на большом растоянии от группы обслуживаемых станков (даже в другом городе). Связь между ЭВМ и станками может осуществляться по обычны линиям. Сами станки также могут находиться в разных местах, если этого требуют условия производства. Управление станками от ЭВМ позволяет очень *быстро* переходить от обработки одной партии заготовок к другой. Большой эффект в этом случае дает централизованный .склад с автоматическим адресованием исходных заготовок и обработанных деталей.

В заключение отметим, что существует также способ автоматического получения программ без ЭВМ. Реализацию способа осуществляет рабочий высокой квалификации при изготовлении первой детали на станке, снабженном системой ЧПУ и ручным управлением всейи исполнительными органами. В этом случае технолог и программист практически выпадают из системы подготовки производства. Однако оптимальность программ, получаемых таким способом, полностью зависит от квалификации рабочего, "записавшего" программу при изготовлении первой детали.

10.10. Проектирование технологических процессов в условиях гибких производственных систем

Серийный и мелкосерийный характер производства „многих предприятий горного машиностроения требует гибкой и быстрой переналаживаемости при переходе от одного изделия к другому. Это свойство наиболее полно может быть реализовано в условиях гибких производственных систем.

Гибкая производственная система (ГПС) (ГОСТ 26228-85) - это совокупность оборудования с ЧПУ в разных сочетаниях, роботизированных технологических комплексов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. ГПС обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Современная ГПС - это совокупность взаимосвязанных автоматических систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства (АС ТПП), управление гибкой производственной системой при помощи ЭВМ (АСУ, АСУ ТП).

ГПС при минимальном числе работающих может осуществлять различные функции: обработку заготовок, сборку изделий и др. Для выполнения этих задач интегрированную ГПС комплектуют следующим оборудованием: ЭВМ и другой микропроцессорной техникой; станками с ЧПУ; контрольно-измерительной автоматической техникой, промышленными роботами для загрузки оборудования; межоперационным транспортом; автоматизированным складом интсрументов; автоматизированной системой стружкоудаления.

В соответствии с ГОСТ установлен следующий состав частей ГПС, организованных в виде двух функциональных подсистем: обрабатывающая подсистема и подсистема, обеспечивающая функционирование. В состав обрабатывающей подсистемы входят гибкие производственные модули (ГПМ), роботизированные технологические комплексы (РТК) и различное технологическое оборудование (ТО). К подсистемам обеспечения функционирования относятся: подсистема контроля, транспортно-складская система, подсистема инструментального обеспечения, подсистема удаления отходов.

Проектирование технологических процессов в условиях ГПС является новым методом подготовки и организации производства, ориентированным на безбумажную технологию и безлюдное производство. При проектировании изделия и технологии его изготовления главным по-прежнему остается выполнение требований технологического задания, для чего с учетом возможностей автоматизированного производства выполняются следующие работы:

проектирование операций обработки с учетом номенклатуры оборудовали я и технологического оснащения ГПС;

проектирование операций переналадки оборудования;

проектирование операций *перемещения, складирования,* установки и контроля с учетом их взаимной увязки с операциями обработки;

программирование разработанных операций обработки, контроля, складирования, перемещения и установки;

формирование информации для управления технологическим процессом.

Технологические процессы для ГНС должны удовлетворять следующим требованиям!

1. Комплексности проработки проектных решений с точки зрения гибкости (переналаживаемости) технологических процессов.

2. Детализации проработки проектных решений, обеспечивающей распространение технологических процессов до уровня рабочих приемов.

3. Многовариантности технологических процессов, обеспечивающих максимальное использование возможностей ГПС в случаях вынужденных^ или целенаправленных изменений производственных условий.

4. Типизации технологических решений, обеспечивающей минимальные изменения ГПС при смене или модификации объекта производства.

5. Рациональной структуры операций .и переходов технологических процессов, обеспечивающей: синхронизацию операций и переходов периодам стойкости режущего инструмента, минимизацию транспортных и манипуляционных перемещений.

6. Обеспечения корректировки стойкости режущего инструмента с приведением к единой или кратной величине и последующей корректировкой режимов резания.

7. Оперативной корректировки управляющих программ обработки, транспортирования, контроля, складирования и т.д.

Проектирование технологических процессов для ГПС состоит из ряда этапов.

Нав первом этане решаются задачи, связанные с анализом объектов производства, их отбором и группированием в соответствии с требованиями 1ПС: описание объектов производства, классификация и группирование, оценка группирования.

На втором этапе решаются задачи проектирования маршрутного технологического процесса.

На третьем этапе, на основе маршрутного, разрабатывается операционный технологический процесс.

На четвертом этапе, на основе информации об изделии в технологии изготовления, производится разработка управляющих программ.

На пятом этапе выполняется проверка правильности принятых технологических решений моделированием производственной системы, позволяющая выявить и устранить узкие места и учесть аварийные и сбойные ситуации. Наилучшие результаты позволяет получить имитационное моделирование.

На шестом этапе осуществляется подготовка информации для АСУ ГПС, которая используется для планирования и учета хода производства.

Ч а с т ь II. РЕМОНТ И МОНТАЖ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Г л а в а 11. ИЗНАШИВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

11.1 Основные понятия и определения

Эффективность работы любой установки, комплекса, машины, узла в большой степени зависит от степени зависит от длительности сохранения определенных зазоров и натягов в их соединениях, качества смазки трущихся поверхностей, *от* нагрузки и других факторов, характерных для каждого рассматриваемого объекта. Чем быстрее изнашиваются узлы и детали машины, тем больше непроизводительные потери энергии. Преждевременное изнашивание резко повышает стоимость работы машины в связи с затратами излишнего времени и средств на ремонты и увеличением расходов на приобретение запасных частей.

Даже небольшое повышение износостойкости деталей и узлов позволяет добиться многомиллионной экономики, так как в масштабе страны расходы на ремонты машин и замену изношенных частей составляют миллиарды рублей в год. Поэтому всесторонее изучение явлений изнашивания деталей и методов повышения их износостойкости имеет очень важное значение. Оно дает возможность научно обосновывать рекомендации по правильной эксплуатации йашин на шахтах, рудниках и заводах; правильно решать вопросы рационального выбора конструкций узлов и деталей машин; удлинять межремонтные сроки их работы; вводить на предприятиях усовершенствованные методы дефектаций и восстановления изношенных деталей для их повторного использования.

Несмотря на многообразие литературы по вопросам изнашивания, работники горной промышленности лишены возможности использовать эти общие рекомендации, так как горные машины и комплексы работают в специфических условиях пыльной и влажной, часто сильно коррозионной среды, способствующей ускоренному изнашиванию. Поэтому проблемой повышения износостойкости, эксплуатационной работоспособности, безотказности и долговечности машин и механизмов в горной промышленности занимаются многие учебные, научные и проектные институты, организации и учреждения.

Приведем основные понятия и определения, используемые в машиностроении.

Способность машины или механизма (изделия) выполнять заданные функции с параметрами, соответствующими требованиями технической документации, называют *работоспособностью.* Свойство машины, комплекса сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов считают *безотказностью. Отказ* - это нарушение работоспособности машины.

Эксплуатационной надежностью называют способность комплекса, машины или детали проработать без нарушения заданный

период времени (например, между двумя смежными ремонтами). Надежность работы машины иногда повышают, умышленно уменьшая срок ее службы. Например, в условиях комплексной механизации шахты ненадежная работа одной из горных машин, входящих в комплекс, неизбежно делает неустойчивым во *времени* весь производственный цикл. Поэтому срок службы отдельных горных машин из-за необходимости достичь надежности их работы в общем комплексе можно ограничить. Повышают эксплуатационную надежность и долговечность горных машин, максимально увеличивая межремонтные сроки их службы.

Долговечность - свойство комплекса, машины, узла, соединения сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние установки определяется невозможностью ее дальнейшей эксплуатации, снижением эффективности *или* нарушением требований безопасности и оговаривается в технической документации. Показатели долговечности - срок службы или ресурс машины (в часах, кубометрах, тоннах) от начала ее эксплуатации до списания.

Ремонтопригодность - свойство машины, комплекса, узла-, заключающееся в *ее* приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Ресурс - наработка установки до предельного состояния, оговоренного техническими условиями.

Срок службы - календарная продолжительность эксплуатации или наработки машины до момента возникновения предельного состояния, оговоренного в технической документации, или до списания.

Межремонтный срок службы или *межремонтный ресурс* - наработка комплекса (узла), бывшего в ремонте, до момента возникновения предельного состояния, оговоренного техническими условиями, при котором он подлежит очередному ремонту или замене.

Виды износа. Встречающийся в машинах износ принято разделять на моральный, связанный с *устарелостью* конструкции данной машины, и физический. Последний, в свою очередь, разделяется на два вида - естественный (нормальный) и преждевременный (аварийный).

Естественным или *нормальным износом* принято называть изменения в размерах деталей или соединений механизмов, которые образуются в результату длительной эксплуатации машины и являются, главным образом, следствием работы сил трения, а также других причин (температурные, климатические воздействия и т.д.). Нормальный износ показывает, что эксплуатация машины ведется правильно.

Преждевременным или *аварийным* называется износ, срок достижения которого значмительно меньше нормального, а значение достигает таких размеров, при которых дальнейшая эксплуатация машины сопряжена с неизбежной аварией. Аварийный износ почти всегда связан с дефектими в конструировании, изготовлении или уходе за машиной. Наиболее характерные причины, вызывающие аварийный износ, следующие:

1) нарушение нормального режима работы машины

вследствие перегрузок, неправильного взаимодействия, частей, ослабления крепления болтов, шпонок, клиньев и т.п.;

2) неправильный режим смазывания (отсутсвие смазки, несоответствие сорта, Неправильные нормы);

3) несвоевременная чистка механизмов;

4) несвоевременная замена износившихся деталей или узлов, несвоевременный или недоброкачественный ремонт;

5) недоброкачественность металла некоторых деталей - наличие в нем раковин, трещин, несоответствие марки металла и т.п.;

6) усталостные явления в материале деталей;

7) некачественное изготовление и обработка деталей;

8) неправильный монтаж машины или узла;

9) неправильная настройка механизмов.

По характеру проявления аварийные износы можно подразделить на два вида: механизм выходит из строя только после некоторого периода работы; возникающий дефект сразу же вызывает интенсивное разрушение и аварию.

Виды разрушений. Различают три вида разрушений деталей и горных передвижных и стационарных машин - вязкое, хрупкое и усталостное.

Вязкое разрушение детали наступает при напряжениях, превышающих предел текучести материала. Разрушению предшествует более или менее заметная пластическая деформация металла под влиянием кручения или изгиба, а иногда растяжения или сжатия. Излом имеет волокнистое строение с заметными следами сдвига материала. Из-за вязкого разрушения выходят из строя разнообразные детали горного оборудования. Однако это разрушение менее опасно, чем хрупкое, так как поломка машины зачастую предупреждается начавшейся пластической деформацией, которая вызывает остановку машины.

Для повышения сопротивления вязкому разрушению можно: 1) ограничить перегрузку деталей во время работы при помощи специальных предохранительных устройств (срезных шпилек, муфт различных типов); 2) увеличить жесткость деталей; 3) изготовить детали из материала с повышенными механическими свойствами и термически их обработать; 4) уменьшить рабочие напряжения в детали путем ориентированного наклепа или другими средствами.

Хрупкое разрушение детали наступает без заметных следов предшествующей пластической деформации. Специфическим является так называемый сухарный излом с кристаллическим строением, иногда внешне гладкий (на мелкозернистых сталях), но не ровный. Обычно хрупкое разрушение детали вызывается перегрузкой при ударном приложении нагрузки. Однако такой вид разрушения может быть получен и при статической перегрузке (детали с острыми надрезами, грубой обработкой поверхности, закаленная до высокой твердости сталь и др.). Хрупкое разрушение детали неопределенно во времени, так как перегрузка может возникнуть в любой момент.

Сопротивление детали хрупкому разрушению можно повысить следующими мерами: 1) ограничив возможность перегрузки применением предохранительных устройств; 2) снизив жесткость удара при помощи амортизирующих устройств; 3) повысив прочность и пластичность материала деталей; 4) устранив или уменьшив

вредное влияние концентратов напряжений.

Усталостное разрушение материала. Значительное число разнообразных деталей горных машин выходит из строя из-за разрушений, вызванных усталостью материала. Процессы усталости возникают и развиваются в наиболее напряженных поверхностных слоях детали в результате длительного действия переменных по величине и знаку нагрузок. Распространенность усталостных разрушений объясняется тяжелым динамическим режимом работы горных машин, большими циклическими перегрузкам^! и несвоевременной заменой изношенных деталей.

Причиной поломки детали является усталостная трещина, которая начинает развиваться в той части поверхности, где действуют растягивающие напряжения, и, как правило, от какого-либо концентратора напряжений (забоина, риска от обработки и т.д.). Очагов развития усталостной трещины может быть несколько, в связи с чем в изломе можно обнаружить несколько зон усталостного разрушейия.

Типичный усталостный излом имеет две отличающиеся друг от друга зоны - усталостного и единовременного разрушения. Зона усталостного разрушения обычно имеет мелкозернистую, блестящую или матовую поверхность, что объясняется результатом взаимодействия поверхностей излома при циклическом нагружении деталей. Поверхность излома второй зоны имеет большей частью кристаллическое строение и все другие признаки хрупкого разрушения.

Повысить усталостную прочность деталей можно:

1) уменьшив рабочее напряжения ограничением возможности перегрузки детали, ее балансировкой, повышением жесткости опор, гашением крутильных колебаний, увеличением сечения деталей;

2) уменьшив влияние конструктивных концентраторов напряжений (скруглив острые углы и кромки на деталях, резкие переходы сечений, шпоночные канавки, шлицы, отверстия и др.);

3) устранив или уменьшив технологические концентраторы напряжений (прижоги и трещины при шлифовании, микронеровности обработанной поверхности, переходную зону при поверхностной закалке при ремонте деталей сваркой, закалочные трещины, растягивающие напряжения при холодной правке, клеймение и забоины в опасных местах);

4) устранив возможность образования эксплуатационных концентратов напряжений;

5) применив метод упрочнения деталей - дробеструйную обработку, обкатку роликами, обработку специальными упрочнителями - взрывом;

6) применив термическую (поверхностная закалка) и термохимическую (азотирование) обработки, обеспечивающие повышение усталостной прочности;

7) периодической проверкой и подтягиванием болтов и шпилек, подверженных действию переменных нагрузок.

11.2. Механическое изнашивание

В науке и технике под износом в машинах понимают механический, коррозионный или тепловой износ (в зависимости от причин, вызывающих изнашивание). Часто изнашивание вызывается не

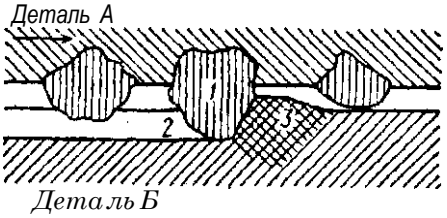


Рис. 11.1. Схема изнашивания сопряженных деталей при скольжении:
X - зерно; 2 - канавка; 3 - стружка

одной из названных причин, а сразу несколькими, в связи с чем износ приобретает сложный характер.

В машинах чаще всего наблюдается механический износ, возникающий под действием сил трения. Такое изнашивание представляет собой сумму одновременно протекающих процессов истирания, смятия и окисления соприкасающихся поверхностей.

Истирание наблюдается при скольжении одной детали относительно другой. Даже при малых нормальных давлениях между соприкасающимися поверхностями скользящих деталей по истичении некоторого времени на них обнаруживают следы истирания (изнашивание трением первого рода), Истирание металла происходит вследствие того, что соприкасающиеся поверхности деталей всегда имеют шероховатости, препятствующие скольжению одной детали по другой.

Схема изнашивания деталей при скольжении (рис. II. 1) такова: Твердое зерно *1* движущейся детали *А* образует канавку *2* в сопряженной детали *Б.* Стружка *3,* полученная от действия зерна *1,* в дальнейшем на столько уплотняется, что оказывается тверже зерна 1. Вследствие этого зерно 1 вырывается из верхней детали и, упираясь в стружку *3,* образует канавку уже в детали *А.* В результате получается взаимный износ обеих поверхностей - твердой и мягкой. Этот процесс изнашивания (истирание металлов) происходит на протяжении всего времени работы деталей.

Отношение высоты ДЬ, мм, изношенного слоя материала к пути трения 1, мм, называется интенсивностью линейного изнашивания:

$$i = Ah/1. \qquad (168)$$

Интенсивность линейного изнашивания - наиболее важная характеристика изнашиваемости, так как связана с увеличением зазора в соединении машины. Она значительно возрастает при срезании поверхностных слоев металла твердыми абразивными частицами, находящимися между поверхностями трения. При этом протекает так называемое абразивное изнашивание, которое по своей природе и механизму близко к явлениям, происходящим при резании металлов. От последнего абразивное изнашивание отличается большей сложностью и некоторыми специфическими особенностями, в частности геометрией абразивных частиц и малым сечением стружки.

Механическое изнашивание происходит также при взаимном обкатывании двух поверхностей под нагрузкой (изнашивание трением второго рода), а также вследствие ударов. Взаимное обкатываение двух поверхностей практически всегда связано с многократным прохождением элементов поверхностей через серию циклов повторно-

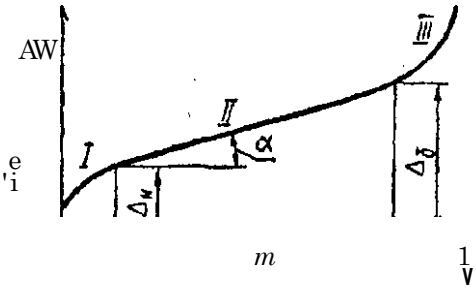


Рис. 11.2. Кривая нарастания износа соединения машины

переменного напряжения. В результате обкатывания или ударов на поверхности деталей появляются микро- и макротрещины с последующим развитием их в глубину и образуется пленка металла, которая в дальнейшем легко выкрашивается и отслаивается. Рассмотренный частный случай механического износа, возникающий при трении качения и наиболее отчетливо проявляющийся на рабочих поверхностях подшипников качения и зубьев шестерен, принято называть *осповидным* износом.

На практике механический износ деталей под действием сил трения (первого и второго рода) и ударных нагрузок является самым распространенным, имеющим исключительно важное значение видом износа.

Износ, вызываемый окислением при трении, т. е. окислительный износ, возникает в том случае, когда деформирующиеся части детали, кроме того, соприкасаются с влажным воздухом или с недоброкачественным *маслом.* При появлении на металлических поверхностях оксидов может понизиться прочность поверхностного слоя детали, более интенсивно станут отрываться окисленные частицы и, как результат изнашивание соприкасающихся поверхностей произойдет быстрее.

Механическое изнашивание деталей машин происходит неравномерно. Детали, соприкасающиеся между собой при большей скорости движения или же воспринимающие большее число нагружений при прочих равных условиях изнашиваются быстрее деталей, находящихся в более благоприятных условиях работы.

На рис. И.2 показана кривая нарастания износа подвижного соединения работающей машины: по оси абсцисс отложено время t, ч, работы соединения, а по оси ординат - мера износа , мм, в данном случае зазор. Кривая справедлива для большинства подвижных соединений машин, работающих в установившемся режиме , и имеет три ярко выраженных участка: / - период приработки, во время которого скорость изнашивания постепенно снижается; *II* - период нормальной работы, когда условия на поверхности трения становятся постоянными - изнашивание протекает с постоянной скоростью; *III* - период аварийного износа, характеризующийся наличием изменившихся условий работы, например повышением скорости изнашивания вследствие чрезмерного увеличения зазора, усилением динамического нагружения соединения, образованием неблагоприятных условий для работы масляного слоя.

Период постоянной скорости изнашивания *(II* период) является основным и обычно во много раз превышает период приработки. Необходимо всегда период приработки соединения сводить

к минимуму соответствующей технологической обработки деталей, а период нормальной работы сопряжения удлинять надлежащим уходом.

Устанавливая межремонтный период работы соединения, время *I* и *III* периодов изнашивания исключают, так как началом нормальной работы соединения считается момент окончания приработки, а окончанием - достижение наибольшего допустимого износа. Межремонтный период работы Т, ч, любого удовлетворительного сконструированного соединения, работающего и установившемся режиме,

$$T = (Л_{НБ} - А_Н)/tg\text{-}a \qquad (169)$$

где $Л_{нв}$ - наибольший допустимый зазор в соединении при изнашивании, мм; $Л_н$ - начальный зазор в приработавшемся соединении, ММ;tga - величина, характеризующаяся интенсивностью изнашивания соединения (нарастание зазора в 1 ч, например, на 1 км пробега электровоза, $1м^3$ откачанной воды и т. п.). Величину tga устанавливают опытным путем при заводских испытаниях машины. При этом машина должна с приработавшимися соединениями проработать в нормальном режиме время t = 50 - 70 ч. Измеряют полученный в соединении зазор $Л_г$ и тогда

$$tga = (Л, -Л_Н)Д. \qquad (170)$$

Подставив значение tga в формулу (169), получим

$$Тм = А в - \backslash П/(\backslash А) - \qquad (171)$$

При изготовлении новой машины для подвижных соединений устанавливают вполне определенные зазоры, предусмотренные допусками и посадками. Однако всякая машина может удовлетворительно работать и тогда, когда зазоры в соединениях несколько превышают принятые при изготовлении. Предельные колебания за.зоров от заводских до максимально допустимых должны, очевидно, подбираться так, чтобы в их пределах механизм практически не менял своих рабочих качеств и чтобы вместе с тем его соединения с такими зазорами не получали заметных повреждений.

11.3. Влияние смазки на изнашивание соединения

Смазка значительно уменьшает изнашивание машин и деталей. Правильный подбор смазочных материалов и установление рационального режима смазки трущихся пар повышают срок их службы, и наоборот неправильная смазка вызывает заедание, поломки и аварии.

На износ и коэффициент трения влияют вязкость, маслянистость, состав и температура смазочного вещества, скорость движения трущихся поверхностей, давление, конструкция подшипника и смазочного устройства, материал деталей и шероховатость трущихся поверхностей. С точки зрения состояния поверхностей и режима смазки различают следующие виды трения скольжения - жидкостное, полужидкостное, граничное, полусухое

и сухое.

Жидкостное трение происходит тогда, когда движущиеся поверхности разделены сплошным слоем смазочного материала. Здесь можно говорить только о трении в смазочном слое, которое является функцией внутреннего трения вязкой жидкости. Согласно гидродинамической теории смазки, впервые разработанной профессором Н.П. Петровым (1883 г.), для коэффициента жидкостного трения ±'ж получена зависимость

$$1_{ж} = r|v/h(q + л A, + пЛ_2), \qquad (172)$$

где л - коэффициент вязкости жидкости, Па х с; v - скорость скольжения трущихся поверхностей, м/с; h - минимальная толщина смазочного слоя, м; q - среднее давление, Па; и $X_г$ - липкость (маслянистость) масла по отношению к материалам цапфы и подшипника соответственно, с.

Теория профессора Н.П. Петрова получила дальнейшее развитие в работах ученых Н.Е. Жуковского, С.А. Чаплыгина, Н.И. Мерцалова и др. Из зарубежных работ, посвященных развитию теории профессора Н.П. Петрова известны исследования Гюмбеля, Фальца и др.

Коэффициент жидкостного трения имеет значения, измеряемые тысячными долями единицы, и для хорошо смазанных поверхностей колеблется в пределах 0,003 - 0,010, т. е. приближается к лучшим результатам, достигнутым в подшипниках качения. Необходимо стремиться к тому, чтобы такая смазка осуществлялась во всякой машине, так как в соединениях, работающих в непрерывной масляной пленке, годами нет заметных признаков износа. Жидкостного трения, т. е. полного разделения трущихся поверхностей слоем масла, достигают непрерывной и принудительной подачей масла в зазор между трущимися поверхностями. Толщина масляного слоя измеряется при этом сотыми, а иногда десятыми долями миллиметра.

Принудительная подача смазки между поступательно движущимися частями на практике легче всего осуществляется наклоном одной движущейся поверхности относительно другой. Примером может служить поступательно движущийся ползун (рис. II.3). При соответствующих вязкости масла, скорости движения и достаточно малой клиновидности зазора ползун "всплывает" на масляной пленке. Отрицательный участок на диаграмме наглядно показывает завихрения, возникающие при подводе смазки примененным в данной конструкции способом.

В подшипниках скольжения клиновидности масляного слоя достигают, оставляя зазор между цапфой и отверстием. Благодаря этому цапфа во время вращения располагается в подшипнике эксцентрически со смещением своего центра в сторону вращения (рис. II.4,а). Чем меньше зазор, тем меньше средний угол клиновидности и тем легче цапфа "всплывает" в подшипнике. В состоянии покоя цапфа выдавливает масло и опирается непосредственно на поверхность подшипника. При бесконечно большой угловой скорости w она занимает в подшипнике концентрическое, а при других значениях w - промежуточное положение, определяемое углом q (угол между вертикальной осью

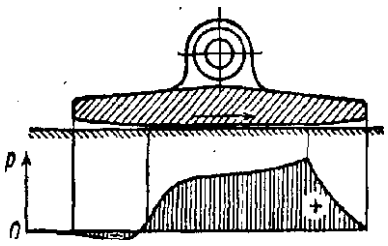


Рис. 11.3. Диаграмма давления в смазочном слое при поступательном движении ползуна

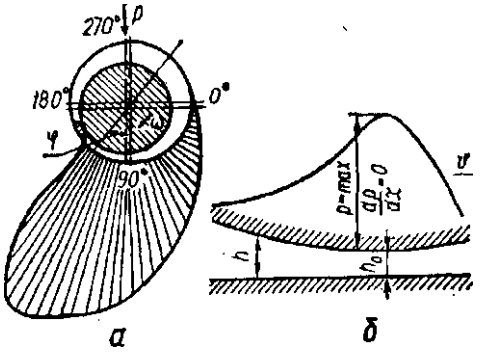


Рис. 11.4. Схемы распределения давления:
а - в клиновидном масляном слое по окружности цапфы; б- в слое масла при поступательном перемещении поверхности

и прямой, проходящей через центры подшипника и цапфы).

Процесс создания давления в масляном слое при вращении цапфы в общих чертах представлятеся следующим. Вращаясь, цапфа увлекает за собой концентрические слои масла: первый, смазывающие ее слой, - вследствие адсорбции масла металлической поверхностью, следующие - ввиду вязкости. Таким образом, вокруг цапфы образуется непрерывная циркуляция масла, т. е. цапфа действует как насос роторного типа.

Основное уравнение гидродинамики. Рассмотрим случай, когда нагруженные поверхности разделены слоем масла и одна из них поступательно перемещается относительно другой со скоростью v (рис. II.4, б). Масло, попадая в постепенно суживающийся по направлению движения зазор, в результате своей несжимаемости стремится растекаться как по направлению, паралельному движению, так и перпендикулярно к нему, т. е. по направлению к торцам поверхностей. Силы вязкости препятствуют вытеканию масла. По мере сужения зазора вытекание масла все больше затрудняется. Для его проталкивания необходимо все большее давление, которое достигает максимума в месте наименьшего зазора. Вследствие повышения давления в масляном слое, с одной стороны, увеличивается скорость вытекания масла, а с другой, - приподнимаются поверхности, увеличивая проходные отверстия. В итоге наступает состояние равновесия, при котором вытекающий в единицу времени во всех направлениях объем масла равен объему масла, вносимому в сужающееся пространство зазора.

Обозначим: q_h - секундный объем масла, вносимый в зазор насосным действием движущейся поверхности, м^3 /с; q_x - секундный объем масла, стремящийся вытекать под действием давления, м^3/с. Тогда в любом сечении зазора в единицу времени протекает объем масла

$$Q = q_h - q_x- \qquad (173)$$

Величина q_h при ламинарном течении

$$q_h \quad hl(v/2), \qquad (174)$$

где h - высота зазора, м; 1 - длина зазора в направлении, поперечном движению, м; v - скорость движения поверхности, м/с.

Величина q для случая истечения реальных жидкостей через узкую щель при большой ширине канала

$$q_x = (lh^3/l2r|)(dp/dx), \qquad (175)$$

где г) - коэффициент вязкости жидкости, Пахе; dp/dx - градиент давления в направлении истечения (для одностороннего истечения - в направлении движения поверхности).

Обозначим *через* h_0 зазор в том месте, где давление максимально и где dp/dx = 0, а следовательно, и $q_x = 0$, Тогда протекающий в единицу времени объем, $м^3/с$,

$$Q_0 = q_{h_0}. \qquad (176)$$

Приравнивая по условиям непрерывности формулы (173) и (176), получим после преобразования следующее основное уравнение гидродинамики:

$$dp/dx = 6r)v(h - h_0)/h^3. \qquad (177)$$

Интегрированием этого уравнения можно получить давление в любой точке.

Полужидкостное трение занимает промежуточное положение между жидкостным и граничным. При полужидкостном трении масляный слой несет основную нагрузку, но не полностью предохраняет трущиеся поверхности от непосредственного контакта. Полужидкостное трение по сравнению с жидкостным неизбежно связано с усилением изнашивания трущихся поверхностей, и его стремятся избегать. Однако на практике неполная жидкостная смазка встречается часто: при малой относительной скорости Движения трущихся поверхностей, высоких температурах, грубой обработке поверхностей скольжения, большом зазоре между цапфой и подшипником, качающихся валах, слабо смазанных параллельных поверхностях, движущихся возвратно-поступательно (например, поршневые кольца), отчасти при смазке зубьев шестерен, шарико- и роликоподшипников и т. п. Даже подшипники скольжения, рассчитанные на нормальную работу в области жидкостного трения, определенные периоды работают при полужидкостном трении, напримар, при пуске и останове машины.

Граничное трение имеет место, когда трущиеся поверхности разделяются настолько тонким слоем смазки (менее 10 мкм), что они теряют несущую способность и обычные уравнения гидродинамики для вязкой жидкости к ним становятся неприменимыми. При граничном трении важное значение имеет не вязкость масла, а так называемая маслянистость, т. е. способность образовывать на трущихся поверхностях прочную адсорбированную пленку, которая смягчает удары микровыступов на поверхностях трения и предупреждает возникновение сухого трения. Лучшая

маслянистость смазки и более высокое качество отделки поверхности способствуют образованию адсорбированной пленки и уменьшают изнашивание деталей. Интенсивность изнашивания при граничном трении по сравнению с сухим трением может снижаться в сотни раз и более.

Полусухое трение возникает, когда адсорбированная пленка частично разрывается и происходит смешанное трение, т. е. одновременно граничное и сухое. При этом неизбежно форсированное изнашивание деталей, в несколько раз превышающее изнашивание при полужидкостном трении.

Экспериментальные исследования показывают, что смазка редукторов забойных машин, электровозов, конвейеров, электросверл, погрузочных и других машин всегда содержит некоторое количество мелких частиц угля и породы. Это способствует более или менее ускоренному изнашиванию деталей редукторов абразивными частицами и сокращению срока их службы. Для бесперебойной работы машину необходимо регулярно смазывать и следить за качеством смазки. При ослаблении контроля за режимом смазки и ухудшении ее качества машина начинает работать с перебоями и может быстро выйти из строя.

Сухое трение происходит при относительном движении твердых несмазанных или слабо смаЗанных шероховатых поверхностей. Коэффициент сухого трения для применяемых в машиностроении металлических пар колеблется в пределах 0,1 - 0,3, а иногда достигает и больших значений. Такой вид трения наблюдается у фрикционных передач, в различных тормозах, при скольжении бандажа по рельсам, в деталях разборных цепей, рештаков и звездочек скребковых конвейеров, в деталях бара и режущих цепей забойных машин и т. д. При сухом трении получается небольшое изнашивание трущихся поверхностей. Особенно опасен процесс изнашивания, который сопровождается непосредственным молекулярным взаимодействием трущихся тел к заеданием.

I При попадании между трущимися деталями угля (например, между цепью и секцией скребкового конвейера, баром и режущей цепью угольногокомбайна) заеданий не происходит и износ уменьшается.

11.4. Поступательное движение смазанных деталей с наклонными поверхностями

Рассмотрим применение основного уравнения гидродинамики к поступательному движению смазанных деталей с точки зрения замедления их изнашиваемости и правильной смазки. Предположим, что поверхность подвижной детали наклонена к неподвижной плоскости под постоянным небольшим углом и перемещается по отношению к ней со скоростью v (рис. И.5). Точку 0 принимаем за начало координат. Длину поверхности в соответствии с обозначениями принимаем $B = Ъ_3 - b$. Ширину поверхности условимся считать бесконечно большой. Высота зазора в любом сечении, расположенном на расстоянии x от начала координат, h=xtg'a . Ввиду небольших размеров угла а можно принять h = xa. В точке, где dp/dx = 0 и давление p максимально, высота зазора $h_0=ax_0$.

Подставив полученные значения в уравнение (177), получим

$$dp/dx = (6t]v/a^2)(x - x_0)/'x^3. \qquad (178)$$

Проинтегрировав выражение (178) в пределах от до x, будем иметь

$$p_x = (6_n v/a^2)[(l/b, - 1/x) - (x_0/2)(l/b_1{}^a - 1/x^2)]. \qquad (179.,$$

При x = Ь2 давление p_x = О, следовательно,

$$(1/b, - 1/Ь_2) - (x_0/2)(1/Ъ,^2 - 1/V) = O,$$

откуда

$$x_0 = 2b,b_2/(b, +Ь_2). \qquad (180)$$

Подставив значение x в уравнение (179), получим

$$p_x = (6г|y/a^2)(x - Ь,)(x - Ь_2)/(Ь, +Ь_2)x^2.$$

Полная сила P, Н, действующая на поверхность шириной 1,

$$P = \int_{b_1}^{b_2} P_x dx = (6r)vl/a^2)[2B/(b, + b_2) - \ln(b_2/b,)].$$

Обозначив безразмерную величину 6[2B/(b_1 + b_2) - ln^/b,)] через 1', получим

$$P = l'rivl/a^2, \qquad (181)$$

тогда, удельная нагрузка q, Па, на площадь B1

$$q = P/B1,$$

или

$$q = l'r\v/a^2B. \qquad (182)$$

Исследования показывают, что отвлеченную величину Г можно выразить следующим приближенным уравнением:

$$\Gamma = 0,3(Ba/h_{min})^{1'2}.$$

Подставляя это выражение в формулу (182), получим

$$_q = 0,3r|vB^{0'2}/oc^{o'B}\{h_{min})^{1'2}. \qquad (182a)$$

Для учета конечной ширины 1 поверхности, нагруженность которой будет меньше теоретической, Гюмбель предложил ввести в знаменатель поправочный коэффициент

$$c' = (1 + B)/1.$$

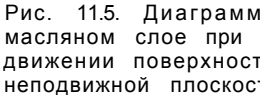


Рис. 11.5. Диаграмма давления в масляном слое при поступательном движении поверхности под углом к неподвижной плоскости

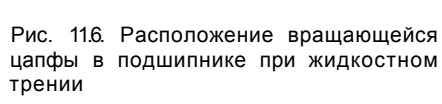


Рис. 11.6. Расположение вращающейся цапфы в подшипнике при жидкостном трении

Таким образом, окончательная формула для расчета нагруженности поверхности имеет следующий вид:

$$q - 0{,}3iivB^{\circ i2}/c'(x^{M}(h_{min})^{1'2}. \qquad (183)$$

Из формулы (183) можно определить минимальную толщину $Ь_{т.л}$, м, масляного слоя, установившуюся при заданных вязкости масла, размерах поверхности, скорости перемещения и нагрузке на нее:

$$h_{mii)} - 0{,}35(т)vB^{0,2}/c'(x^{\circ'8}q)<^{1}/u>_ \qquad (183а)$$

Если поверхности гладкие и не деформируются под нагрузкой, а масло обладает достаточной вязкостью, то адсорбированная пленка не допустит непосредственного соприкосновения движущихся поверхностей даже при толщине пленки h_{min} = 0,0001 мм. Однако обычно металлические поверхности имеют неровности, высота которых может превышать толщину масляного слоя, установившегося при определенной скорости. Поэтому при малых скоростях неизбежно приходится считаться с наличием большего или меньшего истирания вследствие непосредственного контакта между скользящими поверхностями.

Как правило, суммарная высота неровностей на соприкосающихся поверхностях деталей в зависимости от точности и шероховатости обработки колеблется от 0,01 мм (тонко шлифованные, пришабренные или приработавшиеся поверхности) до 0,1 мм (чистовая обработка на станках). Для сохранения в поступательно движущихся частях условий жидкостного трения, необходимо, чтобы толщина масляной пленки h_{min} была не меньше указанных пределов.

11.5. Зазоры, допускаемые при изнашивании подшипников скольжения

Выводы из гидродинамической теории трения можно исследовать для установления допускаемых зазоров в подшипниках скольжения и других аналогичных соединениях работающей машины, так как необходимо стремиться к тому, чтобы любое соединение работало в условиях жидкостного трения. Для применения уравнения (177) к соединениям "вал - подшипник" преобразуем его в полярных координатах (рис. 11.6). Обозначим через Д = 2 (R - r) диаметральный зазор между подшипником радиусом R и цапфой радиусом r = d/2; e = Д/2 - h_{min} - абсолютный эксцентриситет; e = 2e/Д - относительный эксцентриситет. Тогда зазор h, м, в любой точке, определяемой углом q, ввиду малого значения углау

$$h = R - r \quad e\cos(180° - \varphi) = D/2 + e\,\text{совф}.$$

Значение h_0 в точке, определяемой углом φ_0, при котором давление в масляном слое максимально,

$$h_0 = Д/2 + e\ \mathbf{coS(p_0.}$$

Имея в виду, что dx = rdcp и v = га и подставив значения dx, h, h_0 и v в уравнение (177), получим

$$dp = (6r|cod^2/A^2)[e(\cos<p - \text{coscp}_0)/(1 + e\cos<p)^3]d<p. \quad " \quad (184)$$

Давление в любой точке несущего масляного слоя

$$P_{„} = (6r|cod^2/A^2)\ 1\ [s(cosq> - co8\varphi_0)/(1 + s\ \text{совф})^3\hat{}\varphi. \quad (185)$$

Удельная нагрузка на цапфу

$$\mathbf{q = (1/-)\ J\ p.\ sin(9 - \phi,M\phi,}$$

или

$$\mathbf{q} = (3r|C0\,J^2/Д^2)\ J\ |\ [\text{-}(cOS<p - C\,0\,3\,\varphi_п)\,3\,ш(\varphi - \varphi.)/(1 + E\cos<p)^3]d^J(p. \quad (186)$$

Уравнение (186) можно представить в следующем виде:

$$q = л©(й^2/Д^2)0\ , \quad (187)$$

где 0 - безразмерная величина, зависящая исключительно от положения цапфы в подшипнике, т. е. 0 = *f*(e). Исследования [29] показывают, что величину 0 можно выразить следующим уравнением:

$$0 = 1{,}04/(1 - e). \quad (188)$$

Наивыгоднейшее значение 0 получается при e = 0,5, т. е. наивыгоднейшее 0 = 2,08. Подставив его в уравнение (187), а также имея в buttv. что ю = лп/ЗО, 6vfleM иметь

$$Д_н = 1,44d(Wcq)^{0'5}, \qquad (189)$$

где d - диаметр цапфы, мм; п - частота вращения цапфы, об/мин.

Полученный из формулы (189) наивыгоднейший зазор $Д_н$, мм, соответствует первоначальному зазору, получаемому после приработки нового соединения, с которого должна начинаться нормальная работа всякого соединения машины. Коэффициент с = (1 + d)/1 учитывает конечную длину 1 цапфы.

Исследования [29] показывают, что между наибольшим допустимым зазором $Д_{НБ}$ в изношенном соединении "подшипник - цапфа" и наивыгоднеишим зазором $Д_н$ может быть следующая зависимость:

$$Д_{НБ} = Д_н^2/4(5_1 + 5_2), \qquad (190)$$

где $5_1 + 6_2$ - сумма микронеровностей подшипника и цапфы соответственно, остающаяся после их приработки, мм. Для большинства нормально приработавшихся поверхностей подшипников скольжения можно считать, что $5_1 + 5 = 0,004$ мм. Подставив это значение, а также значение $Д_н$ из уравнения (189) в формулу (190), получим

$$Д_{нв} = 130rind^2/cq. \qquad (191)$$

Приведенные выводы о предельных зазорах получены из условия, что вал и подшипник несут постоянную нагрузку. При переменной нагрузке общая картина явлений остается такой же, если в соединении имеет место жидкостное трение. Исследования [29] показывают, что при ударной нагрузке среднее давление в масляном слое обычно получается более высоким, чем при постоянной нагрузке.

В соединениях, вращающихся с небольшой частотой (менее 300 об/мин), а также в соединениях с колебательным движением условия жидкостного трения достигнуты быть не могут, так как гидродинамическое давление в клиновидной щели при небольших угловых скоростях вращения настолько мало, что **Не** в состоянии приподнять вал в подшипнике. Поэтому работа некоторых кинематических пар подъемных машин, компрессоров, экскаваторов, лебедок и других горных машин происходит в условиях полужидкостного, граничного или полусухого трения. В таких случаях приходится принимать

$$Д_{НБ} = (2 - 3)Д_Н \cdot \qquad (192)$$

Прежде чем окончательно устанавливать предельные значения зазоров в соединении типа "вал - подшипник", необходимо проверить их влияние на работу соединенных деталей вследствие изменения межцентрового расстояния между деталями, кинематически связанными между собой. Так, изменение межцентрового расстояния в зубчатой передаче может вызвать либо уменьшение бокового зазора между зубьями, что приводит к заеданию, либо увеличение бокового зазора, в результате чего уменьшаются поверхности контакта рабочих профилей. В электрических машинах увеличение зазора в подшипнике вызывает

опускание ротора в расточке статора и в конечном итоге может привести к задеванию ротора за статор.

11.6 Изнашивание подшипников. Расчет срока службы подшипников.

Изнашивание подшипников. В настоящее время большинство горных машин имеют подшипники качения (шариковые, роликовые, игольчатые) самых разнообразных конструкций. Катящиеся элементы (шарики, ролики, иглы) и ручьи этих колец подшипников вследствие весьма малых поверхностей упругих деформаций в местах восприятия и передачи нагрузки, как известно, испытывают исключительно высокие напряжения. Хромистая подшипниковая сталь хорошо выдерживает сжатие, но плохо - растяжение. При многократном переменном по величине и знаку нагружении внутри и на поверхности ручьев, как результат усталости металла, появляются постепенно разростающиеся трещинки растяжения. Образование микротрещинки усталости начинается с небольшой местной пластической деформации, локализующейся в отдельных зернах и разрастающейся до трещины.

Это теоретическое соображение вполне подтверждается практикой испытания подшипников качения на срок службы, а также наблюдениями за ними в эксплуатации. В связи с переменных характером нагружения в элементах подшипников на.поверхностях шариков и колец вследствие усталости материала возникают своеобразные повреждения. На первоначальной стадии эти повреждения обнаруживаются в виде мелких пятнышек И точек (так называемая сыпь). Впоследствии они развиваются в трещины, которые могут окончательно вывести подшипник из строя.

Во всех конструктивных разновидностях подшипников качения вследствие неизбежности трения скольжения истираются и внутренние рабочие поверхности элементов подшипника. Однако главной причиной выхода подшипников из строя при нормальных условиях их эксплуатации являются повреждения желобов, колец и элементов качения, возникающие от усталости материала.

Расчет срока службы подшипников качения. Сроком службы подшипника принято называть время (в рабочих часах), в течение которого не менее 90% подшипников могут проработать без появления признаков усталости материала.

Соотношение между нагрузкой, частотой вращения и сроком службы подшипника качения выражается следующей эмпирической зависимостью:

$$Q(nT)^{0{,}3} = C, \qquad (193)$$

где Q - полная условная нагрузка на подшипник, Н; п - частота вращения, об/'мин; Т - срок службы подшипника, ч; С - постоянная, называемая коэффициентом работоспособности подшипника, зависящая от конструкции, внутренних размеров и качества материала подшипника.

Из формулы (193) видно, что срок службы подшипника резко меняется при изменении нагрузки. Например, при увеличении нагрузки в 2 раза срок службы подшипника уменьшается почти в

10 раз.

Условия нагрузки

$$Q = (R + mA)k_1k_1k, , \qquad (194)$$

где R - фактическая радиальная нагрузка, Н; А - фактическая аксиальная нагрузка, Н; т - коэффициент перевода нагрузки А в R; для разных серий подшипников изменяется от 1,5 до 5,0; к, - коэффициент, учитывающий влияние характера нагрузки; k,= 1-3. На основании проведенных нами длительных исследований установлено: $к_1$ = 1,0 при постоянной спокойной нагрузке (шахтные вентиляторы и др.); к, = 1,5 при нагрузке со слабыми толчками (подземные лебедки, комбайны и др.); $к_1$ = 2,0 при значительных толчках и вибрациях (дробилки и пр.), пусковая нагрузка 200 % ; Ц = 3,0 при сильных толчках и вибрациях (грохоты, вибриконвейеры), пусковая нагрузка 300 %; $к_3$ - коэффициент, учитывающий влияние на срок служба температурного режима подшипников; при рабочей температуре подшипника 125°С принимают $к_3$ = 1,05, а при рабочей температуре 250°С принимают к = 1,4.

Подставив в формулу (193) значение Q из формулы (194) и сделав преобразования, получим

$$T = (1/п)°Л/С/(R + mA)k,k_2k_3 . \qquad (195)$$

Если известны тип, размеры, условия работы и нагрузка на подшипник, то по справочнику можно выбрать коэффициент работоспособности *С* подшипника, .а затем по формуле (195) вычислить ориентировочный срок службы радиального или радиально-упорного подшипника качения. Этой же формулой пользуются при подборе подходящего нового радиального и радиально-упорного подшипника для заданных условий работы и срока службы.

Ориентировочный срок службы упорного подшипника

$$T = (1/n)^{04}/ C/Ак\hat{}з . \qquad (196)$$

Значения коэффициентов т., k_t, k_2, k_3 и коэффициента работоспособности С, характеризующего качество подшипника приводятся в справочниках.

Приближенно коэффициент работоспособности для подшипников радиальных однорядных и двухрядных сферических (ГОСТ 8338-75 и ГОСТ 5720-75)

$$C = 60z^{°'7}S(l/S + 0,02), \qquad (197) .$$

где z - число шариков (для сферического подшипника - в одном РЯДУ); S - диаметр шарика, мм;

для роликовых подшипников с короткими цилиндрическими роликами (1/d = 1 - 2)

$$C = 55z^{°'7}81, \qquad (198)$$

где 1 - длина ролика, мм.

Срок службы подшипников качения зависит не только от

точности изготовления, но и от правильности их монтажа и обслуживания. Преждевременное изнашивание роликовых и шариковых подшипников часто связано с засорением их пылью. Признаком износа подшипников качения может служить прежде всего разросший внутренний шум, который определяется прослушиванием через стетоскоп. Нормальный шум в шарикоподшипниках на быстром ходу легкозвенящий, при порче шарика или ручья шум превращается в дребезжащий, переходящий в явно ритмичный - ударный.

11.7. Изнашивание зубчатых колес

Причиной выхода из строя зубчатых колес в большинстве случаев (кроме *аварий)* бывает износ зубьев. При работе между соприкасающимися профилями зубьев колес одновременно происходят трение скольжения и трение качения, разрушающие рабочие поверхности зубьев. В результате износа зубьев нарушается правильность зацепления, усиливается неравномерность передачи усилия, растет боковой зазор между зубьями и, как следствие, увеличивается шум, падает к. п. д. передачи и появляются динамические нагрузки, вызывающие еще более' интенсивное разрушение рабочих поверхностей зубьев. В результате могут поламптся не только зубчатые колеса передачи, но и другие, смежные с ними детали механизма.

В смазку редукторов горных машин иногда *попадает* значительное количество частиц угля и породы. Процесс разрушения поверхностных *слоев зубьев* колес в этом случае может быть абразивным, однако несколько иным, нежели обычное абразивное воздействие.

Опасный и нежелательный вид разрушения профиля зубьев - выщербление (питтинг), характеризующийся появлением в зоне начальной окружности многочисленных оспообразных углублений по длине зуба, в первую очередь на ведущем колесе. Такое повреждение возникает в результате усталости материала под действием циклов повторной нагрузки.

Нормальные зубчатые колеса с точки зрения износа чрезвычайно невыгодны, поэтому чтобы улучшить качество работы и увеличить срок службы зубчатых передач, теорией и практикой выработаны способы корригирования зубьев. С той же целью применяются спиральные и *шевронные зубья,* которые позволяют выравнивать износы в различных точках зубьев и этим уменьшать удары от неправильного зацепления.

В зубчатых колесах с цементированными зубами выбраковочным признаком служит растрескивание и выкрашивание цементированного слоя зубьев. Зубчатые колеса следует заменить в самом начале появления этих дефектов, так как остатки; *металлической* пленки цементации, попадая в масло, сильно| загрязняют смазку и, действуя как абразив, ускоряют изнашиваний подшипников передач. Появление признаков выкрашивания цементированного слоя в нормальных условиях соответствуем моменту полного его изнашивания. Толщина цементированного елощ зубьев составляет в среднем около 1 мм. Наибольший изноо цементированных зубьев *не* должен превышать 0,8 толщины цементированного слоя и 10 % толщины зуба. Разрушений

цементированного слоя может быть связано с неточностью сборки передач, неудовлетворительным качеством цементации, а также с нарушением правильного режима эксплуатации машины.

Определение модуля зубчатого колеса. Для установления моЛуля m нормального зубчатого колеса, имеющего высоту головки зуб^. h = m, можно пользоваться формулой

$$m = d/(z + 2), \qquad (199)$$

где d - внешний диаметр колеса, мм; z - число зубьев колеса.

Формулой (199) можно пользоваться и для установления модуля стандартных зубчатых колес с корригированным зубом. Получающееся при вычислении дробное число модуля мало отличается от действительного стандартного модуля, выраженного в миниметрах.

Расчет срока службы зубчатых колес. Изнашивание зубьев колеса зависит от ряда причин, влияние которых поддается лишь сравнительной оценке. При правильно подобранных размеров зубьев, соответствующих передаваемой нагрузке, зубчатые колеса при нормальном обслуживании могут работать до износа в течение нескольких лет. Срок службы зубчатых колес резко уменьшается при недостаточно точных размерах зубьев, нарушении режима смазки, некачественной смазке, коррозии, попадании на зубья абразивных частиц.

Ориентировочно срок службы зубчатых колес можно рассчитывать, исходя из условия, что глубина износа профиля по начальной окружности А, мм, прямо пропорционально мощности N_{TP}, кВт, затрачиваемой на трение, и продолжительности работы передачи Т, ч, и обратно пропорционально площади рабочей поверхности F, мм^2, всех зубьев одного колеса, т. е.

$$Д = cTN_{TP}/F, \qquad (200)$$

где с - коэффициент изнашивания зубьев, зависящий от материала зубьев и состояния поверхности трения, мм /кВт ч.

Из теории механизмов и машин и звестно, что мощность затрачиваемая на трение зубьев колес,

$$N_{TP} = (2h_a fN/m \sin 2a)(l/z_1 \pm l/z_2), \qquad (201)$$

где h_a - высота головки зуба, мм; f - коэффициент трения, зависящий от материала зубьев, качества их обработки и смазки; N - средняя мощность, передаваемая зубчатым колесо, кВт; а - угол зацепления, z_1 и z_2 - число зубьев колес, входящих в зацепление; знак "плюс" берется при внешнем зацеплении, знак "минус" - при внутреннем.

Полная рабочая поверхность всех зубьев одного цилиндрического зубчатого колеса

$$F = 2h\ bz, \qquad (202)$$

где b - длина зуба, мм.

Подставляя в уравнение (200) значение N , F и d = mz (где d - диаметр начальной окружности колеса, мм), после преобразований получим

$$N_{Tp} = (ci'NT/bd \sin 2cx)(l/z_t \pm l/'z_2), \quad (203)$$

Значение коэффициента трения f можно принимать следующими:

чугун по чугуну: ;
- без смазки 0,1В
- со смазкой 0,10/0,13

для стальных шлифованных зубьев со смазкой 0,03-0,05

Значения коэффициента изнашивания С можно принимать в зависимости от материала колес:

хромоникелевая цементированная и закаленная сталь 11
никелевая улечшенная сталь /...14
углеродистая цементированная сталь (...18
сырая углеродистая сталь г..27
стальное литье ..41
фосфорная бронза по чугуну ..48
чугун по чугуну :92
высопрочный термически обработанный чугун д.20

Приведенные значения коэффициента *с* можно принимать при благоприятных условиях работы передачи (точная установка, наличие надежной защиты от пыли, хорошая смазка). При тяжелых условиях передачи (например, подземные скреперные лебедки на руде, мельницы, дробилки, грохоты на обогатительных фабриках для руды и др.) приведенные значения коэффициента слудует увеличить на 25%.

Формула (203) позволяет установить срок службы зубчатого колеса, если задана допустимая глубина износа профиля зубьев:

$$T = Abd \sin 2a/cfN(l/z_1 + l/z_2), \quad (204)$$

Обычно для зубчатых колес горных машин глубину износа зубьев можно принимать в пределах 8-15% толщины зуба в зависимости от их назначения, т. е.

$$Д = (0,1 - 0.24)\ т. \quad (205)$$

Формулы (204) и (205) можно применять для установления срока службы конических зубчатых колес, подставляя значения m и d, соответсвующие модулю и диаметру, измеряемым посредине длины .зуба конического колеса.

11.8. Изнашивание цилиндров, поршней и поршневых колец

В нормальных условиях работы износ рабочих поверхностей цилиндра по сравнению с другими деталями поршневой системы нарастает сравнительно медленно и проверяется только после нескольких тысяч часов работы машины. Ускоренное изнашивание деталей цилиндропоршневой группы происходит при недостаточной или плохой смазке, неправильной сборке и других нарушениях, а в поршневых компрессорах - при попадании в цилиндр пыли вместе с засасываемым воздухом. Рабочие поверхности цилиндра как по окружности, так и по длине изнашиваются неравномерно и особенно интенсивно - в механизмах непосредственного соединения шатуна с поршнем (рис. 11.7). Воспринимаемая поршнем сила давления Р

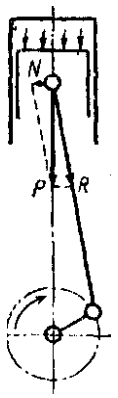


РИС. 11.7 Схема возникновения переменного давления поршня на стенки цилиндра

раскладывается на силы *N Я R,* из которых *N* прижимает поршень к стенке цилиндра, выжимая смазку и увеличивая трение, а следовательно, и износ рабочей поверхности. При подъеме поршня сила *N* переменит знак и прижмет поршень к противоположной стенке. Такое переменное давление поршня на стенки цилиндра вызывает неравномерный износ их рабочих поверхностей, в результате которого цилиндр приобретает овальную форму.

Допускаемый износ и, мм, цилиндра в зависимости от диаметра D, мм, на практике обычно определяют по формуле

$$и \quad cD, \qquad (206)$$

где с - коэффициент изнашивания, котрый можно принимать равным 0,002 - 0,003 для определения допустимого износа цилиндра по окружности; 0,001 - 0,002 - для предельной овальности цилиндра; 0,001 - для предельной конусности.

Износ поршней прежде всего проявляется в разбивке канавок для колец (принимают трапецивидную форму), в истирании боковых поверхностей (эллипсность поршня), в образовании царапин и задиров на боковой поверхности, трещин в днище поршня и на его боковых поверхностях. Изнашиваются поршневые канавки неравномерно. В машинах простого действия наиболее изнашиваются первая канавка и помещенное в ней кольцо (считая со стороны рабочей части цилиндра), вторая канавка и кольцо - медленнее, последние - меньше всего. В машинах двойного действия крайние канавки и кольца изнашиваются быстрее, чем средние, так как зазор между верхней кольцевой канавкой в поршне и самим кольцом образует некоторую полость, сообщающуюся с рабочей частью цилиндра через зазор кольцевого замка. Давления, возникающие в рабочей полости, передаются таким образом на кольцо, прижимая его с соответствующим усилием к рабочим стенкам цилиндра.

Поршневые кольца изнашиваются быстрее всех остальных деталей. Наибольшему изнашиванию подвергаются крайние кольца, под которыми развивается наибольшее давление воздуха, газа и пара. От трения о стенки кольцо делается тоньше, в месте стыка расходится, в результате чего начинается увеличенное пропускание воздуха через зазор. Кольцо теряет упругость, становится бол^е податливым и еще больше трется о стенки цилиндра.

При работе поршневых колец наблюдаются два вида изнашивания: пластическое и хрупкое. Признаком пластического (наиболее опасного) изнашивания служит появление на нижней кромке поршневого кольца заусенцев, а на поршнях и гильзах - задиров. Пластическое изнашивание наблюдается на мягких кольцах, изготовленных из отливки с крупнопластинчатым перлитом' и низким содержанием связанного углерода.

Недостаточные зазоры в стыке новых колец вызывают излом последних и ненужное избыточное трение о стенки цилиндра вследствие теплового расширения материала в процессе работы.

вследствие теплового расширения материала в процессе работы. Нормальный зазор в стыке принимают в зависимости от диаметра цилиндра D, рабочей температуры t кольца и коэффициента линейного расширения :

$$Д = ootDt. \qquad (207)$$

Приняв а = 0,00001 и t = 100 - 120°С, получим

$$Д = (0,003 - 0,004)D. \qquad (208)$$

Об износе кольца судят также по увеличившемуся зазору между торцевой поверхностью кольца и стенкой поршневой канавки. Нормально этот зазор составляет примерно 0,05-0,1 мм, а увеличение его из-за износа допускается до 0,2-0,3 мм.

11.9. Гидроабразивное изнашивание деталей горного оборудования

Изменения размеров и формы деталей, вызванные воздействием на них пульпы (смеси абразивных частиц с жидкостью), принято называть *гидроабразивным йзнашиванием.* В результате гидроабразивного воздействия пульпы на поверхностный слой детали она интенсивно изнашивается вследствие резания, подобного шлифованию. Одновременно с этим абразивные частицы, ударяясь о поверхность детали, вызывают усталостные явления в поверхностном слое, каторые в конечном итоге также приводит к его разрушению. Технологическое оборудование гидрошахт и горно-обогатительных предприятий работает в условиях интенсивного гидроабразивного изнашивания, что вызывает большие затраты на его ремонт.

Рассмотрим интенсивность и характер гидроабразивного изнашивания на примере рабочего колеса центробежного насоса 8ГР-8м (рис. 11.8). Производительность насоса 400 $м^3$/ч, напор 36 м, диаметр рабочего колеса 500 мм, частота вращения 980 об/мин. Насосы 8ГР-8м применяются на горно-обогатительных камбинатах и служат для транспортирования пульпы с содержанием твердого компанента до 58% при крупности абразивных частиц не более 6 мм. Наиболее употребительный материал рабочих колес - ИЧХЗЗНЗ, средняя скорость изнашивания которого составляет 53,8 г/ч (при крупности частиц 0 - 3 мм).

В некоторых местах рабочего колеса преобладало местное изнашивание, которое через 820 ч работы насоса привело к образованию отверстий в межлопаточном пространстве на переднем и заднем дисках. Такие же отверстия появилйЬь на лопатках - в средней их части и на границе с задним диском. Дальнейшая эксплуатация такого рабочего колеса могла привести к аварии установки.

Исследования показывают, что гидроабразивное изнашивание носит сложный характер и зависит от многих причин: свойств абразивного материала (твердость, ограненность), свойств материала детали (микроструктура, микротвердость, механические свойства), конструкции деталей и др. Интенсивность изнашивания значительно возрастает с увеличением скорости перемещения, крупности и количества (плотности) абразивных частиц а пульпе.

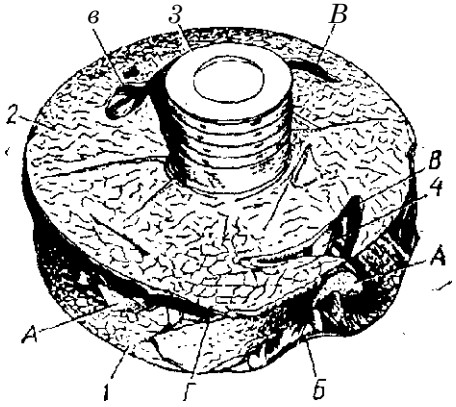


Рис. 11.8. Изношенное рабочее колесо центробежного насоса 8ГР-8м (после 820 ч работы):
1 - передний диск; 2 - задний диск; 3 - ступица; 4 - рабочая лопатка; А - отверствия, образовавшиеся в переднем диске под влиянием кавитации и гидроабразивного изнашивания; В - излом переферийной части диска; В-отверстия, образовавшиеся в заднем диске; Г - износ соединения лопатки с диском

деталей, работающих в гидроабразивной среде, применяют износостойкие покрытия (корундирование, гуммирование) или изготовляют из сплавов металлов повышенной износостойкости.

11.10. Химическое и электрохимическое изнашивание металлических деталей.

Коррозия. *Коррозией* называется разрушение металлических частей машин и сооружений под действием окружающей среды. Коррозионное разрушение начинается с поверхности и постепенно распространяется в глубь Металла, находящегося под непосредственным воздействием воды, воздуха или химических веществ. Наиболее распространено из этих процессов ржавление, т. е. окисление металла кислородом воздуха.

Интенсивное изнашивание или разрушение частей машин и сооружений от коррозионной усталости происходит при эксплуатации их во влажной атмосфере (особенно в шахтах с кислотными водами) [24]. Например, при откачке сильно кислотной рудничной воды ротор обычного центробежного насоса приходит в негодность из-за коррозии уже после 30-40 минут нработы.

Интенсивность коррозии заметно повышается в присутствии некоторых газов. Так, усиленная коррозия паровых котлов связана с тем, что в воздухе, растворенном в воде, содержится в 8 раз больше кислорода, чем в атмосферном. Поэтому для уменьшения коррозии паровых котлов удаляют из воды не только образующие накипь соли, но и воздух.

Разрушение детали от коррозии может проявляется: в равномерном разъедании всей поверхности детали; образовании глубоких пороков мест, имеющих карманы, загибы или узкие щели, где возникают неподвижные участки жидкости или газа; в межкристаллическом разъедании по всему сечению металла, В результате коррозионных процессов металлические части изменяют свой внешний вид - теряют металлический блеск, покрываются слоем продуктов коррозии; Главная же опасность - снижение механических свойств деталей из-за коррозионного износа (иногда без видимого на глаз изменения поверхности), что может вызвать весьма опасную поломку. В некоторых случаях материал Детали под действием коррозии приобретает губчатую структуру, *теряя* металлическую прочность. Этот вид разрушения наблюдается преимущественно на

металлическую прочность. Этот вид разрушения наблюдается преимущественно на стальных деталях с малым содержанием углерода.

Ежегодно коррозия съедает значительное количество металла. Этим вред коррозионного изнашивания не ограничивается. Иногда небольшое коррозионное разрушение выводит из строя дорогие и ответственные детали машин и приборов. Поэтому борьба с коррозией имеет громадное народнохозяйственное значение.

Различают два коррозионных процесса - химический и электрохимический.

Химическая коррозия проявляется при воздействии на металл газов (кислород, сернистый и углекислый газы) или жидкостей, не проводящих электрический ток (бензин, масла, смолы и др.). Пример химической коррозии - окисление стали при нагревании. С повышением температуры химическая коррозия становится интенсивнее.

Химический износ детали зависит от качества материала, степени окисления при высоких температурах и характера работы. Для подвергающихся обгоранию деталей (окисление при высоких температурах) необходимо подбирать такой материал, который мог бы максимально противостоять разрушающему воздействию окружающей среды. Для клапанов двигателей, например, применяют высококачественную сталь, в частности кремнехромистую.

Электрохимическая коррозия происходит в средах, проводящих электрический ток, т. е. в электролитах. Примерами электрохимической коррозии являются разрушения чугуна, стали, алюминия и других металлов и сплавов в растворах солей, кислот, щелочей, а также во влажной атмосфере, в почве.

Защита от коррозии. Наиболее рациональны следующие способы борьбы с коррозией:

1. Окрашивание стальных конструкций и машин, подвергающихся атмосферному воздействию. Этот метод может считаться основной мерой защиты от коррозии. Лакокрасочные покрытия вследствие своей жидкотекучести легко закрывают имеющиеся в изделиях поры и углубления. Недостатком лакокрасочных покрытий является их способность пропускать влагу и растрескиваться. Наиболее распространенный вид лакокрасочного покрытия - масляные краски. Детали перед окрашиванием очищают и обезжиривают, затем нагревают до 80-100°С и наносят первый слой краски - грунт. Для грунтовки обычно применяют свинцовый или железный сурик (75-85 %) на льняной олифе (25-15 %), а для наружного слоя, наносимого на грунтовку, - свинцовые белила, железный сурик, нитроэмаль и нитроглифталь. Для покрытия деталей кислотоупорных насосов применяют бакелитовый лак № 86, куда в качестве наполнителя добавляют сухой тонко размолотый каолин; растворителем служит нафталин.

2. *Изготовление изделий из сплавов повышенной сопротивляемости коррозии,* например из легированных сталей, содержащих хром, никель, медь и др. Легирующие элементы снижают склонность сплава к коррозии механической защитой атомов основного металла атомами легирующего элемента или, чаще всего, образованием стойких защитных пленок из продуктов коррозии.

3. *Полирование стали.* При этом уменьшается поверхность соприкосновения детали с воздухом, чем замедляется действие коррозии.

4. *Изоляция металла от действия внешней среды защитной оксидной пленкой,* получаемой травлением в сильных окислительных средах (оксидирование) или анодной обработкой в окислительных средах (анодирование). Эти способы защиты широко применяют для стальных, алюминевых и магниевых изделий. При оксидировании стального изделия на его поверхности создается слой оксидов, главной составляющей которых служит магнитный оксид железа. Поэтому деталь приобретает синий или черный цвет (отсюда название - воронение).

5. *Защита слоем металла, более стойкого в отношении коррозии* (например, сталь и чугун покрывают никелем, хромом, медью, цинком, кадмием). В настоящее время существует несколько способов нанесения металлических покрытий:

а) погружение в расплавленный металл - цинк (оцинковка), олово (лужение), свинец, алюминий (алитирование). Этот способ применяется как для готовых изделий, так и для полуфабрикатов (листы, трубы, проволока);

б) нанесение гальванических (электролитических) покрытий, широко применяемое для защиты различных металлов и сплавов. Из них цинк и кадмий - преимущественные покрытия, так как хорошо защищаю большинство металлов в атмосферных условиях; покрытия никелем и хромом называют декоративными - они не только защищают изделия от коррозии, но и придают им красивый вид. Обычно декоративные покрытия для лучшего приставания и уничтожения пористости наносят, с подсолом меди (при декоративном хромировании изделия на него вначале наносят слой меди, затем никеля и, наконец, слой хрома толщиной 0,5-10 мкм). Вследствии высокой стоимости никелирование и хромирование в условиях рудников применяют ограниченно;

в) применение диффузионного покрытия изделий цинком, алюминием, хромом, осуществляемое нагреванием изделий в порошке металла (или газообразных соединений этого металла), из которого желательно получить покрытие. Диффузионное покрытие цинком (шерардизация) применяют главным образом для мелких стальных изделий; покрытие алюминием (алитирование) - для стальных изделий, требующих повышенной жаростойкости; диффузионное хромирование - для обычной стали;

г) распыление металлов (металли.зация), применяемое для больших конструкций или аппаратов в собранном виде, когда другие методы не применимы.

11.11. Методы определения износа и неисправностей в машинах

Неисправности в машинах и скрытые дефекты в их деталях определяют так называемыми дефектоскопическими методами, позволяющими устанавливать наличие или отсутствие неисправностей без разрушения самих деталей, на ходу машины. Основные методы дефектоскопии следующие: 1) визуальный - осмотр невооруженным глазом и при помощи оптических приборов; 2) измерения зазоров и температуры; 3) акустический; 4) определения железа в масле; 5) радиоактивных изотопов; 6) ароматической диагностики; 7) применения световодов.

Визуальный метод. Внешний осмотр машины или детали невооруженным глазом - самый простой способ дефектоскопии. При внешнем осмотре деталей можно обнаружить различные

Рис. 11.9. Схема стетоскопа:
1 - наушники; 2 - резиновые трубки; 3 - металлические наконечники для соединения с корпусом; 4 - крышка; 5 - целлулоидная мембрана; 6 - металлический щуп; 7 - металлический корпус

поверхностные пороки (трещины). Для осмотра поверхности длинных сквозных отверстий в ответственных деталях применяют специальный прибор» состоящий из зрительной трубки с электролампочкой и конического зеркала, позволяющего осматривать цилиндрическую поверхность.

Метод измерения зазоров и температуры. Для определения зазоров в соединениях применяют щупы, свинцовую проволоку, оплетку из свинцовой проволоки, индикаторы. Температуру в соединениях измеряют термометром или термопарой. По изменению давления масла в смазочной системе судят о зазорах и температуре в соответствующих соединениях.

Проверка на ощупь наличия зазора или повышения температуры представляет собой давно известный примитивный способ выявления дефектов. Нормальные зазоры в подвижных соединениях составляют 0,01-0,5 мм. Зазор 0,2-0,3 мм и выше можно ощутить рукой при качании детали. Зазоры 0,05-0,1 мм допускают свободное продольное перемещение смазанных деталей. При меньших зазорах (0,01-0,03 мм) перемещение деталей требует некоторого усилия.

Акустический метод. Для проверки состояния частей работающей машины, недоступных непосредственному осмотру и проверке, применяют стетоскоп (рис. II.9). С его помощью выявляют стук, отличный от шумов и звуков, сопровождающих нормальную работу механизма. Прослушивая соединения машины, стетоскоп следует приставлять так, чтобы звуки от исследуемого соединения по возможности проходили не через воздух, а через стенки, лучше проводящие звук. Умение выслушивать машину стетоскопом требует соответствующего навыка, приобретаемого длительным опытом. Несмотря на некоторые **трудности** освоения **И** несовершенство, этот способ до сих пор широко применяется во всех случаях, когда возникает необходимость проверить состояние механизмов **внутри** работающей машины ("на ходу').

Более совершенны электронные стетоскопы, имеющие высокую чувствительность и хорошо воспринимающие почти неуловимые человеческим ухом звуки и изменения их тоня или ритма. Это дает возможность исследовать отсутсвие или наличие дефектов внутри работающих машин.

Акустический способ применяют также для обнаружения трещин (внутренних и наружных) в металлических деталях простукиванием испытываемой летали в нескольких местах. Если

деталь не имеет трещин получается чистый, ровный звук, и наоборот^, детали с трещинами дают приглушенный, часто даже дребезжащий звук.

Более совершенен ультраакустический способ дефектоскопии деталей (см. § 11.5).

Метод определения железа в **масле.** Этим методом можно контролировать изнашивание деталей работающей машины. Из масла, в котором продукты износа находятся во взвешенном состоянии, периодически отбирают пробы и определяют в них содержание железа. Зная количество циркулирующего в магистрали масла, можно подсчитать массу потеренного металла.

Этим методом нельзя определить износ отдельной детали, так как в отработанном масле находятся продукты изнашивания всех трущихся деталей, материал которых имеет в своем составе железо.

Метод радиоактивных изотопов. Применение искусственных радиоактивных изотопов, обладающих способностью излучать энергию в процессе радиоактивного распада, позволяет оценивать с высокой точностью износ одной *или нескольких деталей* работающей машины. Радиоактивных изотопов много, и можно выбрать из них наиболее удобный для решения поставленной задачи. Выбирая изотоп, учитывают его химические свойства и способ введения в исследуемую трущуюся деталь, период полураспада Т, а также энергию излучения. Чтобы не вносить поправок на распад, рекомендуется использовать изотопы, имеющие период полураспада не менее 10 дней.

Количество имеющихся в любой момент времени радиокативных атомов

$$N = N_e e"", \qquad (209)$$

где N - число исходных атомов; X = 0,683/T - постоянная распада; t - время, прошедшее от начала распада.

Для изучения изнашивания применяют: 1)электролитическое нанесение радиоактивного металла на трущиеся поверхности детали; 2) введение радиоактивных изотопов в материал исследуемой детали при плавке и литье; 3) способ радиоактивных вставок - свидетелей изнашивания; 4) активирование детали облучением; 5) способ диффузии.

Каждый из перечисленных способов имеет определенную область применения. Электролитическое нанесение наиболее рационально, если является технологической операцией изготовления детали. Введение изотопов при плавке и литье применяют для деталей, имеющих небольшие размеры и не требующих сложной механической обработки. Способ вставок целесообразен, когда необходимо получить данные о местном износе при его неравномерном распределении по поверхности, а также, когда исследуемая деталь велика по размерам и проходит сложную механическую обработку. Для вставок на трущейся поверхности детали высверливают небольшие углубления 0,8-1,0 мм диаметром 0,6-1 мм или вытачивают канавки, которые заполняют радиоактивным металлом. Активирование облучением окончательно обработанных деталей производят в специальных лабораториях. Способом диффузии изотоп вводят в детали, проходящие технологический процесс диффузионной

обработки. Для нанесения изотопа на поверхность трения детали или вставки можно применить электроискровую обработку.

Скорость изнашивания исследуемой детали или предельное значение ее износа во всех случаях определяют, регистрируя радиоактивные частицы при помощи счетчика Гейгера, снабженного пересчетным устройством, с применением автоматической записи. Износ устанавливают следующими способами: 1) по накполению продуктов изнашивания и измеряя радиоактивность масла методом отбора проб; 2) по накоплению продуктов изнашивания в масле и непрерывно измеряя его радиоактивность; 3) по накоплению радиоактивных продуктов изнашивания на специальном фильтре, через который с постоянной скоростью пропускается масло.

Применяя метод радиоактивных изотопов, можно исспользовать различные системы автоматической сигнализации об аварийном износе машин. На некоторой глубине от поверхности трущейся детали помещают радиоактивное вещество. Когда деталь износится на заданную глубину, начнет изнашиваться и радиоактивное вещество, наличие частиц которого в масле улавливается сигнальной аппаратурой.

Метод ароматической диагностики. В упрощенном виде ароматическую диагностику давно применяют на практике. Например, запахи гари и жженой изоляции настораживают электромонтера, запах бензина - шофера. Однако большинство поломок и повреждений деталей и узлов машин не сопровождается никакими запахами. Поэтому детали машин, наиболее подверженные изнашиванию, можно пометить сильно пахнущим веществом с помощью маленьких капсул, микропузырьков, полосок или пропитанных прокладок. Поскольку нос человека всегда готов воспринять запах, можно сразу же узнать, когда дрталь достигла предельно допустимого износа. Применение ароматической диагностики очень удобно в цехах-автоматах,- на автоматических линиях и объектах, где на каждого наладчика приходится несколько единиц оборудования.

Применяя ароматическую диагностику, для установления исправности работающего оборудования можно использовать даже животных, птиц и насекомых. Например, собаки по запаху находят течи в нефте - и газопроводах; в угольных шахтах Бельгии канарейки давно предупреждают горняков об опасном ухудшении состава рудничного воздуха. Мух пытаются использовать для отыскания по запаху неплотностей в труднодоступных участках гидравлических и топливных систем ракет. Простота и преимущество ароматического метода особенно наглядны при сравнении с методом диагностики посредством радиоактивных изотопов. Недостаток - запахи должен воспринимать человек или какое либо другое живое существо.

Зарубежом уже имеются удачные конструкции малогаборйтных индикаторов запахов. Например, индикатор фирмы "Дженерал электрик" вместе с блоком-анализатором имеет массу 10 кг. Судя по сообщениям в печати, он очень высоко чувствителен (обнаруживает человека по запаху на расстоянии до 300 м).

Метод использования световодов. Световодом служит прозрачная стеклянная нить диаметровм в несколько микрометров, покрытая тончайшей оболочкой из стекла с меньшим показателем преломления. Луч света, направленный внутрь бежит по волокну, огромное число раз отражаясь от его стенок, и выходит на

противоположном конце, где его и улавливают. Пучок из нескольких тысяч таких волокон, заключенных в общую оболочку, и представляет собой световод или, как его принято называть, светокабель. Его торец похож на телеэкран, т. к. передаваемое по световоду изображение тоже расчленяется на отдельные элементы.

Как известно, черно-белое телевизионное изображение содержит около 250 тыс. элементов, а современные светокабели могут быть даже из миллионов волокон, и их разрешающая способность очень высока. Главное преимещество световодов заключается в том, что их можно изгибать под любым углом и даже завязывать в узлы, а посЛенное с одного конца изображение успешно достигает другого. Поэтому светокабели применяют при конструировании разного рода гибких зондов, предназначенных для безразборного поиска дефектов во внутренних полостях машины.

Сочетание гибких световодов со сторобоскопическими осветителями позволяют осуществлять непрерывный осмотр быстровращающихся в закрытых коробках (корпусах) деталей и узлов, исследовать процесс зарождения и развития микроскопических усталостных трещин и фиксировать их на фотобумаге или кинопленке без остановки машины. Следовательно, исцользуя светокабели целесообразно диагностировать различные узлы и детали непосредственно на ходу машины.

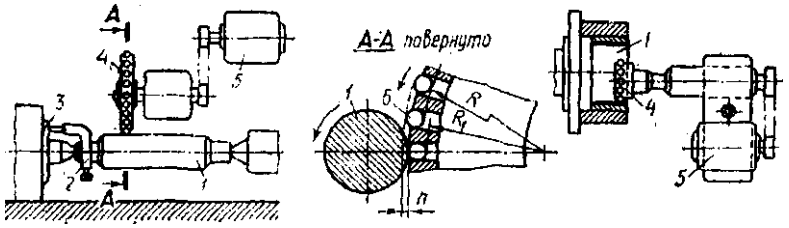
11.12. Мероприятия по замедлению изнашивания деталей машин Повышают сопротивление изнашиванию, правильно подбирая материлы и способы обработки деталей, подвержены истиранию; защищая от вредного влияния среды (пыли, грязи, газов); соблюдая правильный режим смазки.

Металлы большей твердости меньше подвержены изнашиванию. Кроме специальных сталей высокой твердости для изготовления деталей, подвергающихся истиранию, применяют и более дешевые стали, прошедшие термическую или термохимическую обработку поверхностей (закалку токами высокой частоты или пламенем, цементацию и азотирование). Широко применяют разнообразные технологические методы покрытия рабочих поверхностей деталей из обыкновенной стали слоем металла, хорошо сопротивляющегося изнашиванию (хромирование, наплавку твердых сплавов и др.), что во много раз повышает износостойкость деталей.

Однако твердость может служить показателем сопротивления изнашиванию только в том случае, когда сравниваются материалы одного и того же состава и приблизительно одинаково обработанные. Например, марганцевая сталь, имеющая сравнительно невысокую твердость, обладает высоким сопротивлением изнашиванию. Тигельная и электрическая стали изнашиваются меньше, чем мортеновская. Ковка и прокатка повышают сопротивление изнашиванию.

Упрочнение деталей методом наклепа. Один из методов повышения прочности и долговечности деталей - упрочнение их поверхностей дробеструйной обработкой, наклепыванием шариками, специальными бойками или обкаткой роликами. При помощи наклепа удается значительно увеличить срок службы деталей при сохранении прежних условий эксплуатации.

Имеются данные о том, что дробеструйная обработка повышает долговечность коленчатых валов в 10-30 раз, спиральных пружин



а 5

Рис. 11.10. Настройка шлифовального станка при установке шарикового упрочнителя для упрочнения:
а - наружных поверхностей; б - отверстий; 1 - обрабатываемая деталь; 2 - хомутик; 3 - передняя бабка станка; 4 - упрочнитель; 5 - привод упрочнителя; 6 - шарик; h - натяг

- в 3-20 раз, зубчатых передач и валов - в 5-6 раз, сварных соединений - в 3 раза. Весьма эффективна дробеструйная обработка деталей, поверхности которых имеют следы механической обработки или коррозии. Сущность дробеструйного наклепа заключается в том, что готовую деталь, прошедшую механическую и термическую обработки, подвергают действию потока дроби обычно из отбеленного чугуна. Дробинки, отбрасываемые лопатками быстро вращающегося ротора механического дробемета или увлекаемые воздушной струей пневматического дробемета, наклепывают поверхность детали. При этом повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, а также создается благоприятное распределение внутренних напряжений по сечению детали.

Для повышения усталостной прочности деталей наряду с дробеструйной обработкой применяют обкатку их поверхностей стальным закаленным роликом. В результате обкатки поверхность делается более гладкой, что является преимуществом по сравнению с дробеструйной обработкой, но обкатку невозможно применять для изделий сложной конфигурации. Обкатка стальных деталей хорошо отполированным роликом в некоторых случаях может заменить шлифование.

В упрочнителе (рис. 11.10) для поверхностного наклепа детали используется центробежная сила шариков диаметром 7 мм, свободно вмонтированных в радиальные гнезда диска в один или несколько рядов. При-вращении диска шарики под действием центробежной силы занимают крайнее периферийное положение в гнездах и наносят удары по обратываемой детали. Наличие поперечной и продольной подач, а также вращения детали позволяют наносить удары каждым шариком по новому месту, чем достигается равномерный наклеп всей обрабатываемой поверхности. Необходимо, чтобы на 1 мм^2 обрабатываемой поверхности приходилось 12-70 ударов. Упрочнитель вращается от отдельного электродвигателя с окружной скоростью 30 м/с. В результате наклепывания шариками поверхность с шероховатостью 0,4-0,2 мкм, а ее микротвердость повышается на 30-40 %.

Г л а в а 12. ПОДГОТОВКА МАШИН К РЕМОНТУ

12.1. Общие сведения

Этапы ремонта машин на предприятиях горной промышленности следующие: 1) подготовка машины к сдаче в ремонт; 2) сдача-приемка машины в ремонт по акту; 3) очистка от грязи и разборка машины на узлы и детали; 4) мойка, дефектация и маркирование деталей; 5) восстановление изношенных деталей, допущенных для повторного использования; 6) сборка, выверка, настройка и испытание узлов; 7) общая сборка, выверка, обкатка и испытание машины; 8) устранение недостатков, обнаруженных при испытании, и сдача машины в эксплуатацию.

Для ремонта машин каждого типа (выемочных, транспортных, подъемных и др.) разрабатывают типовой технологический процесс, позволяющий заранее провести необходимую конструкторскую, технологическую, материальную и организационную подготовку, обеспечивающую высокое качество и короткие сроки ремонта.

В конструкторскую подготовку машин к ремонту входит доставление чертежей ремонтируемых деталей с указанием их ремонтных размеров, которые должны соответствовать техническим условиям на ремонт машин. Ремонтными размерами принято называть новые размеры детали, которые устанавливаются для ремонта соединяемых пар после их изнашивания. В конструкторскую подготовку входит также проектирование приспособлений и оснастки для ремонтных работ.

Технологическая подготовка заключается в разработке технологического процесса ремонта машины с применением прогрессивных способов восстановления и упрочнения деталей. Кроме того, технологической подготовкой предусматривают материальную оснастку, необходимую для проведения ремонта (инструмент приспособления, кондукторы, тележки, треноги, краны я т. д.). Перед разработкой технологического процесса и ремонтных карт технологи знакомятся с конструктивными особенностями машины, подвергают технологическому контролю ремонтную документацию, разработанную конструкторами, и устанавливают возможность изготовления и ремонта деталей на имеющемся в цехе оборудовании.

12.2. Разборка машины

Прежде чем приступить к разборке машины, ее предварительно осматривают. При этом ориентировочно устанавливают техническое состояние машины и оформляют ее приемно-сдаточным актом. Общую характеристику машины, ее паспорт, номера и перечень имеющихся в наличии узлов машины указывают в начале приемо-сдаточного акта. В конце акта приводят результат технического осмотра, перечень обнаруженных дефектов и состояния узлов машины. После этого следуют.подписи представителей, сдающих и принимающих машину в ремонт.

Разбирают машину на соответствующей площадке цеха, оборудованной подъемно-транспортными средствами, стеллажами, инструментами и приспособлениями. При большом объеме ремонтных работ предприятия имеют специальные разборочные

отделения.

Технологический процесс разборки какой-либо машины представляет собой часть производственного процесса, непосредственно связанную с последовательным разъединением машины на узлы и детали. Узлом называется всякая часть изделия (машины), представляющая собой разъемное или неразъемное соединение деталей. В состав узла могут входить две или несколько деталей. Характерным или технологическим признаком узла является возможность его разборки или сборки обособленно от других частей машины. Общее правило разборки сводится к тому, что сначала следует разобрать машину на узлы, а затем уже каждый узел - на детали. Ускорить работу можно предварительным составление плана разборки машины, которым предусматривается последовательность разборки. План разборки в виде наглядной схемы удобно иметь по каждому типу машины.

Разбирать машину можно по методам последовательного и комбинированного хода операции. При последовательном методе сначала разбирается один узел, затем другой, третий и т. д. Время $T_п$, мин., затраченное на весь цикл разборки, в этом случае определиться как сумма технологического времени по всем операциям, т. е.

$$T_п = Ё t,, \qquad (210)$$

где t. - время, затрачиваемое на одну разборочную операцию, мин.

Одновременную разборку нескольких узлов с учетом конструктивных особенностей машины ведут при комбинированном методе. Длительность разборки машины в этом случае будет меньше. Время T , мин, затраченное на весь цикл разборки,

$$T_п = кЁ t,, \qquad (211)$$

где к - коэффициент, учитывающий одновременность выполнения операции по разборке, $k < 1$.

Сокращение срока ремонта машин повышает производственные возможности предприятия и увеличивает оборачиваемость оборотных средств. В этом заключается основное преимущество комбинированного метода разборки машин.

Устранеие заеданий. Заедания, возникшие вследствии заржавления деталей, иногда могут сильно затруднять разборку машины. Чтобы облегчить отвинчивание болтов, гаек, шпилек и винтов, их смачивают керосином. Обычно для смачивания достаточно 20-30 мин, но иногда требуется и несколько часов. Если машина разбираетсмя в мастерских, то небольшие узлы с заржавленными деталями можно опустить на несколько часов в бак с керосином. В некоторых случаях пробуют сначала завинчивать гайку или шпильку, а как только она тронется с места, ее вывинчивают. При заедании гайки нагревают, однако сильно нагревать их не рекомендуется, так как свыше 300°С появляется окалина, способствующая заеданию. Нагревать гайку следует быстро, чтобы не успел нагреться болт. Для вывинчивания сломанных болтов и шпилек применяют различные способы, в том числе высверливание и ввинчивание временных шпилек, электроискровой способ удаления металла; чтобы облегчить съем шкивов, шестерен, муфт, шайб и

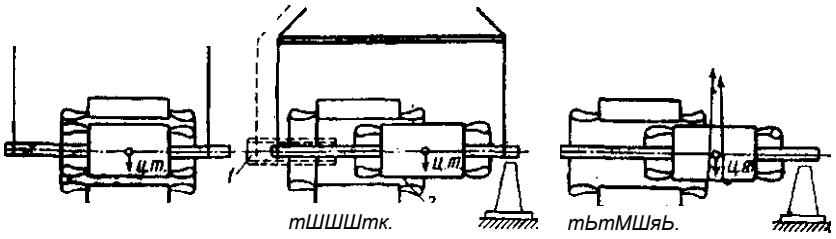


Рис. II. 11. Схемы удаления ротора из статора:
а - подвеска ротора стропами; б - перемещение ротора; в - перенос стропов; 1 электрокартон

других подобных деталей, поверхности соприкосновения смачивают керосином, а также используют пресс, нагревание и удары. Относительно небольшие валики с шестернями разъединяют ударами валика по деревянной тумбе. Широко применяют съем заевшей детали при помощи отжима, для чего используются различными скобами с винтом.

Основная операция разборки .электрических машин - удаление ротора (якоря) из статора (рис. 11.11). В машинах малой и средней мощности, имеющих подшипниковые щиты и скользящие подшипники, разборка начинается со съема щитов. Перед съемом переднего подшипникового щита, несущего щеткодержатели или замыкающее приспособление, необходимо поднять щетки. В машинах с подшипниками качения для съема подшипникового щита иногда нужно освободить подшипник.

После съема подшипниковых щитов ротор подвешивают при помощи стропов так, чтобы он не терся о статор (рис. 11.11, *а),* и подвигают краном до тех пор, пока левый строп не подойдет к лобовой части обмотки статора (рис. 11.11, б). Затем подкладывают лист электрокартона и отпускают ротор на сердечник статора и подставку под вал (рис. 11.11, б). Если центр тяжести (ц. т.) ротора вышел за статор (рис. 11.11, в), стропы переносят так, чтобы полностью вывести ротор из статора. Иногда чтобы вывести центр тяжести ротора за пределы статора, приходится удлинять вал трубой (рис. 11.11, б).

Вертикальная разборка удобнее рассмотренной, однако требует предварительной перекантовки машины и достаточной высоты подкранового пути.

12.3. Мойка деталей

После полной или частичной разборки машины детали нужно соответствующим образом очистить, промыть и обезжирить. В качестве промывочных жидкостей применяют керосин, бензин или щелочные растворы, котрые хорошо смывают масло и грязь, но не действуют на металл.

Промывать детали можно различными способами. Самый простой из них - ручная мойка керосином (или бензином) в открытых ваннах при помощи волосяных щеток и ветоши. Детали укладывают на деревянную или металлическую решетку, находящуюся на

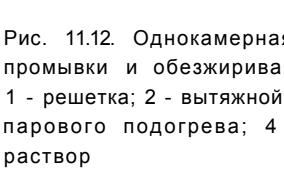


Рис. 11.12. Однокамерная машина для промывки и обезжиривания деталей:
1 - решетка; 2 - вытяжной зонт; 3 - труба парового подогрева; 4 - насос; 5 - раствор

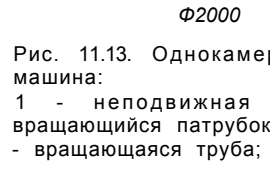


Рис. 11.13. Однокамерная моечная машина:
1 - неподвижная труба; 2 - вращающийся патрубок; 3 - кожух; 4 - вращающаяся труба; 5 - насадка

некоторой высоте от дно ванны. В промывочном помещении обычно устанавливают две такие ванны; одну для предварительной промывки, другую - для чистовой. Отработанный загрязненный керосин сливают и заменяют свежим. Недостатки ручной мойки в открытых ваннах - большой расход промывочной жидкости, малая производительность процесса, огнеопасность. Кроме того, керосин может вызывать кожные заболевания, пары керосиня сильно отравляют воздух и работа становится затруднительной даже при наличии вентиляции.

Поэтому наиболее удобен и дешев способ мойки в специальных ваннах водными растворами щелочей, подогретыми до 70-80°С. Обычно промывку и обезжиривание деталей щелочными растворами производят в моечных машинах, которые изготовляются одно-, двух- и трехкамерными. Подготовленные к промывке детали помещают на металлическую решетку 1 (рис. 11.12), установленную в ванне машины. Щелочный раствор ***5*** подогревается до 60-80 С при помощи змеевика с паром, расположенного под решеткой. Циркуляция раствора осуществляется центробежным насосом ***4,*** подающими раствор на детали при помощи шланга. Мелкие детали опускают в щелочной раствор в специальных корзинах. После обработки щелочным раствором детали промывают горячей водой в отдельной ванне для удаления остатков щелочи, а затем тщательно просушивают сжатым воздухом.

Однокамерная моечная машина (рис. 11.13) состоит из кожуха ***Я*** и вращающейся вокруг оси ***А А*** трубы ***4,*** соединенной вращающимся патрубком ***2*** со штуцером, который при помощи сальника связан с неподвижной трубой 1. Штуцер свободно вращается на шариковых подшипниках, установленных в стакане, прикрепленном к крышке кожуха машины. На концах трубы ***4*** имеются насадки ***5,*** направленные в противоположные стороны.

Моечный раствор под давлением подается через патрубок ***2*** в трубу 4, которая благодаря реакции, возникающей при истечении жидкости через насадки ***5,*** начинает вращаться вокруг оси ***А-А.***

Частоту вращения трубы (60-70 об/мин) регулируют вентелем на подводящей трубе. Наличие большого количества отверстий во вращающейся трубе ***4*** создает со всех сторон водяную зону, позволяющую промывать горячим раствором детали, помещенные на тележке. Время мойки, зависящее от конфигурации и размеров детали, обычно не превышает 6 мин.

При работе с горячими щелочными растворами необходимо надевать защитные очки, резиновый костюм, перчатки, сапоги, а также следить за тем, чтобы дверцы моечной машины были плотно закрыты.

Промытые в моечной машине детали проходят нейтрализацию в ванне с горячей водой и затем тщательно просушиваются сжатым воздухом.

12.4. Дефектация и маркирование деталей

Чтобы установить степень изношенности деталей и возможность их дальнейшего использования при ремонте, все детали машины контролируют и сортируют.

Правильно оценить состояние деталей и предотвратить возможные ошибки могут составленные по каждому типу машины технические условия на проверку и сортировку деталей, предусматривающие возможные дефекты контролируемых деталей, способы установления этих дефектов и необходимые приборы и инструменты для контроля. В технических условиях указываются значения допускаемых износов, размеры деталей, годных к использованию без ремонта и предназначенных для ремонта, и предельные размеры деталей для выбраковки. Работники отдела технического контроля (ОТК) должны хорошо знать конструкции машин, условия работы механизмов и всей машины, уметь пользоваться различными измерительными приборами.

При дефектации детали, бывшие в употреблении, делят на Я группы:

1) годные детали, износ которых находится в пределах допусков, предусмотренных браковочными картами. На каждой годной детали, прошедшей контроль, ставят условный знак зеленой эмалевой краской или клеймо контролера (на нерабочей части детали). После этого детали направляют на сборку или на склад годных деталей;

2) детали, подлежащие ремонту, износ и повреждения которых могут быть устранены в местах контроля, маркируют условными знаками (цифрами или краской различных цветов в зависимости от способа ремонта) и направляют в ремонт или на склад деталей, ожидающих ремонта;

3) детали, окончательно забракованные вследствие полного изнашивания или серьезных повреждений, восстановить практически не возможно или экономически нецелесообразно. Поэтому их маркируют красной краской и направляют на склад как лом с указанием марки металла, из которого изготовленна деталь.

12.5. Способы дефектации деталей

Контроль и измерение деталей. Контроль износа и пригодности деталей осуществляют наружным осмотром и при помощи

соответвтующих измерительных инструментов, контрольных приспособлений, приборов и специальной аппаратуры.

Наружным осмотром проверяют общее техническое состояние детали и выявляют внешние дефекты, например трещины, вмятины, выбоины, задиры и т. п. Вначале проверяют наличие или отсутствие неисправностей, выбраковка по которым может быть наибольшей. Так, например, детали угольных комбайнов и врубовых машин выбраковывают следующим образом:

1. Корпусные детали из стального литья окончательно бракуют, обнаружив сквозные трещины, изгибы и изломы, нарушающие прочность и влияющие на монтажные размеры.

2. Оси и валы при наличии трещин, изломов иЛи остаточных деформаций от скручивания бракуются и восстановлению не подлежат. Допускаются остаточные деформации от изгиба в пределах, предусмотренных браковочными картами.

3. Зубчатые колеса и шестерни не подлежат восстановлению, если имеются поломанные зубья, трещины, питтинги на большом числе зубьев, отслоения на рабочей поверхности цементированных зубьев.

4. Шариковые и роликовые подшипники бракуют и заменяют при наличии трещин на кольцах, бороздчатых выработок, сыпи, чешуйчатости и отслаиваний на поверхности беговых дорожек колец, шариков или роликов, при отсутствии части шариков или роликов или повреждении буртиков временного кольца, при появлении на поверхности металла цветов побежалости, а также наличии радиального зазора, превышающего допуск.

5. Узлы и детали электрооборудования бракуются, если не отвечают требованиям, предъявляемым к ним специальными инструкциями по взрывобезопасности оборудования. Электродвигатели всех типов независимо от состояния их износа подлежат отправке в электроцеха или на энергозавод для определения пригодности к дальнейшей эксплуатации или ремонту.

6. Пружинные кольца, пружины, стопорные шайбы окончательно бракуют при поломке, наличии трещин и остаточных деформаций, утере товарного вида.

7. Болты, гайки, шпильки, пробки бракуют при изнашивании и срыве резьбы более двух ниток на рабочей части, при утере товарного вида. Деформированные шпонки всех видов бракуют и повторно не используют.

8. Уплотнения из кожи, фетра и резиновый смеси, прокладки из неметаллических материалов бракуют окончательно и повторно не используют.

9. Прокладки металлические бракуют при поломках, изогнутые исправляют правкой.

Измерение деталей. Размеры и отклонения от формы можно проверить абсолютным или относительным методом измерений. При абсолютном способе измерений размер детали считают непосредственно по измерительному инструменту. Средствами измерений при этом способе служат масштабные линейки, штангенциркули, глубиномеры, штангензубомеры, микрометры, штихмасы, угломеры и другие инструменты. Недостатком абсолютного способа измерений является зависимость результата измерения от точности изготовления инструмента и его изношенности.

Относительный способ измерения заключается в том, что измеряемую деталь сравнивают с образцовой при помощи различных чувствительных приборов. Средствами измерения при этом способе служат индикаторы, пассаметры, пассиметры, миниметры, оптиметры. Точность относительного измерения значительно выше абсолютного. Так, например, точность измерения оптиметром в среднем равна 0,5 мкм, а микрометром - около 3,5 мкм.

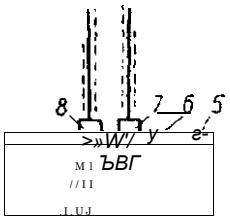
Методы дефектоскопии. Чтобы правильно оценить пригодность детали к повторному использованию, недостаточно убедиться только в сохранении ее герметических размеров.- Анализ поломок горных машин показывает, что во многих случаях они происходят вследствие повторного использования деталей, имевших усталостные трещины, надрывы и другие дефекты, возникающие при деформации. Для выявления скрытых трещин, раковин, волосовин, включений и других внутренних дефектов необходимо применять специальные методы контроля - ультразвуковой, магнитоакуетический, рентгеновский, люминесцентный, электромагнитный и некоторые другие.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на том, что высокочастотные звуковые волны (0,5-10 МГц) в однородных твердых телах, особенно в металлах, распространяются направленно и без существенного затухания, а на границе металл - воздух почти полностью отражаются. Ультразвуком можно обнаружить в металлах, пластмассах и других материалах пустоты, трещины, пороки литья и дефекты на глубине от нескольких миллиметров до 10 м. Для обнаружения дефектов в деталях этим методом применяют несколько типов ультразвуковых дефектоскопов: импульсные, просвечивания, резонансные и визуальные. В нашей промышленности наиболее .нироко распространены импульсные дефектоскопы.

Импульсный ультразвуковой дефектоскоп 86ИМ-2 (рис. [1.14) имеет рабочую частоту импульсов 0,7; 1,4; 2,8 и 4,5 МГц. Генератор 1 вырабатывает электрические импульсы, которые экранированным кабелем подводятся к головке-преобразователю ***8.*** От нее импульсы распространяются в детали 5, а встретив дефект ***в***, отражаются и улавливаются приемной головкой ***7.*** Принятые импульсы преобразуются в электрические и поступают в приемный усилитель ***4,*** из которого подаются на откланяющие пластины осциллоскопа *Я.* На вторые пластины осциллоскопа подается сигнал от генератора ***2*** развертки. На экране осциллоскопа видна светящаяся полоса, у которой *А* - начало развертки, *Б* - пик от дефекта *б и В* - донный сигнал, полученный при отражении лучей от нижней поверхности детали. О наличии дефекта судят по косвенному показателю - форме осциллограммы на экране, не имеющей однозначной связи с размером и видом дефекта. Изучающая *8* и приемная 7 головки служат для преобразования электрических колебаний в ультразвуковые и обратно, а в качестве преобразователя используются пластины кварца или титаната бария. У последнего пьезо-электрический модуль в 100 раз больше, чем у кварца.

Широко распространен в нашей промышленности и импульсный ультразвуковой дефектоскоп УЗД-7Н, позволяющий определить внутренние пороки в металлических деталях толщиной 10 мм - 3 м.

Магнитоакустическая дефектоскопия основана на слабом намагничивании изделия. При перемещении искателя прибора возле



5

Рис. 11.15. Схема гамма-дефектоскопа: 1 - контейнер с изотопом; 2 - кожух, залитый свинцом; 3, 4 - канатик; 5 - рукоятка; А - нерабочее положение препората; В - рабочее при просвечивании направленных пучком; В - просвечивание открытой ампулой

Рис. 11.14. Схема импульсного ультразвукового дефектоскопа 86ИМ-2: 1 - генератор импульсов; 2 - генератор развертки; 3 - осциллоскоп; 4 - усилитель; 5 - испытуемая деталь; б - дефект; 7 - приемная головка; 8 - головка-преобразователь

дефектного места детали в приемнике, выполненном в виде катушки колебательного контура, меняется наведенная э. д. е., которая через ламповый усилитель воспринимается в телефонной трубке. Внезапное изменение э. д. с. обусловливает изменение силы и тона звука в телефонной трубке - монотонное жужжание в телефоне сменяется резким звуком. Этот метод применяют для контроля сварочного шва, а в Несколько измененном виде - для установления дефектов в вагонных осях и рельсах, в подъемных канатах.

Рентгеновская дефектоскопия. Просвечивание рентгеновским излучением с фиксацией на пленке или экране используется в современной технике как для дефектоскопии, так и для структурного анализа; применяется преимущественно для контроля качества сварных швов и отливок из легких сплавов.

Метод основан на том, что рентгеновское излучение поглощается различными химическими элементами по-разному, в частности, воздухом оно поглощается значительно меньше, чем металлом. Поэтому рентгеновское излучение проходя через деталь, содержащую раковину, окажется ослабленным неравномерно и на участке раковины экран будет светиться более ярко.

Предельная толщина просвечиваемых изделий зависит от напряжения. Для просвечивания стальных или чугунных изделий толщиной до 50-60 мм требуется напряжение 200 кВ. Полученные изображения дают лишь приблизительные указания о внутренних дефектах в изделии, так как небольшие раковины поглощают рентгеновское излучение незначительно.

Гамма дефектоскопия. Гамма-излучение изотопов можно

использовать для обнаружения скрытых дефектов в деталях. Применяют два метода гамма-дефектоскопии - фотографический и ионизационный. Первый наиболее распространен благодаря наглядности и объективности получающихся результатов исследования. Второй метод менее чувствителен к выявлению дефектов в просвечиваемом материале и определению характера дефектов, но зато более быстрый.

Для гамма-дефектоскопии применяют радиоактивные изотопы кобольта-60, тантала-182, цезия-137 и др.

Чувствительность при просвечивании гамма-излучением радиоактивных изотопов в 3-4 раза меньше, чем при просвечивании рентгеновским излучением, но стоимость гама-установки во много раз меньше рентгеновской.

Для просвечивания стальной детали толщиной 50 мм гамма-излучением радиоактивного источника с кобольтом-60 требуется экспозиция 2-3 ч. Аппарат (рис. 11.15) укрепляют на штативе и он может перемещатся в любом направлении для наведения пучка гамма-излучения на объект просвечивания. Управление перемещением аппарата дистанционное - на расстоянии 3 м при помощи канатика 4, передвигающегося в металлическом шланге. На конце шланга укреплена рукоятка *5* управление шлангом, в которой канатик, перемещающий препарат, фиксируется в трех положениях: *А* - нерабочее положение; *Б* - рабочее положение при иросвечивании направленным пучком; *В* - после снятия пробки при просвечивании открытой ампулой. Свинцевый контейнер 1 с находящимся в нем препаратом вместе с канатиком *4* при помощи специальной штанги длиной 1,5 м может выниматься из защитного чугунного кожуха 2, залитого свинцом 3, и переноситься (масса 15 кг) в любое место для просвечивания трудно доступных участков контролируемой детали.

Безопасное расстояние от защитного кожуха 2 при шестичасовом рабочем дне, когда препарат находится в нерабочем положении, равно 0,7 м. Работа с переносным контейнером, его перестановка, и перемещение по объекту допускаются в течение не более 1,5 ч за рабочий день.

Люминесцентная дефектоскопия основана на способности некоторых веществ (люминофоров) поглащать лучистую энергию и отдавать ее в виде свечения при воздействии ультрафиолетового излучения. Для выявления дефектных мест детали погружают на 3 мин в раствор трансформаторного или индустриального "20"масла (10 %) с керосином (90 %), промывают их в течение 5-10 с в воде или бензине, просушивают под вентилятором, опыляют белой пудрой (магнезией) и осматривают под ультрафиолетовым излучением. Для облучения может быть использована кварцевая ртутная лампа ПРК-2 или ПРК-4, снабженная светофильтром УФС-3, пропускающим только ультрафиолетовое излучение. Освещенные таким способом детали приобретают темно-фиолетовую окраску, а дефектные места благодаря раствору масла с керосином (люминофору), который вытягивается магнезиевой пудрой на поверхность, ярко светятся. Так выявляются очертания тончайших трещин.

Важными преимуществами люминесцентного дефектоскопа являются простота изготовления, большая производительность и возможность применять его для выявления поверхностных трещин, раковин и расслоений на изделиях из различных магнитных и

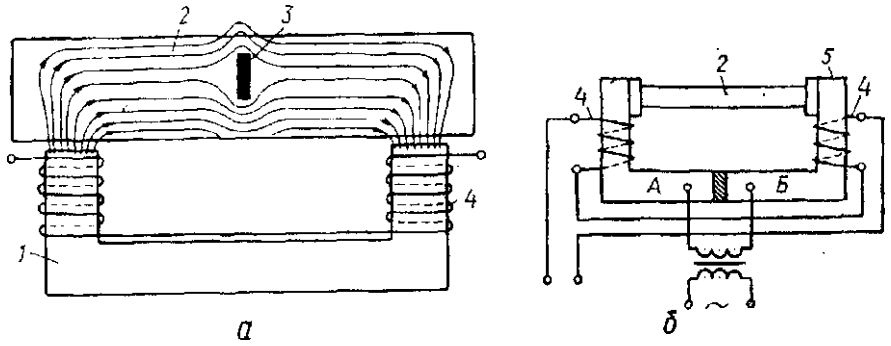


Рис. 11.16. Схемы намагничивания изделия:
а - при выявлении поперечных трещин; б - комбинированный способ; 1 - магнитопровод; 2 - иследуемое изделие; 3 - дефект; 4 - катушки; 5 - электромагнит

немагнитных материалов, а также на деталях с черной и грубой поверхностью. Им можно выявлять трещины толщиной менее 5 мкм, простирающиеся в любых направлениях.

Проба керосином или индустриальным маслом. В некоторых случаях для обнаружения трещин применяют один из следующих простых и общедоступных способов:

1) внушающее подозрение место очищают от ржавчины и грязи, поверхность обильно смачивают керосином и выдерживают на ней 10-20 мин. После этого поверхность изделия протирают насухо и наносят на нее тонкий слой мела, разведенного в спирте. Последний быстро испаряется, и на поверхности, покрытой слоем мела, вся трещина вырисовывается выступающим из нее керосином;

2) в месте подозреваемой трещины поверхность детали тщательно зачищают, смазывают подогретым маслом и выдерживают 3-5 мин. Затем поверхность насухо вытирают, покрывают меловым раствором и после полной просушки подогревают со стороны трещины паяльной лампой до 40-50Т,. Масло при этом выступают наружу, и на белом меловом покрытии показывается линия трещины.

Электромагнитная дефектоскопия. При электромагнитных методах дефектоскопии электрический ток или магнитный поток пропускается по исследуемому изделию. По распределению магнитного потока или тока в массе изделия судят о наличии посторонних включений, повреждений, раковин, трещин и волосовин.

Испытуем.ое металлическое изделие ***2*** (рис. 11.16, ***а)*** располагают между полюсами сильного электромагнитного постоянного тока. Если плотность магнитного потока близка к плотности материала, то в месте уменьшенного сечения часть силовых линий выйдет на поверхность изделия, замыкаясь в воздухе над поврежденным местом, что и свидетельствует о наличии дефекта (поперечной раковины или трещины).

Рассеивание магнитного поля зависит от положения дефектов по отношению к направлению магнитных силовых линий. Трещины почти не деформируют магнитное поле, если их направление совпадает с направлением магнитного потока. Поэтому изделие должно быть намагничено в двух взаимно перпендикулярных

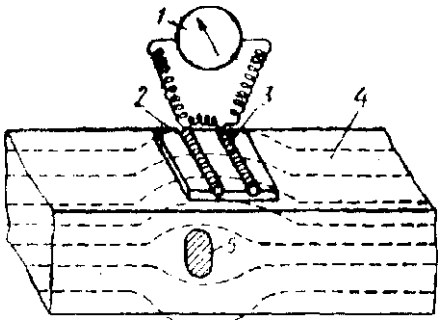


Рис. 11.17. Схема индукционного индикатора дефектов:
1 - гальванометр; 2, 3 - катушки; 4 - исследуемая деталь; 5 - дефект

направлениях. Существует несколько приемов намагничивания исследуемых изделий. При комбинированном намагничивании (рис. 11.16, б) исследуемая деталь *2* замыкает собой магнитную цепь ярма электромагнита.5, намагничивающая обмотка *4* которого питается постоянным током. Магнитный поток при этом направлен вдоль детали 2, создавая продольное ее намагничивание. Кроме того, по двум электрически изолированным друг от друга частям А и Б ярма к детали подводится постоянный или переменный ток, создающий круговой поток, направление силовых линий которого перпендикулярно к направлению основой ого потока. Таким образом, можно по желанию намагничивать детали в разных направлениях, выявляя дефекты как продольного, так и поперечного характера.

Магнитная дефектоскопия слагается из трех основных операций: 1) намагничивания изделий; 2) покрытия намагничинных изделий порошком и осмотра поверхности; Я) размагничивания изделий.

Применяют следующие способы размагничивания: 1) медленное протягивание намагниченной детали через катушку, питаемую переменным током обычной частоты; 2) пропускание переменного тока непосредственно через размагничиваемую деталь; 3) изменение направления постоянного тока, пропускаемого через деталь или катушку, с одновременным постепенным снижением тока.

В качестве магнитного порошка обычно применяют крокус Fe_20_3, измельченный до размеров зерна 1-10 мкм и превращенный в ферромагнитную модификацию нагревом до 600-700°С и последующим охлаждением.

Исследуемую поверхность покрывают суспензией из масла или керосина со взвешенными в них частицами магнитного порошка. Под действием магнитного поля частицы порошка располагаются по направлениям силовых линий, образуя узоры, расположение которых соответсвует местам скрытых дефектов.

Способ магнитного порошка получил широкое применение благодаря своей простоте и надежности результатов. Недостатки способа - непрерывный расход порошка при работе, загрязнение изделий и необходимость добавочного их размагничивания для удаления приставших частиц.

Для обнаружения полей рассеяния применяют индикаторы (искатели) дефектов индукционного типа. Индикатор (рис. 11.17) состоит из гальванометра 1, к клеммам которого присоединены две катушки *2* и Л с противоположно намотанными витками. Прибор медленно перемещают над сильно намагниченной деталью *4.* При пересечении катушками силовых линий, отклоненных вследствие

скрытого в детали дефекта 5, в катушках наводится э.д.с. Сначала силовые линии пересекут катушку 3, а потом катушку ***2,*** вследствии чего стрелка гальванометра отклонится два раза от нулевого положения в противоположные стороны.

Помимо индукционных, применяют различные другие типы индикаторов.

Электроманитные методы дефектоскопии применяют преимущественно для массового контроля однотипных деталей. Эти методы являются относительными, так как не устанавливают характера скрытого повреждения.

При испытании крупных и сложных деталей, если необходимо точно установить форму и расположение повреждения, целесообразно пользоваться электромагнитными методами в комбинации с другими, например ультразвуковым или рентгеновским.

Спектральный анализ металлов. Методом спектрального анализа пользуются для определения наличия в металлах и сплавах различных химических элементов и их процентного содержания. Меод основан на получении и анализе светового спектра электрической дуги между деталью и медным дисковым разрядником. Присутствие того или иного химического элемента сообщает световому спектру ряд особенностей, по которым этот элемент и обнаруживается.

Для проведения спектрального анализа в цеховых условиях применяют приборы, называемые стилископами, которые бывают стационарными и переносными, причем последние примерно вдвое производительнее стационарных.

Применение стилоскопов в рудоремонтных мастерских позволяет эффективно выявлять брак и предупреждать возможные поломки машин из-за ошибок в маркировке металла при изготовлении запасных частей.

Г л а в а 13. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

13.1 Способы восстановления изношенных деталей

Ремонт изношенных деталей можно проводить одним из следующих способов: 1) сваркой; 2) вибродуговой наплавкой; 3) наплавкой твердых сплавов; 4) металлизацией напылением; 5) металлизацией электролизом; 6) химической обработкой; 7) склеиванием; 8) механической обработкой на станках и вручную; 9) электрической обработкой металлов (нагрев токами высокой частоты, электроискровая обработка, анодно-механическая обработка) и др.

Способ ремонта следует выбирать с учетом его технико-экономических показателей, возможности и целесообразности применения.

13.2. Ремонт деталей горного оборудования сваркой

Виды сварочных работ. Сварка - один из основных технологических процессов при ремонте и монтаже оборудования. Она значительно упрощает и ускоряет многие работы по ремонту, а иногда является основным средством для их выполнения. Цель большинства

сварочных раот заключатеся в добавлении металла к изношенным вследствие истирания частям.

В ремонтном деле встречаются три вида сварочных работ - сварка, наплавка (наварка) и заварка.

Сваривать приходится поломаные стальные и чугунные детали, например станины или рамы машин, кронштейны, ободы, ступицы и спицы зубчатых колес и шкивов и т. д. К этому же виду работ относится и наложение заплат при ремонте крупных машинных частей, резервуаров, бункеров и других металлических конструкций.

Наплавлять (наваривать), т. е. наносить слой металла в тех местах, где обнаружился недопустимый износ, чаще всего приходится в различных деталей из углеродистых и легированных сталей (гнезда корпусов комбайнов и врубовых машин, брусья бара, звездочки, утюги, зубья экскаваторов, щеки дробилок и т. д.). Часто наплавляют шейки и шипы валов, изношенные зубья на крупных зубчатых колесах, края шкивов, различныеклапаны, кулачки и т. д. Наплавку применяют также для деталей из чугуна и сплавов цветных металлов.

При наплавке цементированной или закаленной детали ее предварительно отжигают. Нагревание осуществляют до 900°С, после чего деталь должна медленно остыть. Отпуск уменьшает твердость стали, сопротивление разрыву и предел упругости, но зато увеличивает вязкость, что позволяет прочно наварить металл. После наплавки и механической обработки деталь можно вновь подвергнуть цементации и закалке для возвращения ей прежней твердости.

Наварку применяют в тех случаях, когда в детали требуется полностью или *частично* заделать *отверстие, заварить трещину или* другие подобные дефекты, появившиеся в процессе эксплуатации.

Часто сварку применяют при соединении трубопроводов и изготовлении к ним фасонных частей, сборке и изготовлении отдельных частей металлоконструкций, изготовлении запасных частей к машинам. В большинстве^ случаев ремонтной практики электродуговая сварка дает большой эффект, чем ацетиленокислородная. Однако последняя имеет свою область эффективного применения, поэтому в ремонтном процессе один вид сварки взаимно дополняет другой. Ацетилено-кислородную сварку применяю в следующих случаях: 1) при ремонте деталей из сплавов цветных металлов, так как ремонт их электродуговой сваркой до сих пор еще мало распространен; 2) при ремонте чугунных деталей, требующих последующей обработки режущими инструментами, поскольку обычный электросварной шов трудно обработать; 3) при сварке деталей толщиной менее 2 мм, потому что электр о дуговая сварка в таких случаях затруднительна; 4) при наплавке или напайке кусковых твердых сплавов на быстроизнашивающиеся детали; 5) при резке металлов.

Подготовка к сварочным работам ремонтируемой детали имеет большое значение для самого процесса сварки. Только хорошо подготовленный шов дает надежное сварное соединение. При заварке трещины или сварке поломанной детали подготовка заключается в образовании скосов или фасок той или иной формы в зависимости от толщины 5 свариваемого места детали (рис. П. 18). Желательно, чтобы поверхности скоса не были гладкими, а наоборот, имели ложкообразные впадины с притуплёнными углами.

Скосы цилиндрических деталей рекомендуется делать не

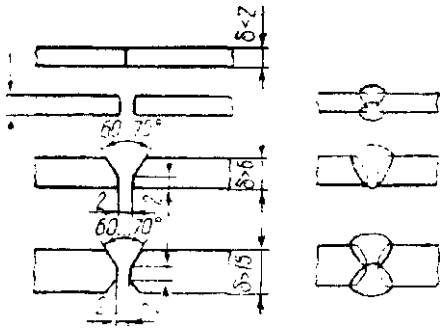


Рис. 11.18. Виды кромок, подготовленных под сварку и заварку

конусо-, а лопатообразными для вварки клиньев, охватывающих обе половины. Этим достигается повышение прочности шва при работе на скручивание.

Реомонт металлических конструкций, резервуаров и скипов при помощи дуговой электросварки в основном не отличается от их изготовления. Подготовка таких деталей к сварке ведется в соответствии с характером потребного ремонта. Если трещина пересекает всю деталь, то деталь разделяют, выполняют *V* - или Х-об разные фаски, в зависимости от толщины и возможности сварки с двух сторон, а затем складывают отдельные части детали так же, как при сварке двух отдельных листов.

Если трещина начинается где-то на корпусной детали или листе и идет к их кромке, то обрубают *V* или Х-образные фаски, но обрубку обязательно ведут до здорового материала или же насквозь с образованием зазора в 2-3 мм. Предварительно распространение трещины ограничивают, высверливая в ее начале отверстие диаметром не менее толщины стенки. Затем от него начинают варить шов.

В зависимости от характера трещины, ее конфигурации и материала детали сварку ведут соответствующими электродами по технологическому процессу, разработанному для каждого отдельного случая. Просверленные отверстия заваривают только после того, как заварена вся щель. Если требуется заварить отверстие, то на него ставят заплату внахлестку. Пригонка заплаты не требует особой тщательности, шов получается нежестким, и усадочные напряжения почти его не ослабляют.

Заварка раковин в стальном литье сопряжена с тщательной подготовкой, т. е. очисткой стенок и дна раковины для устранения острых углов и обеспечения доступа ко всем частям раковины. Если обрубкой подготовить раковину трудно, то в некоторых случаях этот недостаток может устранить сварщик предварительным тщательным оплавлением раковины и последующей ее заваркой.

Электроды. Применяют металлические электроды из проволоки или металлических прутков длинной 300-400 мм, диаметром 1,6-12 мм и с тонкой меловой или толстой специальной обмазкой. Выбор диаметра электрода зависит от толщины свариваемого металла. При его толщине 6 = 5 - 10 мм диаметр ***d*** 4 - 5 мм; при о > 10 мм ***d*** — 6 - 8 мм и более.

Электроды для сварки мало- и среднеуглеродистой стали изготовляют из проволоки малоуглеродистой (Св-08ГА, Св-ЮГА, Св-10Г2 и др.) и высоколегированной (Св-06Х14, Св-10Х13 и др.). Существуют также специальные электроды, например ЭН-У30Х23Р2С2ТГ. Расшифровывается последняя марка так: ЭН - электрод наплавочный; У30 - углерода содержит 0,3 % ; Х23 - хрома 23 ***%; Р2*** - бора 2 ***%; С2*** - кремния 2 %; Т - 1 %; Г - марганца 1 %.

Наиболее широко применяют углероды из малеуглеродистой проволоки Св-08 или Св-08А. В зависимости от материала и назначения ремонтируемой детали тип и марку электрода выбирают из таблиц.

Кроме сварки и наплавки одиночным электродом, применяют следующие разновидности таких работ: 1) сварку пучком электродов малого диаметра (при этом требуется повышение сварочного тока); 2-) сварку лежачим пластинчатым электродом - на восстанавливаемую поверхность детали насыпают слой флюса и укладывают пластинчатый электрод. Дуга зажженная между деталью и концом лежачего электрода, непрерывно горит, оплавляя электрод; 3) наплавку зубчатым электродом, заполненным порошкообразным наполнителем. Получают износостойкие поверхности; 4) наплавку угольным электродом. Дуга горит между деталью и неплавящимся угольным электродом. Присадочный материал для наплавки подается в зону дуги дополнительно.

Количество тепла, вводимого дугой в свариваемое или направляемое изделие в единицу времени, называется *эффективной тепловой мощностью дуги* и определяется по формуле

$$q = EIr|, \qquad (212)$$

где I - сварочный ток, А; Е - э. д. е., приложенная к участку; г| - эффективный КПД нагрева металла дугой; для металлических электродов с тонким покрытием f| = 0,5 - 0,6; для электродов с толстым покрытием г| = 0,7ч 0,85.

Производительность Q, г, сварки характеризуется массой расплавленного электродного материала:

$$Q = kit, \qquad (213)$$

где к - коэффициент наплавки, г/А ч; t - время горения дуги, ч. При ручной сварке в среднем k = 7-t 12 г/А ч.

Скорость наплавки v, см/ч, определяется по формуле

$$v = kI/Fp, \qquad (214)$$

где F - площадь поперечного сечения шва, $см^2$; р - плотность металла шва, $г/см^3$. Для стали р = 7,85 $г/см^3$.

При электросварке часть расправленного электродного материала теряется в виде брызг и паров металла. Эти потери при ручной сварке составляют 10-20 % массы наплавленного металла. Нормируя сварочные работы, удобнее пользоваться скоростью наплавки.

Холодная и горячая сварка. Сварку можно выполнять без предварительного подогрева детали (холодная сварка) или с предварительным подогревом до 650-850°С в печи, на горне и т. п. (горячая сварка). Лучшие по прочности результаты дает горячая сварка, поэтому в ответственных случаях рекомендуется применять по возможности ее.

При сварке и наплавке необходимо располагать деталь так, чтобы шов находился в нижнем положении, что облегчает работу и улучшает качество сварного шва. При значительной толщине деталей шов накладывают в несколько рядов. Дуга должна быть как можно

более короткой: чем она длинее, тем хуже качество шва. Во избежание появления внутренних напряжений, новых трещин и коробления детали необходимо в процессе сварки делать перерывы для охлаждения свариваемых деталей. При заварке трещин в ободе, спицах шкивов и в зубчатых колесах следует для компенсации усадки применять частичный подогрев соседних с завариваемым местом частей обода и спиц.

Ток подбирают в .зависимости от толщины свариваемой детали, окружающей температуры и положения, в котором находится шов. Опыт передовых сварщиков показал, что с увеличением тока, помимо повышения производительности, улучшается качество сварки - повышают коэффициенты прочности и пластичности.

С учетом изложенного принимают

$$I = kd,$$

где к - эмпирический коэффициент (для стали принимается равным 40-60); d - диаметр электрода, мм.

При восстановлении стальных изношенных деталей наплавкой применение насыщенной водородом проволоки увеличивает производительность труда и улучшает качество наплавки. Для этого электродную проволоку травят в 5-10 %-ном растворе серной кислоты. Время, ч, травления для насыщения малоуглеродистой проволоки водородом

$$t = d+1.$$

Скорость наплавки такой проволоки повышается примерно в 2 раза. При сварке постоянным током необходимо применять обратную полярность (плюс - й^т электроде), так как сильно травленная проволока мало пригодня для сварки с нормальной полярностью (минус - на электроде).

Ремонт деталей из среднеуглеродистой и легированной сталей. Детали из малоуглеродистых сталей, как известно, свариваются хорошо. Удовлетворительное качество шва получается при сварке сталей и со средним содержанием углерода (С = 0,35-0,45 %). С повышением содержания углерода сверх 0,45 % свариваемость стали ухудшается, в сварном шве образуется много пор и.оксидов.

Сварка термически обработанных деталей из среднеуглеродистых и легированных сталей затруднительна по следующим причинам: 1) высокая температура ухудшает механические свойства термически обработанных деталей; в процессе ремонта таких деталей необходимо делать термическую обработку, что усложняет ремонт и не всегда возможно; 2) присутствующие в легированных сталях примеси соединяются с кислородом и в виде тугоплавких оксидов остаются в наплавленном слое; 3) легированные стали имеют малую теплопроводность, поэтому легко перегреваются и становятся хрупкими; 4) большие усадочные напряжения и склонность легированных сталей к самозакаливанию вызывают повышение твердости и образование внутренних напряжений, связанных с появлением трещин.

Наибольшие трудности возникают при сварке легированных сталей с высоким содержанием углерода. Так, сталь 20ХНЗ,

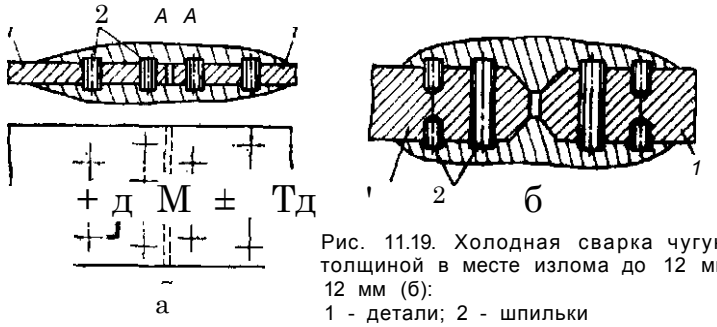


Рис. 11.19. Холодная сварка чугунных деталей толщиной в месте излома до 12 мм (а) и более 12 мм (б):
1 - детали; 2 - шпильки

содержащая до 0,17 % С, сваривается хорошо, сталь 20ХН (0,20 % С) - ограниченно, а сталь 40Х (0,40 % С) - плохо.

Большое значение при сварке легированных сталей имеют качество электродов и состав их обмазки. В настоящее время освоена сварка многих легированных сталей. Для снижения внутренних напряжений изделие нагревают до и после сварки.

Ремонт деталей из чугуна выполняется холодной или горячей сваркой. Для деталей, не подвергающихся высоким напряжениям и не требующих особой прочности соединений и последующей обработки режущим инструментом, применяют *холодную сварку* (например, при наличии трещин и поломок в рычагах, канатных шкивах, зубчатых колесах и маховиках, кожухах, фундаментных рамах, стойках). Для сварки холодным способом используют малоуглеродистые стальные электроды с меловой обмазкой.

Прочность сварки при прочих равных условиях зависит от глубины провара: чем глубже провар, тем прочнее шов. Однако при глубоком проваре чугуна закаленный переходный слой между материалом детали и наплавленным слоем может выкрошиться вместе с непосредственно к нему примыкающим тонким слоем серого чугуна. Поэтому при ремонте чугунных деталей холодной сваркой прочность соединения обычно достигается установкой шпилек на подготовленной под заварку поверхности (рис. 11.19). Шпильки ставят в шахматном порядке на расстоянии между центрами не ближе четырех диаметров. Они должны быть плотно ввинчены в чугун на глубину, равную 2,5-Я диаметрам, причем резьба их должна быть чистой и выполнена без масла. Диаметр шпилек принимают от 6 до 12 мм. Для удобства заварки шпильки должны выступать над поверхностью на 3-4 мм. Число шпилек рассчитывают из условия сопротивления сразу. Шпильки могут быть сквозные (рис. 11.19, *а)* и несквозные, обычно меньшего диаметра (рис. 11.19, б).

Сварка чугуна с применением шпилек имеет следующие недостатки: необходимы сверление и нарезание отверстий, затрата времени для изготовления и установки шпилек, применение квалифицированной рабочей силы. Поэтому иногда холодную сварку чугуна выполняют без шпилек, но площадь соприкосновения чугунной детали с наваренным слоем делают, по крайней мере, в 2 раза больше площади сечения излома, а толщину наваренного слоя - равной примерно половине сечения излома.

Основным недостатком холодной сварки чугуна является образование твердого закаленного слоя в месте перехода от чугуна к

наваренному слою. За последнее время предложено много рецептов флюсов и обмазок, которые значительно устраняют этот недостаток. Большое значение имеет также правильное нанесение сварочных слоев. Первый слой следует наносить электродом диаметром 3 мм или пучком электродов диаметром 2 мм, а остальные - электродом диаметром 4-5 мм. Первый тонкий стальной слой отжигается при наложении второго, более толстого слоя, причем часть углерода из него переходит в верхний слой, в результате чего толщина твердого закаленного слоя уменьшается до 0,3 мм.

При холодной сварке чугуна широко применяют биметаллические электроды из красной меди с оболочкой из луженой жести и мелового покрытия. Сердечники из красной меди имеют диаметр 3-6 мм. На них навивается оболочка из жестяной ленты шириной 5-7 мм. Оболочка должна плотно прилегать к сердечнику, иначе наличие воздушной прослойки вызывает разбрызгивание металла и шов получается пористым.

Для сварки постоянным током меловое покрытие делать не обязательно. При сварке биметаллическими электродами рекомендуется применять флюс следующего состава: бура - 50 %, каустическая сода - 15 %, железные опилки - 20 %, железная окалина - 15 % . Наплавленный такими электродами шов содержит сплав железа с медью, имеет высокую прочность, пластичность и обеспечивает хорошую свариваемость с чугуном.

Сравнительно хорошие результаты дает холодная газовая сварка чугунных деталей при помощи латунных стержней. Латунь плавится при 870°С и дает в расплавленном состоянии прочное сцепление с чугуном, нагретым до вишнево-красного каления.

Сварка чугуна с предварительным подогревом (горячая сварка) дает хорошее качество сварного шва и может выполнятся электродугой или газовым пламенем. При горячей сварке электродуговым способом ремонтируемую деталь заформовывают в песок и нагревают до 650-750°С, после чего ее наплавляют чугунным электродом; затем изделие медленно охлаждается на огне или в горячей золе.

При горячей сварке электродугой применяют электроды из серого чугуна с высоким содержанием кремния, а при сварке чугуна газовым пламенем - чугунные прутки диаметром 6-12 мм.

Образующиеся на поверхности расплавленного чугуна тугоплавкие оксиды препятствуют соединению основного металла с присадками. Оксиды имеют температуру плавления 1350°С, т. е. выше температуры плавления чугуна. Поэтому, чтобы избежать шлаковых включений в основной металл, применяют порошкообразный флюс из 50 % буры, 47 % двууглекислой соды и 3 % кремниевой кислоты.

Поскольку горячая сварка связана со значительными затратами времени, то ее применяют только при ремонте поломанных деталей сложной формы, когда требуется получить плотный, прочный и легко обрабатываемый сварной шов, причем лишь в тех случаях, когда поврежденную часть можно разобрать и заформовать. Горячей сваркой ремонтируют цилиндры компрессоров, насосов, паровых, газовых машин и другие полые детали, работающие под давлением.

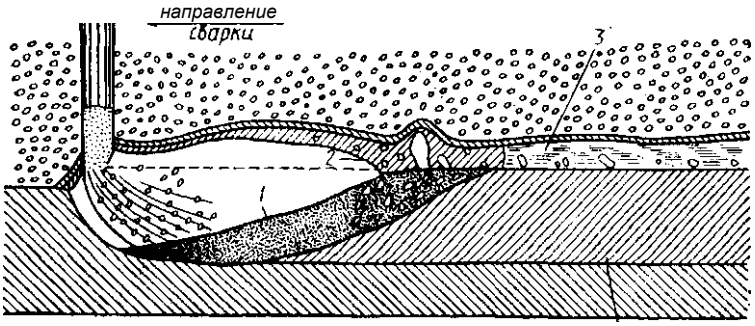


Рис. 11.20. Схема процесса сварки под слоем флюса:
1 - жидкий металл; 2 - жидкий шлак; 3 - твердый шлак; 4 - затвердевший металл шва

13.3. Механизированная наплавка и сварка под слоем флюса

Наплавку (сварку) под слоем флюса все шире внедряют в ремонтную практику горных предприятий как один из наиболее прогрессивных способов ремонта деталей. Применяют, например, установки для автоматической наплавки бандажей электровозных скатов, для сварки кузовов шахтных вагонеток, для сварки металлических шахтных стоек и др.

Плотность тока при такой наплавке увеличена в 6-8 раз, значительно повышена производительность и улучшены условия трУДа сварщика. Коэффициент наплавки составляет 14-16 г/Ач, т, е. в 1,5-2 раза выше, чем при ручной сварке. Потери на угар и разбрызгивание не превышают 2 % массы расплавленного металла.

Электрическая дуга плавит основной и электродный металл, а также флюс. Расплавленный флюс образует жидкий шлак, который изолирует от воздуха не только столб дуги, но и всю зону сварки (рис. 11.20).

Разновидностью сварки под слоем флюса является полуавтоматическая сварка шланговой аппаратурой (рис. 11.21). При этом виде сварки подача голой электродной проволоки 1 из кассеты ***2*** по гибкому шлангу ***4*** к месту сварки осуществляется при помощи механизма ***3.*** Шланг ***4*** заканчивается головкой ***6***, перемещаемой сварщиком вручную. Бункер ***5*** служит для засыпки флюсом места сварки. Питается полуавтомат переменным током при помощи сварочного аппарата 7, трансформатора ***8*** и регулятора ***9.***

В шланговом полуавтомате применяют тонкую проволоку диаметром 1,2-2,0 мм и плотность тока до 200 А/мм^2. Химический состав электродной проволоки, как и при ручной сварке, применяют в зависимости от состава свариваемого металла и флюса.

Основное назначение флюса при полуавтоматической и автоматической сварке - защитить металл от вредного влияния атмосферного воздуха, обеспечить правильное формирование шва и установить потери металла на угар и разбрызгивание. Наиболее распространены высокомарганцовистые флюсы ООЦ-45-11 и АН-348-111, с которыми можно применять обычную малоуглеродистую электродную проволоку. При использовании этих флюсов пор и горячих трещин в металле шва бывает меньше.

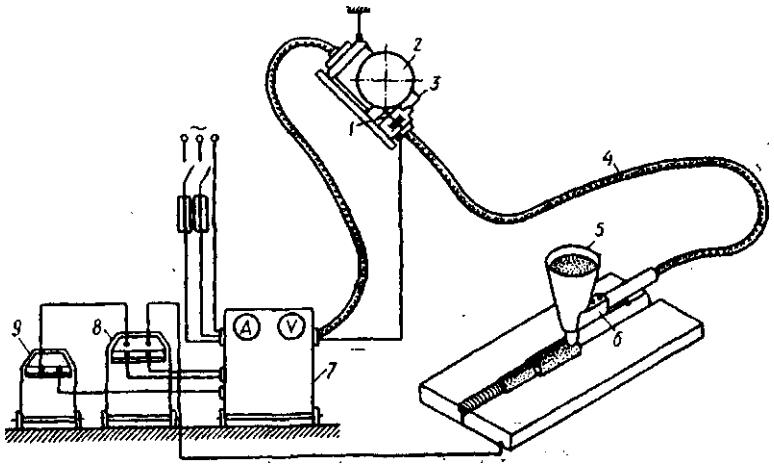


Рис. 11.21. Схема сварки под слоем флюса шланговым полуавтоматом:
1 - электродная проволока; 2 - кассета; 3 - механизм подачи проволоки; 4 - шланг; 5 - бункер; 6 - головка; 7 - сварочный аппарат; 8 - транформатор; 9 - регулятор

В качестве источников тока для питания шланговых полуавтоматов применяют сварочные трансформаторы типа СТН-500 и другие (при работе на переменном токе) и двигатели-генераторы (работа на постоянном *токе).*

Шланговым полуавтоматом можно сваривать угловые и стыковые швы и точки в тонколистовых конструкциях, а также выполнять наплавочные работы. Наиболее применимы шланговые автоматы при сварке стыковых *швов,* для наплавки изношенных поверхностей деталей, особенно шлицевых и плоских поверхностей.

Автоматическая электродуговая сварка под слоем флюса дает большой технический эффект при наплавочных работах по восстановлению изношенных деталей.

На рис. 11.22 изображена установка для автоматической наплавки под флюсом изношенных бандажей электровозных скатов. Колесная пара помещена между конусными центрами передней и задней бабок. Передняя бабка ***10*** имеет планшайбу ***9*** с зубчатым венцом и двумя поводками ***8*** для захвата и вращения колесной пары при помощи привода ***5.*** На стационарной колонке ***4*** установлены двухдуговая сварочная головка 1, бункер ***2,*** две катушки с электродной проволокой ***3*** *и* кнопочный пульт управления. Сварочная головка 1 может перемещаться при помощи вертикального и горизонтального суппортов в пределах 350-500 мм. Предусмотрена возможность наклона головки вдоль и поперек шва. Винтовой домкрат 7 служит для установки колесной пары на линию центров и поворота ее на 180" в горизонтальной плоскости для подвода под сварочную головку второго колеса после наплавки первого. Излишек флюса просыпается в флюсосборник *6* и затем отсасывается в бункер ***2*** флюсоаппарата.

Сварочная головка 1 подает электродную проволоку диаметром 5 мм одновременно с двух катушек при соблюдении

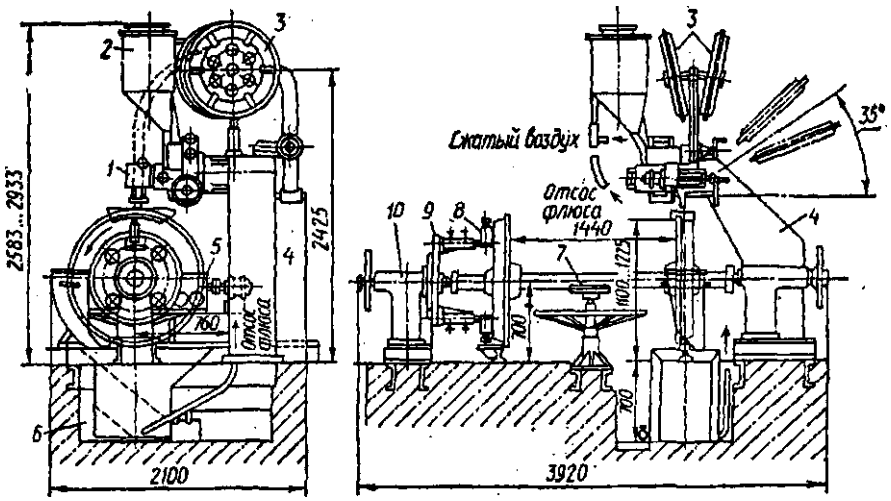


Рис. 11.22: Установка для автоматической наплавки бандажей электровозных скатов: 1 - сварочная головка; 2 - бункер; 3 - катушка с проволокой; 4 - колонка; 5 - привод; 6 - флюсосборник; 7 - винтовой домкрат; 8 - поводок; 9 - планшайба; 10 - передняя бабка

установленного режима сварки: тока 500 А, напряжения 24-26 В, скорости перемещения дуги 12-18 м/ч. Электроды расположены последовательно один за другим на расстоянии 60-80 мм. В наплавленном металле должно быть не более 0,20 % С, иначе в наплавке появляются трещины. Основное назначение флюса при автоматической сварке - защитить металл от вредного влияния атмосферного воздуха, обеспечить правильное формирование шва и устранить потери металла на угар и разбрызгивание.

Диффузионная сварка в вакууме. Предложенный профессором Н.Ф. Казаковым метод диффузионной сварки в вакууме позволяет соединять любые металлы и получать сварные швы повышенной прочности. Способ не требует применения флюсов, припоев, электродов и других вспомогательных материалов. Детали помещают в вакуумную камеру и нагревают до заданной температуры, затем прижимают друг к другу и охлаждают. Отсутствие воздуха в камере предохраняет поверхности от окисления, и частицы одной детали диффундируют в прижатую к ней другую, образуя прочное соединение.

Этим методом можно приваривать пластинки твердого сплава к буровым коронкам и державкам резцов. Такое соединение значительно прочнее и дешевле, чем припайка с использованием различных припоев.

13.4. Восстановление деталей вибродуговой наплавкой

Вибродуговая наплавка металла в струе охлаждающей жидкости - прогрессивный метод восстановления изношенных металлических поверхностей, позволяющий без коробления деталей получить слой

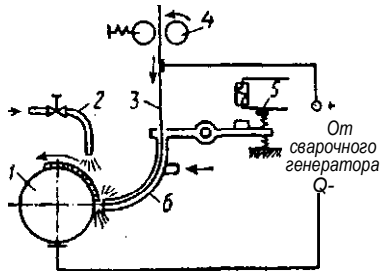


Рис. 11.23. Схема установки для вибродуговой наплавки:
1 - деталь; 2 - труба для подвода охлаждающей жидкости; 3 - электродная проволока; 4 - ролик подачи проволоки; 5 - вибратор; 6 - вибрирующий хоботок

требуемой толщины и твердости. При этом способе физико-механические свойства и химический состав основного металла почти не изменяются, так как процесс протекает при слабом нагреве на глубину 0,1-2 мм восстанавливаемой поверхности. Наплавленный слой приваривается к основному металлу так же, как и при обычной электросварке. Температура изделия находится в пределах 40-80°С, что позволяет наплавлять термически обработанные и сложные по конфигурации тонкие и тонкостенные детали. Эти свойства особенно важны при восстановлении деталей горно-шахтных машин, изготовленных в большинстве своем из углеродистых и легированных сталей с последующей термической обработкой.

Сущность вибродуговой наплавки заключается в том, что к восстанавливаемой детали 1 (рис. 11.23), которая вращается в патроне или в центрах токарного станка, и к электроду в виде вибрирующей проволоки 3 подводится напряжение от источника постоянного тока (сварочного генератора). При соприкосновении с деталью вибрирующая проволока плавится и покрывает поверхность наплавленным слоем. Протекает процесс весьма сходно с другой электросваркой.

Питание установки осуществляется постоянным током обратной полярности (плюс - на электроде). Напряжение устанавливается в пределах 14-24 В. Потребляемый ток зависит от диаметра проволоки электрода, скорости ее подачи и равен 120-300 А.

Электромагнитный вибратор и электродвигатель механизма подачи проволоки питаются от источника переменного тока. Вместо электромагнитного вибратора применяют также механические вибраторы с эксцентриковым или кривошипно-шатунным механизмом, создающие около 300 колебаний в минуту.

Вибродуговым способом можно наплавлять внутренние и наружные поверхности стальных деталей, а также шлицевых и шпоночных пазов.

В качестве электрода применяют стальную проволоку различных марок диаметром от 0,5 до 2 мм. Подбором подачи электродной проволоки к детали и вдоль ее поверхности, а также скорости вращения детали достигается образование сплошного слоя из приварившихся частиц. Минимальный диаметр наплавляемой детали при соответствующем подборе режимов наплавки составляет 8-10 мм.

Перед наплавкой детали очищают от масла и грязи, а места,

не подлежащие наплавке (отверстия, пазы, каналы), защищают графитовыми или угольными вставками. При многослойной наплавке поверхность каждого слоя предварительно очищают стальной щеткой.

Толщина h, мм, наплавленного за один ход слоя зависит от скорости наплавки, т. е. окружной скорости вращения детали v, м/мин, от диаметра и скорости подачи электродной проволоки и других параметров. Скорость наплавки v может изменяться в пределах 0,3-6 м/мин, а толщина h наплавляемого за один ход слоя металла - от 2 до 0,3 мм. Зависимость между h и v при. диаметре электродной проволоки d = 1,5 - 2 мм можно выразить следующей эмпирической формулой:

$$h = 2 - 0{,}85/v - 0{,}3, \qquad (215)$$

где v = nDn/l000. Частота вращения шпинделя станка п, об/мин, в зависимости от диаметра D, мм, наплавляемой детали

$$n = [450(2 - h)^2 + 110]/D. \qquad (216)$$

Основной частью установки для вибродуговой наплавки является автоматическая головка, которую монтируют на суппорте токарного или другого станка с продольной подачей, позволяющего устанавливать деталь в патрон или центры для вращения в процессе наплавки. Продольную подачу головки при диаметре проволоки 1,5-2 мм устанавливают в пределах 0,4-3 мм/об в зависимости от скорости наплавки.

Наплавка происходит в струе охлаждающего 3-4 %-ного водного раствора кальцинированной соды. Производительность насоса для подачи раствора 6-12 л/мин. В зависимости от конфигурации изделия, требуемой толщины наплавки, диаметра проволоки и скорости вращения шпинделя скорость подачи проволоки v_n = 0,3 - 2 м/мин.

Вибродуговым способом можно наплавлять внутренние и наружные поверхности стальных деталей, а также шлицевых и шпоночных пазов.

Достигнутый уровень технологии вибродуговой наплавки позволяет использовать ее не только для восстановления изношенных деталей, но и в качестве технологического процесса при изготовлении новых деталей горно-шахтного оборудования.

13.5. Восстановление деталей наплавкой твердыми сплавами

Твердые сплавы. Наплавку твердыми сплавами в горной промышленности применяют для восстановления изношенных деталей, например, зубьев звездочек, брусьев баров, рабочих поверхностей утюгов, направляющих для утюгов и других деталей горных комбайнов и врубовых машин.

Износостойкость наплавленных деталей обычно увеличивается в 2-3 раза, а иногда в 6-8 раз и даже более по сравнению с износостойкостью деталей из обычной углеродистой стали.

Покрытие детали твердыми сплавами во многих случаях исключает необходимость применения легированных сталей для

изготовления деталей. Технико-экономическая эффективность применения наплавки твердыми сплавами зависит от соответствующего подбора деталей для покрытия, условий эксплуатации, а также (в значительной етепени) от подготовки детали под покрытие и режима наплавки.

Твердые сплавы для износостойких покрытий обычно разделяют на несколько групп.

Порошковые сплавы вокар и сталинит представляют собой черную или сероватую сыпучую массы с зернами величиной 0,5-2,5 мм, состоящую из механической смеси нескольких металлов - вольфрама, хрома и других - с углеродом. Наплавленный из этих сплавов слой является твердым раствором карбидов соответсвующих металлов и железа.

Порошкообразный твердый сплав вокар используется для наплавки деталей, которые могут работать без последующей механической обработки и допускают по условиям работы наличие пор, раковин и трещин.

При наплавке сталинитом также возникают некоторое количество пор и раковин, а в иных случаях и сетки волосяных трещин,, Вследствие малой стоимости, несложности процесса наплавки и высокой стойкости наплавленных деталей сталинит широко применяется - им наплавляют детали, непосредственно соприкасающиеся с полезным ископаемым или породой и не требующие точной обработки шлифованием (зубки врубовых машин, комбайнов и экскаваторов, щеки дробилок, козырьки ковшей, черпаков и т. п.). Твердость наплавленно сталинитом слоя повышается в результате отжига при 800-900° С в закрытой печи.

Металлокерамические сплавы изготовляются прессованием смесей порошков с последующим спеканием и представляют собой кабрйды тугоплавких металлов (вольфрама, титана и др.), связанные кобальтом или никелем.

Карбидов в составе сплавов 82-94 %. Поскольку карбиды имеют высокую твердость (по десятибалльной шкале Мооса 8-10), то и сплавы обладают весьма большой твердостью. В зависимости от назначения изделиям из металлокерамических сплавов придают определенную форму - пластинок для зубков врубовых машин и комбайнов, пластинок для буров, резцов металлорежущих станков и т. п.

Сплавы, в состав которых входит карбид одного какого-либо тугоплавкого металла, называют однокарбидными. Из них применяют вольфрамо-кобальтовые сплавы ВКб, ВК8 и ВК12. Цифра здесь показывает процентное содержание кобальта в сплаве.

В состав двухкарбидных сплавов входят кроме карбидов вольфрама карбиды титана. Двухкарбидные сплавы обладают меньшим коэффициентом трения по металлам, поэтому они более пригодны для обработки сталей. Из двухкарбидных сплавов для оснащения резцов и зубков применяют титано-вольфрамо-кобальтовые Т5К10, Т15К6 и Т30К4.

Литые твердые сплавы изготовляют плавкой в индукционных высокочастотных печах тигельного типа и представляют собой прутки диаметром 3-8 мм или пластины, полученные литьем в земляные формы или кокили. В состав этих сплавов входят кобальт, хром, вольфрам, углерод и в небольшом количестве марганец,

кремний и железо. Сплавы имеют различную твердость (в зависимости от количества карбидов), высокие сопротивления изнашиванию и вязкость, хорошую химическую стойкость.

В настоящее время выпускают литой сплав ВКЗ на вольфрамокобальтовой основе. На ряду с этим сплавом выпускают фромоникелевые сплавы сормайт № 1 и 2, в которых нет вольфрама, а кобальт заменен железом.

Сплавы ВКЗ и сормайт № 1 успешно применяют для наплавки деталей, работающих в различных условиях. Детали, наплавленные этими сплавами, после механической обработки имеют чистую поверхность, без пор и раковин. Эти сплавы не поддаются отжигу и закалке, поэтому ими можно наплавлять детали, работающие при высокой (до 900° С) температуре, так как резкого понижения твердости и износостойкости при этом не происходит. Сплав сормайт № 2 по сравнению со сплавом сормайт № 1 более вязок, вследствие чего его применяют для наплавки деталей, работающих с повышенной нагрузкой, толчками и ударами.

Твердый сплав сормайт № 1 при наплавочных работах можно с успехом заменить белым чугуном. Практика показывает, что износостойкость зубчатых колес, наплавленных белым чугуном, не ниже, чем наплавленных сормайтом № 1, сварочные свойства белого чугуна даже выше, чем сормайта № 1. Белый чугун легко растекается по наплавленной поверхности. Црутки из белого чугуна могут быть изготовлены двумя способами: обычным литьем белого чугуна в металлические кокили (диаметр прутка 6-8 мм, длина 350-400 мм) и оттяжкой куска белого чугуна в пруток при помощи ацетилено-кислородной сварочной горелки.

Электроды для износостойкого покрытия представляют собой обычные стандартные металлические электроды, покрытые специальной обмазкой из феррохрома, ферромарганца или сталинита. **В** процессе наплавки компоненты обмазки вступают во взаимодействие между собой, а также с железом электрода и основного металла. **В** результате на рабочей поверхности получается наплавленный слой высокой твердости и повышенной износостойкости. Электроды с обмазкой из феррохрома или ферромарганца, а также с обмазкой из сталинита используют, главным образом, для восстановления деталей с последующей наплавкой их сталинитом. **В** некоторых случаях такие электроды применяют для наплавки рабочих поверхностей, чтобы повысить износостойкость деталей, работающих в тяжелых условиях механического изнашивания.

Сюда можно отнести и так называемые *трубчатые сплавы* ТЗ, представляющие собой тонкую железную или никелевую трубку диаметром 3-5 мм, наполненную каким-либо твердым сплавом. Пользуясь такой трубкой как электродом, наплавляют изделие.

Способы наплавки твердыми сплавами. Наплавку порошкообразными сплавами осуществляют электрической дугой преимущественно с угольным электродом постоянным или переменным током, но с применением осциллятора (рис. 11.24). Без него применение переменного тока для наплавки затруднительно.

Для литых и металлокерамических сплавов наилучшие результаты получаются при наплавке токами высокой частоты или газовым способом. Стержневые сплавы наплавляют электродуговым

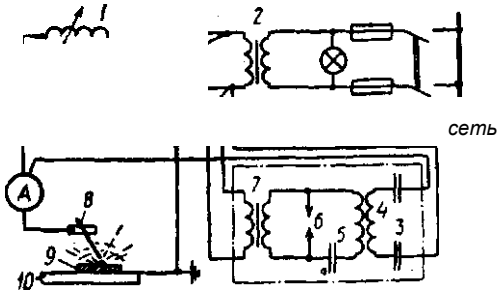


Рис. 11.24. Схема установки для наплавки порошкообразными твердыми сплавами:
1 - регулятор; 2 - сварочный трансформатор; 3 - конденсатор защитный; 4 - катушка самоиндукции; 5 - конденсатор колебательного контура; 6 - разрядник; 7 - трансформатор осциллятора; 8 - электрод; 9 - наплавляемая деталь; 10 - стол

или газовым способами. При наплавке сильно изношенных деталей, а также чугуна применяют комбинированный способ, при котором сначала газовым или электродуговым способом восстанавливают размеры детали, после чего сверху угольным электродом наплавляют слой сталинита для придания наплавке максимальной твердости.

Наплавка подоиі-ковой проволокой. Порошковая проволока представляет собой стальную ленту, свернутую в трубку и наполненную шихтой из различных легирующих элементов. Ее изготавливают из ленты толщиной 0,5-0,8 мм и шириной 14-15 мм методом волочения. Для наплавки плоских поверхностей и поверхностей вращения большого диаметра можно применять порошковые ленты шириной 20-100 мм. Порошковую проволоку изготовляют диаметром 1,6; 2,0; 2,5; 3,0 мм и маркируют буквами ПП, с указанием стали и сплава, для наплавки которого она предназначена. Шихта проволоки плавится быстрее оболочки, в результате на конце проволоки образуется чехольчик из оболочки. Это способствует лучшему переходу легирующих элементов в наплавленный слой металла.

Наплавку порошковой проволокой часто выполняют на автоматах под слоем флюса при сидле постоянного тока 180-300 А и напряжении дуги 22-28 В со скоростью наплавки до 40 м/ч. Для питания постоянным током применяют преобразователи ПСГ-500, выпрямители ВС-600 и др. Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла составляет 1,2-1,5 кг. Марки применяемых проволок ПП-3Х2В8; ПП-АН120 и др.

13.6. Ремонт деталей металлизацией напылением

Металлизацию напылением осуществляют газовым или электрическим аппаратом-металлизатором, при помощи которого металл расплавляется и в виде мельчайших частиц подается струей сжатого воздуха на специально подготовленную поверхность изделия. Этим .способом можно наносить сравнительно прочный слой почти любого металла на изделия из черных и цветных металлов, а также на дерево, пластмассы и другие материалы. Покрытие наносится толщиной 0,3-10 мм (иногда и большей) в зависимости от назначения.

Преимущество металлизации напылением состоит в возможности наносить покрытие, не вызывая перегрева изделия, что выгодно отличает металлизацию напылением от сварки (наплавки).

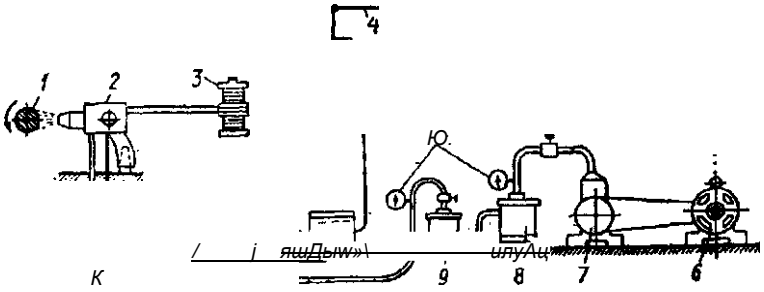


Рис. 11.25. Схема проволочной мателлизационной установки:
1 - деталь; 2 - электрометаллизатор; 3 - катушка с проволокой; 4 - электросеть; 5 - щиток; 6 - электродвигатель; 7 - компрессор; 8 - воздухосборник; 9 - масловлагоотделитель; 10 - манометры; 11 - трансформатор; 12 - шланг для сжатого воздуха; 13 - провода

Металлизацию напылением применяют в следующих случаях: 1) восстанавливая изношенные детали машин преимущественно цилиндрической формы (например, шипы и шейки различных валов, шпиндели, штоки, втулки, подшипники скольжения и пр.); 2) исправляя литейные дефекты (например, раковины и трещины, пористости и течи); 3) восполняя недостающую массу для балансировки; 4) защищая от коррозии; 5) повышая жаростойкость стали металлизацией алюминием (алитированием); 6) улучшая теплопроводность и электропроводность; 7) для защитно-декоративных покрытий.

Применение покрытий металлизацией особенно эффективно для деталей крупных размеров. В этом случае стоимость металлизации составляет 2-10 % стоимости детали.

Основные свойства напыленных покрытий. Металлизированный слой имеет неоднородную структуру и состоит из нагромождения отдельных частиц неправильной формы, размер которых колеблется от 1 до 2 мкм в зависимости от условий распыления. Структура слоя резко отличается от структуры основного металла: она пористая, имеет значительное количество оксидов и шлаковых включений, характеризуется слабой прочностью сцепления напыленного слоя с основным металлом и частиц между собой (согшотивление на разрыв для сталей в среднем составляет 10-12 МПа). Однако при совместной работе с основным металлизированный слой хорошо противостоит всем видам статических нагрузок. Отславливание и разрушение слоя происходят лишь тогда, когда деформация основного металла выходит за предел упругости, но такие нагрузки вообще не допускаются в деталях машин.

Напыленные покрытия хорошо работают на сжатие. Временное сопротивление сжатию для напыленной стали равно 800-1200 МПа, что превосходит прочность обычного чугуна.

Твердость металлизированного слоя обычно выше твердости исходного металла. Прирост твердости колеблется в широких пределах и у стальных покрытий составляет около 30-40 %.

Износостойкость наплавленных покрытий при сухом трении в. 2-3 раза меньше, чем износостойкость обычных металлов. При

работе в условиях смазки металлизированные покрытия имеют более низкий коэффициент трения и большую износостойкость, чем обычные металлы. Этому способствует значительная пористость напыленного слоя, обладающего способностью впитывать масло в количестве 9 % своего объема.

Для напыления металла на изделия обычно применяют специальные проволочные металлизационные установки (рис. П.25) - газовые или электрические. Были попытки применять аппараты, у которых исходным материалом для распыления служит расплавленный металл или порошок, однако эти аппараты вследствие серьезных недостатков не могут конкурировать с проволочными металлизаторами.

Подготовка металлизируемой поверхности. Поверхность детали должна быть тщательно подготовлена к покрытию: 1) очищена от масла, пленки оксидов и других загрязнений; 2) механически обработана для получения требуемой формы детали и необходимой толщины наращиваемого слоя (не менее 0,5 мм на сторону после окончательной обработки); 3) получена наибольшая возможная шероховатость; 4) соседние участки детали, не подлежащие металлизации, защищены накладками из жести, картона или бумаги.

Необходимая шероховатость поверхности достигается механической, пескоструйной или электрической обработкой. Механическая обработка для цилиндрических деталей заключается в нарезании рваной резьбы с шагом 0,8-1,2 мм. Шероховатость, созданная нарезанием рваной резьбы, дает наиболее высокую прочность сцепления. Пескоструйную обработку применяют для плоских деталей.

Проволока для металлизации напылением обычно применяется стальная, медная, латунная, бронзовая, алюминиевая и другая диаметром 1-2 мм. Она должна быть гладкой, чистой и мягкой. Жесткую стальную проволоку обязательно отжигают при 800-850°С с последующим медленным охлаждением вместе с печью. Для смягчения жесткости проволоки из меди и ее сплавов требуются нагрев до 550-600°С и быстрое погружение в воду. При получении антифрикционных покрытий металлизацией используют биметаллическую свинцово-алюминиевую проволоку с массовым соотношением этих металлов 1 : 1.

Нанесения покрытия. *Металлизация тел вращения* осуществляется на токарном станке, оборудованном вытяжным устройством для отсасывания образующейся металлической пыли.

Скорость вращения детали в среднем составляет 10-15 м/мин., скорость подачи аппарата - 200-400 мм/мин. При этом нужно следить, чтобы обрабатываемая деталь не нагревалась выше 80°С. Меньшую скорость подачи обычно принимают для деталей большего диаметра (1,2-2,5 мм/об). Температуру напыленного слоя периодически контролируют, опробуя деталь рукой. Если рука не терпит приокосновение к детали, металлизацию необходимо прервать и возобновить лишь после охлаждения детали.

Толщина покрытия наружных поверхностей тел вращения может быть любой без ухудшения прочности сцепления. Предельной толщиной покрытий внутренних стенок цилиндра и втулок считается 2,5-3,0 мм. При большей толщине повышается опасность

отславливания под действием внутренних напряжений* возникающих в покрытии.

Нанесение покрытий на детали, которые нельзя установить на токарный станок, обычно производится вручную в кабине, оборудованной установкой для отсасывания образующейся пыли,

Необходимое основное время Т, ч, на металлизацию цилиндрических деталей

$$T = lO\hat{}nDlhy/qk,$$

где D - диаметр детали, подлежащей металлизации, мм; 1 - длина металлизируемой детали плюс перебег аппарата, мм; h - толщина покрытия, мм; у - плотность металлизируемого покрытия, гр/см^3; q- производительность аппарата, кг/ч; к - 0,5 - 0,8 - коэффициент полезного использования проволоки с учетом потерь металла при распылении.

Обработка поверхности после металлизации. После нанесения покрытия детали можно обрабатывать как обычные металлы, но осторожно. Обрубку покрытия зубилом следует вести от середины к краям, снимая, по возможности, тонкую стружку и не нанося сильных ударов. Обрабатывать металлизированные поверхности только шлифованием не рекомендуется из-за быстрого засаливания камней, замедляющего шлифование. Поэтому покрытия, по твердости допускающие токарную обработку, выгоднее сначала точить, а затем шлифовать.

13.7. Восстановление деталей электролитическим покрытием

Основные принципы электролиза. Электролитическое наращивание металлов основано на законах электролиза, т. е. прохождения постоянного тока через электролиты. Процесс связан с передвижением электрически заряженных частиц - ионов. Ток поступает в электролит через проводники, называемые электродами. Под действием электрического тока, проходящего через электролит, положительно заряженные ионы, называемые *катионами (* металлы, водород), движутся к катоду, а отрицательно заряженные ионы - анионы (например, кислотный остаток $S0_4$, водный остаток ОН) - движутся к аноду.

В процессе электролиза ионы металла на катоде разряжаются - теряют свой электрический заряд и осаждаются в виде нейтральных атомов. Электролитом служит раствор солей металла, который наращивается на изношенную деталь. Катодом является деталь, а анодом в большинстве случаев - пластины из металла, подлежащего осаждению. Металл анода, а его атомы образуют все новые ионы металла, переходящие в раствор взамен выделенных на катоде. Вместо растворимых анодов (медь, железо, никель и др.) применяют и нерастворимые (свинец, уголь), например при хромировании. В этом случае раствор соли по мере протекания процесса непрерывно обедняется и его необходимо периодически обогощать.

Электролиз металла подчиняется следующим законам Фарадея:

1) количество металла, осажденного на катоде, прямо

пропорционально количеству электричества (току, умноженному на время), протекающего через электролит;

2) количество вещества, осажденного при прохождении тока через электролит, прямо пропорционально его эквивалентной массе. Электрохимическим эквивалентом называется количество металла в граммах, которое осаждается в течении одного часа при протекании тока в 1 А.

Оба закона Фарадея выражаются формулой

$$G = cIT,$$

где G - теоретическая масса осажденного металла, кг; с - электрохимический эквивалент, кг/Ач; I - ток, А; Т - продолжительность электролиза, ч.

Обычно электролитические растворы металлов не чистые, а с примесью токопроводящих солеи и кислот. Поэтому действительная масса осадка меньше теоретической. Отношение фактической массы осадка к теоретической называется *выходом по току* г|(КЦЩ ванны). Выход по току при хромировании составляет 0,12-0,18, а при других электролитических процессах - 0,60-0,90.

Таким образом, действительная масса осажденного металла

$$G = c Щ,$$

Если принять осадок равномерным по толщине на всей наращиваемой поверхности, то приблизительно толщина h, м, осажденного слоя металла

$$h = G/Fy = cITri/Fy, \qquad (217)$$

где F - площадь покрываемой поверхности детали, м^2; у - плотность осажденного металла; кг/м^3. Известно, что катодная плотность тока, А/м^2, $D_К = I/F$, следовательно,

$$h = cD_КTti/y, \qquad (218)$$

или

$$T = Yh/cD_КTv \qquad (219)$$

Осадки хорошего качества получаются только при определенном соотношении двух основных факторов - температуры раствора и катодной плотности тока, свойственных данному электролитическому процессу и избранному рецепту электролита.

В настоящее время применяют следующие электролитические способы покрытия поверхностей - хромирование, осталивание (железнение), омеднение, никелерование, кадмирование, оцинкование, лужение, алитирование, свинцевание. Большинство упомянутых способов применяются для антикоррозионных и декоративных покрытий. Для восстановления и повышения износостойкости деталей используются, главным образом, хромирование и осталивание. В горной промышленности многие детали поступают в ремонт при износе посадочных мест, измеряемом всего лишь десятыми долями миллиметра. Такие детали целесообразно восстанавливать электролитическим хромированием и осталиванием.

Покрытие гладким хромом. Поверхности, покрытые хромом, обладают" высоким сопротивлением механическому изнашиванию, высокой химической стойкостью, не ржавеют и нечувствительны к нагреву до 400°С. Хромирование повышает срок службы деталей примерно в 5 раз, применяется для защитно-декоративного покрытия, повышения износостойкости, восстановления изношенных деталей до нормальных размеров и т. д. В связи с возможностью наращивать толстые (до 0,5 мм) слои хрома этот способ успешно используют для ремонта изношенных деталей машин и исправления брака. Иногда детали подвергают хромированию перед их закалкой. Покрытые хромом детали выходят из печи без окалины, поэтому пескоструйной очистке не подвергаются.

Недостатки хромирования следующие: 1) длительность процесса и сложность подготовительных операций; 2) возможность восстанавливать детали с относительно небольшим износом, так как толстые осадки хрома (свыше 0,3-0,4 мм) менее износостойки и более дороги; 3) низкий (12-18 %) КПД хромовых ванн; 4} значительное снижение выносливости покрытых хромом деталей усталостным разрушениям и относительно высокая стоимость хромирования.

Хромирование электролизом выполняют при напряжениях 6-12 В и плотности тока не менее 2 х 10^3 А/м. Продолжительность электролитического хромирования зависит от потребной толщины слоя хрома (обычно десятые доли миллиметра). За 1 ч оседает слой хрома толщиной 0,01-0,07 мм. Детали из черных и цветных металлов, покрытые слоем хрома даже в 0,02-0,04 мм, обладают хорошей химической стойкостью, сопротивляемостью истиранию и имеют красивый внешний вид.

Подготовка деталей к хромированию. Поверхность, подлежащая хромированию, должна быть гладкой, обезжиренной и свободной от оксидов. Необходимая шероховатость поверхностей достигается соответсвующей обработкой (шлифовка, полировка, промывка в бензине). Части деталей, не требующие покрытия хромом, изолируют целлулоидным лаком, отверстия в деталях закрывают свинцовыми пробками. Обезжиривать Детали лучше электролитическим способом. Для этого раму с деталями помещают в ванну с электролитом состава: 100 г NaOH, 2-3 г $Na_2 Si0_3$ (жидкое стекло), 1 л воды. Анодом служит железная пластина, а катодом - рама с деталями. Процесс длится 5-6 мин при плотности тока (5-^-7) 10^2 А/м^2, напряжении 5-6 В и температуре 65-70"С. После этого дётали промывают в горячей воде, затем для удаления тонкой пленки оксидов - в течение 3-5 мин в 10 %-ном растворе серной кислоты и снова в горячей воде.

Вместо травления в растворе серной кислоты применяют анодное декапирование в хромовой ванне. Для этого деталь подвешивают в качестве анода и выдерживают в течение 5-8 мин для выравнивания температур детали и электролита. Затем включают ток и деталь выдерживают 30-60 с при плотности тока (2-3) 10^2 А/м^2. После декапирования деталь промывают в холодной проточной воде. При хромировании ответственных деталей рекомендуется после декапирования протереть их кашицей из извести, чтобы обеспечить лучшее приставание хрома к основному металлу.

Ванна и электролит. Ванну изготовляют из листового железа

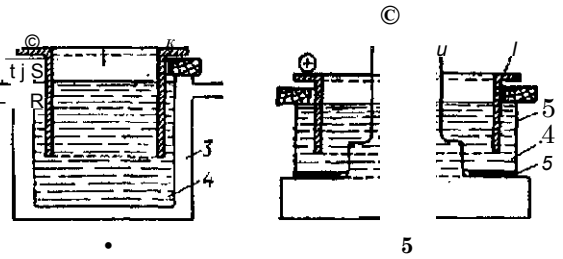


Рис. 11.26. Хромирование больших деталей в ванне: а - передвижной; б - целлулоидной; 1 - деталь (катод); 2 - анод; 3 - ванна с двойными стенками; 4 — электролит; 5 - целлулоидный клей; 6 - ванна

толщиной 4-5 мм обычно с двойными стенками для обогрева горячей водой. Внутри ванну выкладывают сплавом свинца, который содержит 5-6 % сурьмы, либо облицовывают кислотостойкими плитками, либо покрывают полихлорвиниловым лаком. Емкость ванны устанавливают в зависимости от размеров, формы и количества одновременно загружаемых деталей, которые должны находится на 80-100 мм выше дна и на 40-50 мм ниже верхнего уровня электролита. Растояние между анодами й катодами должно быть 100-155 мм.

Для хромирования больших деталей применяют передвижные ванны (рис. 11.26, *а)* и ванны из листового целлулоида толщиной 3-4 мм, которые устанавливают непостердственно на детали (рис. 11.26, б), либо безванное хромирование с использованием полости самой детали (например, стенок цилиндра). Для крупных деталей применяют также хромирование в струе электролита, непрерывно вращающегося из пустотелого свинцового наконечника, являющегося анодом (струйное хромирование).

В качестве электролита для наращивания слоя хрома на деталях, подвергающихся интенсивному изнашиванию, применяют следующий: 250 г хромового оксида (IV)$Cr0_3$; 2,5 г серной кислоты H_2S0_4; 1 л воды. Плотность тока составляет (2,5-ь8)10^2 А/м^2, температура электролита 45-50°С. Для наращивания в ускоренном режиме толстых слоев хрома (0,2-0,3 мм) используют электролит следующего состава: 150-200 г $Cr0_3$; 1,5-2 г H_2S0_4; 1 л воды. Плотность тока берут (4^-6)10^3 А/м^2 при температуре электролита 55-65°С и (6ч-7)10^3 А/м^2 при температуре 60-70°С.

Подготовленные к хромированию детали закрепляют на рамках и на весу опускают в ванну; они являются катодами. Анодом служит сплав свинца с 6 % -ным содержанием сурьмы (этот сплав не растворяется в электролите). Применять растворимые хромовые аноды невыгодно, так как из них в электролит переходит больше хрома, чем осаЯсдается на деталях. Поэтому используют нерастворимые аноды, а в электролит периодически добавляют оксид хрома (VI). Наивыгоднейшее соотношение площадей анода и катода 3;1 - 2,5:1.

Для хромирования большинства деталей применяют аноды в форме платсин (рис. 11.27). Хромирование круглых деталей при двух анодах (рис. 11.27, *а)* не дает равномерного покрытия. Большая равномерность достигается при расположении плоских анодов на

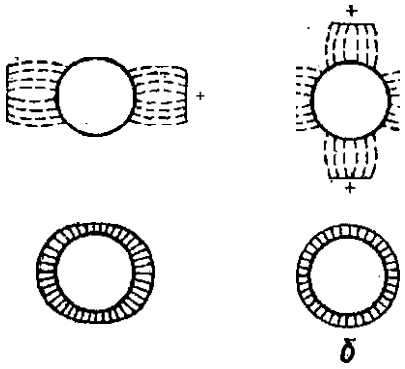


Рис. 11.27. Схема прохождения силовых линий в электролите: а - при двух анодах; 6 - при четырех анодах

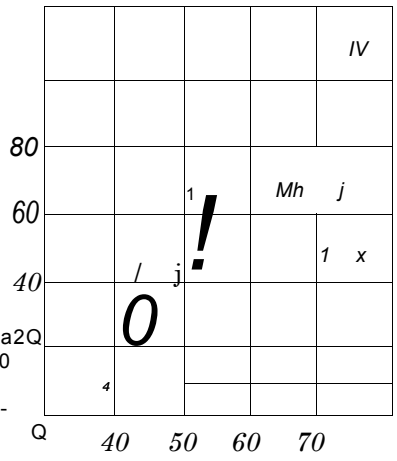


Рис. 11.28. Влияние режима работы ванны на вид осадка хрома (состав электролита: 250 г/л CrO_3 и 2,5 г/л H_2SO_4): I - серые осадки; II, IV - переходные; III - блестящие; V - молочные; VI - осадка нет

равных расстояниях от четырех сторон катода (рис. 11.27, б). Для получения равномерного слоя хрома на фасонных частях деталей применяют фасонные аноды.

Источником тока при хромировании могут служить специальные низковольтные двухполюсные генераторы постоянного тока 500-5000 А напряжением 6/12 В или выпрямители.

Время хромирования

$$T = 10^{-3} \gamma h / c D \eta, \qquad (220)$$

где γ - плотность хрома, равная 6,7 10^3 кг/м^3; h - толщина покрытия, мм; c = 0,324 10^{-3} кг/Ач - теоретический выход хрома за 1 Ач; D - плотность тока, А/м; η - КПД, равный 0,12-0,18.

Во время хромирования выделяются газы (водород - на аноде, кислород - на катоде), уносящие с собой электролит в виде тумана, очень вредного для здоровья. Поэтому *в хромировочных мастерских необходимая специальная вентиляция, отсасывающая газы непостердственно с поверхности ванны.*

При хромировании в зависимости от условий электролиза можно получить три вида осадков - блестящие, молочные и серые. Блестящие осадки отличаются высокой твердостью и хрупкостью и имеют на своей поверхности мелкую сетку трещин, видимую под микроскопом. Молочные осадки, самые мягкие и вязкие, трещин не имеют и обладают высокой износостойкостью. Серые осадки, являющиеся признаком брака, имеют повышенную твердость и хрупкокть и пониженную износостойкость.

На рис. II 28 показано влияние температуры ванны и плотности тока на вид осадка хрома в сернокислых электролитах средней концентрации, наиболее часто применяемых в горной

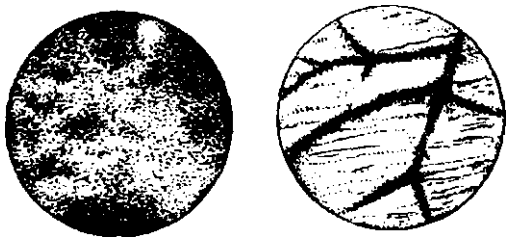


Рис. 11.29. Поверхности пористого хрома:
а - точечная; б - канальчатая

промышленности. Блестящие осадки получаются при средних значениях температур и плотностей тока, молочные - при малых плотностях тока и высоких температурах ванны.

В соответсвии с условиями работы деталей стремятся получить осадок того или иного вида. Так, для деталей неподвижных соединений (посадки подшипников качения на Валах и пр.) получают оба вида осадков. Для деталей, работающих на изнашивание при небольших давлениях (до 0,5 МПа), рекомендуются блестящие осадки, а для работающих при больших давлениях и знакопеременной нагрузке - молочные.

При неудовлетворительном качестве покрытия удалить хром можно электролитическим путем, поместив деталь на аноде в ванну с электролитом из 10-15 %-ного раствора едкого натра. Катодом служит железная пластина. Температура раствора 40-50"С, плотность тока (0,5-1)10^3 А/м^2, продолжительность выдержки - 15-30 мин.

Пористое хромирование. От покрытий гладким хромом пористое хромирование отличается наличием в нанесенном слое пор и каналов, которые хорошо удерживают масляную пленку, предохраняя этим детали от полусухого и сухого трения и значительно повышая срок их службы. Поверхность пористого хромового покрытия может быть точечной или канальчатой. Точечный слой хрома (рис. П.29, *а)* получается в результате анодного травления матовых и матово-блестящих осадков гладкого хрома. Применяется он преимущественно для восстановления деталей, требующих быстрой приработки (поршневые кольца и др.). Канальчатый пористый хром (рис. 11.29, б) получается травлением молочных и молочно-блестящих осадков и имеет вид довольно редкой сетки нешироких и неглубоких трещин, которые просматриваются невооруженным глазом. Канальчатый хром применяется для восстановления деталей, работающих на изнашивание в условиях затрудненной смазки.

Процесс получения цористого хрома заключается в следующем. Подготовленную ранее описанным способом деталь покрывают гладким слоем хрома толщиной около 0,15 мм. Затем деталь подвергают анодному травлению в ванне того же состава при температуре *50~60°С* током обратной полярности плотностью (3,5:6,0) 10^3 А/м^2. В слое развивается сетка точек и каналов, несколько уменьшается толщина осадка. Чем дольше длиться травление, тем глубже и шире становятся каналы. После травления в течение 5-10 мин детали подвергают соответствующей механической обработке.

Применять пористое хромирование особенно целесообразно при восстановлении деталей, работающих в условиях

полужидкостного и полусухого трения. Поскольку хром по хрому работает плохо, т. е. с большим износом обеих деталей, то рекомедуется хромировать только одну из воединенных деталей.

Осталивание (железнение). Электролитическое осаждение железа из водных растворов его солей впервые было осуществлено в 1866 г. русскими академиками Б. С. Якоби и Е. И. Клейном. Электролитически осажденное железо имеет более высокие твердость и прочность, чем химически чистое железо, и по своим свойствам приближается к свойствам незакаленной среднеуглеродистой стали, почему процесс и получил название осталивание. Железо можно осаждать из хлористых, сернокислых и борфтористоводородных электролитов. Наиболее производительны и экономичны хлористые электролиты.

Преимущества осталивания перед хромированием заключаются в следующем: выход по току при осталивании - 0,8-0,9, плотность тока (1 - 2) 10^3 А/м^2, толщина осадка за один час при применяемой плотности тока 0,013-0,26 мм. Эти положительные свойства процесса, наряду с возможностью получать осадки толщиной до 3 мм, временным сопротивлением разрыву до 600-700 МПа и стоимостью, в несколько раз меньшей стоимости хромирования, дают основание считать осталивание перспективным способом восстановления деталей горно-шахтных машин. Недостатки процесса - трудность подбора материала ванны, необходимость систематически корректировать электролит и часто его фильтровать, а также низкая твердость покрытия без применения специального электролита или последующих цементации либо хромирования.

Подготовка деталей к покрытию ограничивается обработкой резцом или шлифованием. При полировании сцепляемость осадка с основным металлом ухудшается. Электролит применяется следующего состава: 200-350 г/л хлорида железа (II) $FeCI_2$ $4H_20$; 100-150 г/л хлорида натрия NaCI; 1,5-2,5 г/л соляной кислоты PCI. Плотность тока (1-1,5) 10^3 А/м^2, температура электролита 75-90°С. Зависимость между концентрацией хлорида железа и плотностью тока выражается следующей эмпирической формулой:

$$D_K = 4k, \qquad (221)$$

где D_K - плотность тока, А/м^2; - концентрация хлорида железа, г/л.

Зависимость между концентрацией хлорида железа и кислотностью N электролита выражается формулой

$$N = 0{,}006k \pm 0{,}3. \qquad (222)$$

Подбирают состав электролита следующим образом: приняв определенную концентрацию хлорида железа (от 200 до 350 г/л), по формуле (221) определяют максимально допустимую плотность тока на катоде, а по формуле (222) - минимально допустимую кислотность электролита.

Поскольку электролит сильно разъедает сталь, внутреннюю поверхность ванны облицовывают кислотоупорной эмалью или диабазовыми плитками на кислотоупорном цементе. Ванна (рис. П. 30) имеет кожух ***2,*** образующий рубашку, в которую заливается трансформаторное масло для подогрева электролита. Изготовляют

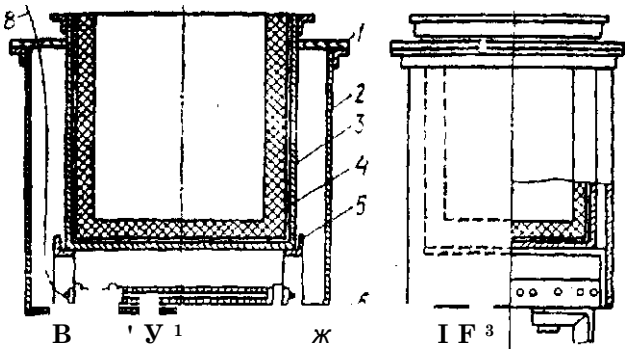


Рис. 11.30. ВанНа для остаЛйЬания:
1 - деревянная крышка; 2 - кожух маслянной рубашки; 3 - железная ванна; 4 ' диабазовая облицовка; 5 - подставка (угольник); 6 - спускной штуцер; 7 - электронагреватель масла; 8 - электрокабёль

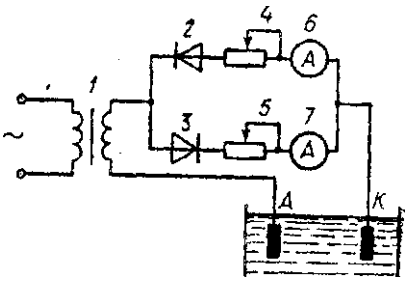
ванну из листовой стали, кислотоупорного чугуна или пластмассы фаолит, содержащей фенолформальдегидную смолу, кислотоупорный асбест, песок и графит. В ванну, наполненную электролитом, помещают катод (восстанавливаемой детали) и анод в виде пластины из малоуглеродистой стали. Каждый час в ванну емкостью 1000 л добавляют 1 л соляной кислоты плотностью 1,14 г/см^3 для корректировки кислотности.

Для устранения хрупкости, повышения твердости и прочности покрытия детали после железнения рекомендуется подвергать низкому отпуску при 300-350°С с выдержкой в течение 30 мин и постепенным охлаждением на воздухе.

Наряду с осаждением железа применяют электролитические легированные покрытия, обладающие повышенной износостойкостью и коррозионной стойкостью. Для получения легированных Покрытий в электролит вводят добавки: 16 г/л хлорида никеля $NiCl_2$ $6H_20$ и 12 г/л хлорида кобальта $CoCl_2$ $6H_20$ или других компонентов в различных концентрациях. Изменяя состав электролита, температуру и плотность тока, можно регулировать механические свойства получаемого покрытия.

Осталивание на асимметричном переменном токе. В настоящее время широко применяется способ электролитического осталивания с применением асимметричного переменного тока промышленной частоты при пониженной (18-25°С) температуре электролита. В этом способе не нужно подогревать электролит, упрощается конструкция установки и снижается ее стоимость.

На рис. IL31 показана схема установки для электролиза асимметричным переменным током, предложенная А. А. Энштейном и Р. С. Пиявским. Один конец вторичной обмотки трансформатора подключен непосредственно к аноду, другой - к противоположно направленным параллельно подключенным однополупериодным выпрямителям (например, ВК-200). К обоим выпрямителям последовательно подключены реостаты, при помощи которых можно изменять силу тока, протекающего через каждый выпрямитель раздельно. Регулируя силу тока одного и другого $1_д$ направления, устанавливают катодно-анодное отношение (3, т. е. асимметрию тока, соответствующую заданному режиму электролиза:



»Рис. 11.31. Схема установки для электролиза ассиметричным переменным током:

N1 - однофазный трансформатор; 2, 3 - однополупериодные выпрямителй; 4,5 - реостаты; б - амперметр для измерения I; 7 - амперметр для измерения I; А - анод; К - катод (восстанавливаемая деталь)

$$P - 1_К / 1_Д 1$$

где L, L - ток соответственно в катодный и анодный полупериоды, А.

При электролизе асимметричным переменным током величина [3 оказывает решающее влияние на механические свойства осадков электролитического железа. Так, осадки, полученные при |3 = 2, имеют гладкую матовую поверхность, что указывает на их крупнокристаллическую структуру, при р = 4 получается полублестящая поверхность, а при (3 = 6 и выше - блестящая. Наибольшая износостойкость соответствует Р = 8. Начиная с р > 8 износостойкость уменьшается, что, по-видимому, связанно с повышенным содержанием в осадке гидроксида железа. Следовательно, регулируя режим электролиза, можно изменять в желательную сторону механические свойства осадка.

Состав применяемого электролита: 200-220 г/л хлорида железа (II); 1 мл/л серной кислоты (плотность 1,83 г/см^3); 5-10 г/л йодида калия и 0,8-1,0 г/л соляной кислоты. Наличие в электролите небольшого количества серной кислоты делает осадки железа более гладкими. Для получения износостойкого осадка и хорошего его сцепления с основным металлом применяют разгонный цикл: до включения тока устанавливают катодно-анодное отношение |3 = 1,3-1,5 при плотности тока в катодный период I = 2 Ю^3 А/м^2. Затем включают ток и этот режим выдерживают 15-20 с. Далее постепенно доводят Р до 8-9 (табл. 5).

Более производительна установка на трехфазном переменном токе с особой коммутацией вторичных обмоток трехфазного трансформатора (разработана Кишеневским сельскохозяйственным

5. Разгонный цикл электролиза переменным током

№ операции	D_K, кА/м^2	D_a, кА/М^2	ь = D_k/D_a	Длительность, с
1	2,0	1,5	1,3-1,4	20
2	2,0	1,0	2	60
3	2,0	0,5	4	60
4	2,0	0,35	6	60
5	2,8	0,35	8	60
6	2,8-3,0	0,3	9-10	До заданного размера

Примечание. Температура электролита 18-25°С.

-» о у

институтом).

Усталостная прочность хромированных и осталенных деталей. Опыты показывают, что хромирование и осталивание снижают усталостную прочность деталей на 30-40 %. Хромовые покрытия удовлетворительно выдерживают динамическую нагрузку только при ее равномерном распределении по рабочей поверхности и разрушаются от действия сосредоточенных ударных нагрузок. Поэтому перед хромированием или осталиванием деталей, работающих "с циклически изменяющимися нагрузками, необходимо упрочнять поверхности накатыванием роликами или при помощи механических упрочнителей.

Меднение применяют для улучшения притирки трущихся поверхностей деталей, покрытия не подлежащих цементации поверхностей, нанесения подслоя на детали при их покрытии другими металлами. Технологический процесс состоит из операций, аналогичных тем, которые применяются при хромировании и стаЛивании. Электролитическое осаждение меди ведется с растворимыми анодами из чистой меди в кислом, основном или пирофосфорном электролитах.

В состав кислого электролита входят 200-250 г/л сульфата меди и 50-75 г/л соляной кислоты. Достоинства меднения - простота, дешевизна, большой выход металла по току (0,98-0,99), высокая скорость отложения меди (0,04-0,05 мм/ч). Однако при кислом электролите трудно осадить медь непосредственно на сталь и чугун. Вследствие вытеснения меди железом осадок получается крупнокристаллическим, рыхлым и недостаточно прочным. Режим электролиза при кислом электролите: $\mathbf{D_K = (1 - 5)\ 10^г}$ А/м^2, напряжение 4-6 В, температура 16-20°С.

Основной электролит содержит цианид меди (25 г/л), цианид натрия свободный (6 г/л), карбонат натрия (15 г/л) и гипосульфит (0,7 г/л). Режим электролиза: $D_K = 10^{\wedge}$ А/м^2, напряжение 4-6 В, температура 30-35°С. Выход металла по току составляет 0,67-0,70. Преимущество основного цианистого электролита - возможность непосредственно осаждать на поверхности стальных и чугунных деталей мелкокристаллические осадки меди, недостаток - выделение при электролизе паров синильной кислоты, что требует применения специальной герметизированной ванны и надежной вытяжки в процессе работы.

Пирофосфорный электролит имеет положительные свойства кислого и цианистого электролитов. В его состав входят пирофосфат натрия (140 г/л), фосфат натрия (95 г/л) и сульфат меди (33 г/л).

Никелирование. Никелевые покрытия толщиной 0,025 мм хорошо предохраняют основной металл от коррозии, так как устойчивы против воздействия атмосферного воздуха, щелочей И некоторых кислот. Процесс ведут с растворимыми анодами из технического никеля, содержащего до 10 % железа. Существует! несколько составов электролитов для никелирования. Чаще всего| применяют электролит, состоящий из *сульфата* накеля $NiSO_4\ 7H_20$ (70-100 г/л), хлорида натрия (15 г/л) и борной кислоты (10-2D г/л). Борная кислота предупреждает выпадение гидратов. Режим покрытия при этом составе электролита: $D_K = 10^3$ А/м^2, температура 20-30"С. Выход металла по току составляет 0,80-0,95.

Схема технологического процесса никелирования аналогична

ранее описанным схемам электролитических процессов.

13.8. Ремонт деталей химической обработкой

Химическое никелирование применяют для повышения износостойкости деталей и защиты их от коррозии. Основные преимущества этого способа перед электролитическим никелированием: 1) поскольку процесс протекает без тока, то не требуется специального оборудования; 2) можно получать очень твердые термически обработанные никельфосфорные покрытия (до 61 $HRC_э$), хорошо сопротивляющиеся абразивному изнашиванию; 3) покрывать различные металлы, в том числе алюминиевые сплавы, пластмассы, керамику; 4) можно наносить равномерный износостойкий слой на изделия сложной формы, например зубья червячных и других колес. Стойкость зубьев в результате химического никелирования повышается в 3-4 раза.

Раствор для химического никелировапния содержит: хлорид никеля (25 г/л), тиосульфат натрия (30 г/л), ацетат натрия (20 г/л), глицин (10 г/л). Температура раствора 90-92°С, скорость осаждения 0,02 мм/ч. Подготовка поверхности такая же, как и при электролитических процессах. После химического никелирования требуется закалка при 400-450°С. Износостойкость незакаленных никелевых покрытий невысока.

Рассмотренный метод можно применять для восстановления ответственных деталей, которые необходимо заменять даже при небольшом износе, например детали гидроредукторов и аппаратуры.

Оксидирование. Для получения на поверхностях стальных деталей оксидной защитной пленки можно применять оксидирование в концентрированных щелочных ваннах с добавлением окислителей. Наиболее часто применяемый раствор для оксидирования содержит гидроксид натрия (650 г/л) и нитрат натрия (350 г/л), подготовленные детали предварительно окунают в горячее масло, протирают ветошью и затем загружают в ванну при температуре раствора 125-130°С. После этого раствор подогревают до кипения (140°С). В зависимости от требуемой толщины пленки детали выдерживают в кипящем растворе 15-60 мин. Толщина оксидной пленки должна быть 0,6-0,8 мкм. При толщине менее 0,6 мкм пленка не защищает основной металл от коррозии. При толщине пленки более 0,8 мкм покрытие становится рыхлым и непрочным. Некачественные покрытия получаются также при плохой подготовке деталей и нарушении режима оксидирования (слабая или завышенная концентрация раствора, низкая или высокая температура).

13.9. Применение клея для ремонта деталей

Для склеивания металлов, пластмасс, мрамора и других материалов между собой и в любом сочетании с другими материалами можно применять клей • карбинольный, БФ, ПВА, суперцемент и др. Этими клеями можно заделывать раковины и трещины в отливках и деталях, заклеивать трещины в чугунных и стальных изделиях, склеивать поломанные детали.

Карбинольный клей изготовляют из карбинольного сиропа,

который представляет собой густую прозрачную жидкость. Для приготовления клея на карбинольный сироп действуют катализатором, которым могут служить перекись бензоила (около 2,5 %) или азотная кислота (1-2 %). Карбинольный клей на азотной кислоте применяют для склеики пластмасс, совершенно недопустимо склеивать им металлы или мрамор. Склеивание осуществляют чистым карбинольным клеем или клеем, разбавленным различными порошкообразными наполнителями - цементом, гипсом, мелом, песком, глиной, порошками металлов, жидким стеклом и различными красками. Механическая прочность склеенных швов зависит от точности прилегания и чистоты склеиваемых поверхностей, а также от температурного режима сушки склеенных деталей.

Предел прочности склейки на растяжение примерно такой же, как и сопротивление сдвигу. Для склейки стали со сталью временное сопротивление сдвигу составляет 2000-3500 МПа. Хорошая механическая прочность склеенного шва получается у стали с алюминием, стали с пластмассой, алюминия с алюминием. Медь с медью и латунь с латунью, а также медь и латунь в сочетании с другими материалами можно склеивать карбинольным клеем при условии предварительного их лужения оловом. После очистки склеенные изделия можно обрабатывать на станках с охлаждением и без охлаждения эмульсией и наносить на них гальванические покрытия. Склеенные детали рекомендуется обрабатывать лишь по истечении трех суток после склейки. Чтобы разобрать склеенные изделия, их нагревают примерно до 200°С - до размягчения клеевой пленки. Размягченный клей снимают, смачивая растворителем, а затем изделия просушивают. При необходимости изделия можно склеивать вновь.

Виды работ с применением клеев: ремонт водяной, воздушной и масляной арматуры; герметизация труб; уплотнение пористых отливок; заливка трещин; наклейка заплат; вклейка подшипников качения и втулок в их посадочные места; ремонт контрольно-измерительных приборов; склеивание изоляторов; склеивание абразивных кругов с металлической арматурой.

Склеивание как средство соединения однородных и разнородных материалов при ремонте даже отечественных деталей и узлов распространено уже'достаточно широко.

13.10. Восстановление изношенных деталей механической обработкой

1

При ремонте механической обработкой снимается изношенный поверхностный слой одной из соединяемых деталей. Такая деталь после ремонта имеет новый, ремонтный размер, больший или меньший номинального. Другая деталь заменяется или же восстанавливается наращиванием под размер первой обработанной детали. Поскольку механической обработкой номинальные размеры изменяются, при таком способе ремонта новые детали (детали с номинальными размерами) в качестве соединяемых использовать нельзя.

Размеры, изменяемые при ремонте деталей по сравнению с номинальными, называют *ремонтными.* В горной промышленности

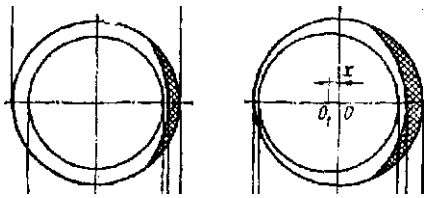


Рис. 11.32. Схема перераб'отки размера изношенного вала на ремонтный:
а - без смещения центра вала; б - со смещением центра вала

а *б*

стандартные (заранее установленные) и свободные (нерегламентированные). Применение стандартных ремонтных размеров предполагает наличие готовых деталей с такими размерами. Это позволяет осуществлять ремонт методом взаимозаменяемости, при котором продолжительность ремонта значительно сокращается. При свободных ремонтных размерах заранее изготовить детали нужных размеров нельзя. Детали можно изготовить в полуобработанном виде, как полуфабрикат, с оставлением припуска на окончательную подгонку по месту.

Исходными предпосылками для расчетов стандартных ремонтных размеров служат технические и экономические соображения, условия прочности обрабатываемой детали, целесообразность ее восстановления, соблюдение определенных зазоров в сочленении и др.

Вопрос о том, какую из соединяемых деталей заменить, а какую восстановить, следует решать в каждом конкретном случае особо, но обычно более дорогую деталь целесообразно восстанавливать, а более дешевую - заменять. Ремонт оставленной детали заключается в съеме части металла,, чтобы после механической обработки получить правильную форму без следов износа на рабочей поверхности. Неудаленные с поверхности детали риски, царапины могуть стать очагами усталостного разрушения детали.

Рассмотрим вал, который после установленного межремонтного срока имеет односторонний износ $5_в$ (рис. 11.32). Чтобы изношенный вал был правильной геометрической формы, его необходимо обработать с припуском $x_в$.,При сохранении первоначального положения центра сечения вала (рис. 11.32, а) наибольший ремонтный диаметр

$$dp = d - 2(8_в + x_в). \qquad (223)$$

Если же центр вала смещается на величину x, причем x, < $x_в$ (рис. 11.32, б), то ремонтный диаметр

$$dp = d - 2(5_в + x_в + x,). \qquad (224)$$

Рассматривая выражения (223) и (224), можем увидеть, что первый случай обработкии менее желателен, так как при нем снимаемый слой металла больше. Однако в некоторых случаях центр вала необходимо строго сохранять и ремонтный размер приходится определять по формуле (223). При двустороннее износе вала центр

также приходится сохранять.

Для одной и той же соединяемой пары восстанавливать изношенные детали механической обработкой можно неоднократно. Чтобы определить число ремонтов *п,* нужно знать наименьший допустимый диаметр детали $d_{НМ}$, который определяют, учитывая ее прочность, глубину цементированного или закаленного поверхностного слоя, размеры соединений детали и другие факторы:

$$d - d_{НМ} = d - 2(S_В + x_В)n_{i;} \qquad (225)$$

$$d - d_{НМ} = d - 2(8_В + x_В + x_{Xl})n_2.$$

Отсюда число ремонтов вала:

без смещения его центров

$$п, = (d - d_{НМ})/2(8_В + x_в); \qquad (226)$$

при смещении центра вала

$$\mathbf{n_2 = (d\text{-}d_{НМ})/2(8_В + x_{„}+x_1).} \qquad \mathbf{(227)}$$

Величины $2(8_В + x_в)$ или $б_в + x_в + x_{\%}$ принято называть ремонтными интервалами и обозначать соответсвенно для вала $z_В$ и для отверстия V

Зная ремонтный интервал, можно разработать систему стандартных размеров для каждой конкретно заданной машины. Практика показывает, что после каждого межремонтного срока износы деталей получаются примерно одинаковыми, т. е. $8^ 8_2 « ... «8_М$. Приняв эту зависимость, для ремонта вала без смещения центра можно получить следующий ряд ремонтных размеров:

$$d_{p1} = d - 2(8_В + x_в) = d - z_В;$$
$$d_{p2} = d_{p1} - 2(8_В + x_в) = d - 2z_В; \qquad (228)$$

$$d_{PN} = VV\text{-}'2(S_В + x\ ^\ d' - N\ z\ ,$$

По аналогии лоя отверстий (рис. 11.33) получается следующий ряд ремонтных размеров:

$$D_{p1} = D + 2(6_В + x_в) = D + z_В;$$
$$D_{p2} = D_{p1} + 2(S_В + x_В) p= D + 2z_В; \qquad (228)$$

$$\mathbf{^{D}{}_{P}N = {}^{D}{}_{P},N\text{-}., + 2(8_В + x_В) = D + Nz_В.}$$

Имея систему стандартных ремонтных размеров, можно изготовлять сменные или реконструированные детали не по месту, а по заранее разработанньщ чертежам. Однако этот способ имеет следующие недостатки: 1) многократное изменение размера детали в сторону износа сокращает общий срок ее службы; 2) большое число ремонтных размеров сложных и ответственных деталей усложняет снабжение рудоремонтных предприятий запасными частями.

Типичными видами ремонтных операций являются: 1)

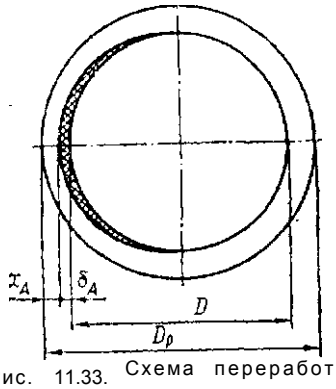


Рис. 11.33. Схема переработки размера изношенной втулки на ремонтный

расточка, развертывание и шлифовка отверстий под ремонтный размер (при этом диаметр вала тем или другим способом соответсвенно увеличивают); 2) обточка и шлифовка валов под ремонтный размер (в этом случае отверстие по диаметру должно быть соответсвенно уменьшено, напри-мер, вставкой втулки, компенсирую-щей утерянный размер); 3) обработка деталей до и после сварки, наплавки, металлизаци. хромирование, железнение, склеивания; 4) исправление соприкосающихся поверхностей, покоробленных в результате сварки; 5) исправление резьб, шлицев, канавок и т. п. Этот краткий перечень работ показывает, что при ремонте горного оборудования механическая обработка разнообразна и поэтому вынуждает пользоваться, главным образом, универсальным оборудованием. Применяемые процессы в основном такие же, как и в общем машиностроении. Допуски для обработки детали ремонтных размеров (например, после наплавки или металлизации) бурут такими же, как и для новых деталей.

Зная требуемую точность, выберают вид обработки и тип станка. Следует иметь в виду, что неточность обработки складывается из погрешностей станка, погрешности установки изделия и инструмента, деформации изделия, а так же неточностей, обусловливаемых изнашиваемостью инструмента, состояние рабочих поверхностей и прочими обстоятельствами. В условия ремонтных мастерских, где приходится обрабатывать мелкие серии или отдельные детали, точность обработки можно повысить применением приспособлений, тщательной выверкой установки изделия и инструмента.

В настоящее время для ремонта деталей широко применяют резцы, оснащенные пластинками твердых сплавов: ВК8 - черновой обработки чугуна, стали и сплавов цветных металлов при ударной нагрузке; Т21К8 - для чистовой обработки стали на высоких скоростях резания; ВКЗ - для чистовой обработки чугуна и цветных металлов. Используют так же резцы с пластинками из минералокерамических сплавов. Режим резания назначается на общих основаниях с учетом максимального использования режущих свойств резца, технологических требований обработки и возможностей станка. Применение методов скоростного резания металлов в ремонтной практике, как и в общем машиностроении, дает огромный "эффект. Прогрессивность скоростного резания заключается не только в том, что сокращается время обработки, но и в том, что повышается качество обработанной поверхности, увеличивается предел выносливости (усталостная прочность) детали, снижается удельный расход энергии и улучшается обрабатываемость металла.

Применение паст ГОИ. В ремонтной практике горных предприятий из-за отсутсвия соответсвующего оборудования часто

не представляется возможным обработать деталь методами машинной или точной машинной доводки. При доводке детали до заданных размеров и получении необходимой шерозоватости поверхностей приходится применять трудоемкие и длительные операции - притирку и шабрение. В этих случаях целесообразно использовать более простые, химико-механические методы обработки пастами ГОИ, изобретенными акад. И.В. Гребенщиковым. Паста, которой смазывают протираемые поверхности деталей, способствует ускоренному появлению окисленного слоя и его сравнительно легкому разрушению во время движения одной детали по другой. При удалении окисленного слоя см поверхности металла пастами ГОИ не нарушается прочность, что имеет место, например, при шлифовании и полировании металлов абразивными материалами, зерна которых царапают и выкрашивают зерна металла.

Пасту ГОИ выпускают трех сортов - грубую, среднюю и тонкую. В состав пасты ГОИ входят: оксид хрома (74-91 %), стеарин (10 %), расщепленный жир (10-15 %) и керосин (2 %). Кроме того, тонкая паста содержит олеиновую кислоту (2 %) и карбонат натрия. Грубую пасту применяют при съеме слоя металла толщиной в сотые и даже десятые доли миллиметра, что заменяет шлифование, среднюю пасту - при съеме слоя толщиной в сотые доли миллиметра (детали 7-го квалитета точности), тонкую пасту - для точных работ (плоские детали можно обрабатывать с точностью до 0,1 мкм). В ремонтном деле'применяют, главным образом, грубую и среднюю пасты. Употребление паст ГОИ, как правило,, упрощает технологический процесс, повышает точность обработки и производительность труда ремонтников.

Ремонт соединений добавочными деталями. Разновидность способа восстановления деталей механической обработкой - ремонт соединений с применением специальных вставок в виде стаканов, переходных втулок, колец, накладок, вкладышей и других деталей, компенсирующих износ.

Отверстие в ступице или цапфу вала при изнашивании обрабатывают до такого размера, чтобы можно было запрессовать в отверстие или напрессовать на цапфу втулки, которые затем довести обработкой до необходимого размера. Такой способ ремонта во многих случаях позволяет целесообразно использовать часть детали при неисправимом износе другой части этой же детали. Так, если вал-шестерня имеет неисправимый износ только вала, то шестерню срезают, растачивают в ней отверстие и запрессовывают в него новый вал. При негодной шестерне, наоборот, напрессовывают на вал новую шестерню.

Внутренние цилиндирческие поверхности корпусов и других горных машин можно восстанавливать при помощи сменной стальной стандартной ленты марок У8А, У10А, 70С2Х. Поставляемую заводом-изготовителем ленту в рулонах разрезают на мерные заготовки, шлифуют торцы и свертывают цилиндрики на специальном приспособлении. В отверстие после расточки (рис. 11.34, а) отрезок свернутой в цилиндр тонкой стальной термически обработанной ленты вставляют со значительным натягом. Высокая упругость ленты позволяет запрессовывать ее с натягом i, мкм,

$$i = (0{,}5D + 30), \qquad (230)$$

Рис. 11.34. Ремонт цилиндра запрессовкой сменной стальной ленты:
а - цилиндр с фиксирующим буртиком после подготовки его расточкой; б - схема запрессовки ленты в цилиндр; в - цилиндр с запрессованными лентами; 1 - отрезок свернутой ленты; 2 - пуансон пресса; 3 - ступенчатая оправка; 4 - разъемный хомут

где D - диаметр цилиндра, мм.

Затем на свернутую ленту 1 (рис. 11.34, б) надевают разъемный хомут 4 и через специальную ступенчатую оправку 3, установленную на восстанавливаемом отверстии, нажимают пуансоном 2 пресса. После запрессовки (рис. 11.34, в) ленту подвергают хонингованию.

Основной недостаток способа ремонта соединений добавочными деталями - необходимость обязательно проверять детали расчетом на прочность. В деталях сложной конфигурации этот способ ремонта не всегда приемлем.

13.11. Восстановление деталей электрическими способами обработки металлов

Способы электрической обработки металлов, получившие применив в ремонтном деле, следующие: индукционный нагрев токами высокой частоты, анодно-механическая обработка, электроискровая обработка, электроискровое наращивание и упрочнение деталей, плазменная обработка.

Нагрев токами высокой частоты. Поверхностную закалку токами высокой частоты целесообразно применять, чтобы повысить поверхностную твердость и, следовательно, срок службы некоторых деталей. Токами высокой частоты закаливают детали подъемных машин, компрессоров лебедок, электровозов, грохотов и другого горного обрудования. Нагрев токами высокой частоты можно использовать и для закалки деталей, восстановленных осталиванием, а так же для увеличения прочтости сцепления металлизацационного слоя с основным металлом детали при восстановлении их способом металлизации.

Для индукционного нагрева применяют установки с машинными или ламповыми генераторами высокой частоты. Машинные генераторы используют для получения частот до 10^4 Гц

при закалке на глубину более 2 мм, а ламповые - для частот 0,015-1 МГц при закалке на глубину менее 2 мм.

Глубина h выделения тепла в металле при индукционном нагреве зависит от частоты тока 1', удельного сопротивления металла р и магнитной проницаемости ц, т. е.

$$h = A\sqrt{pp/i}\ , \qquad (231)$$

где А = 5030 - коэффициент пропорциональности.

Чем выше мощность, подведенная к индуктору, тем больше выделяется тепла в поверхностном слое, расположенном под индуктором. Вместе с тем чем больше время выдержки под индуктором, тем на большую глубину успееет проникнуть тепло в металл. Регулируя частоту, мощность и время действия токов высокой частоты, можно получить прогрев обрабатываемой детали на любую толщину от нескольких долей миллиметра до десятков миллиметров. Нагрев токами высокой частоты широко применяется и дает большой экономический эффект при закалке деталей, плавке металлов, нагреве при ковке, пайке твердыми припоями, наплавке твердыми сплавами и сварке деталей.

В установке индукционного нагрева с ламповым генератором (рис. 11.35) то от сети напряжением Е, = 220; 380 В подается в первичную обмотку трансформатора TV1, повышающего напряжение до E_2 = 800; 10 000 V. Далее ток подводится к выпрямителю ITZ1, где при помощи газотронов преобразуется в постоянный ток высокого напряжения $E_3 = 1{,}35E_2$. Выпрямленный ток поступает в ламповый

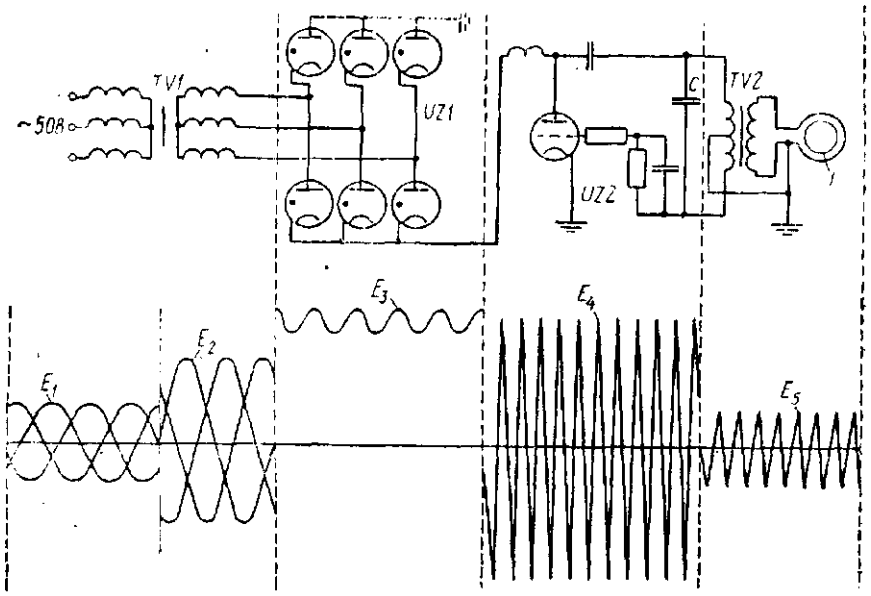


Рис. II.35. Схема установки с ламповым генератором для индукционного нагрева ТВЧ:
1 - закаливаемая деталь

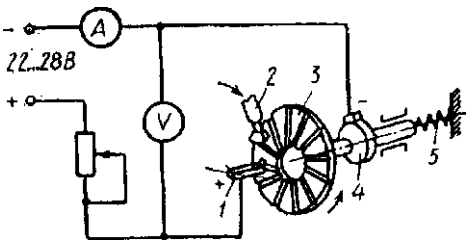


Рис. 11.36. Схема анодно-механического заточного станка: 1 - резец;* 2 - сопло для подачи электролита (рабочей жидкости); 3 - заточной диск; 4 - скользящий контакт; 5 - амортизирующая пружина

генератор UZ2, где при помощи генераторных ламп преобразуется в переменный ток высокой частоты напряжением E_4. Закалочный трансформатор TV2 понижает напряжение E_4 до EL.

Анодно-механическая обработка. Способ анодно-механической обработки впервые был применен для заточки инструментов (рис. 11.36). Обработка изделия в этом способе происходит электрохимическим растворением и оплавлением частиц металла. Поэтому твердость инструмента может быть значительно ниже твердости обрабатываемого металла. Например, заточку резцов 1 армированных твердыми сплавами, выполняют при помощи медного или стального заточного диска 3.

Анодно-механическая обработка - это комбинированое, электрохимическое и механическое воздействие на изделие-анод. Процесс ведется в среде специального электролита (рабочей жидкости) который под действие постоянного электрического тока образует на поверхности изделия защитную пленку, плохо проводящую ток. Пленка состоит из продуктов электрохимического растворения металла изделия и веществ, выделяющихся на аноде в результате разложения электролита под действием тока. При помощи инструмента-катода значительная часть пленки механически удаляется с места обработки изделия. Убы-ль слоя пленки пополняется за счет электрохимического процесса. Так без большого усилия изделие обрабатывается. В качестве рабочей жидкости можно применять водный раствор жидкого стекла плотностью 1,43-1,55 г/см^3.

Основные параметры технологических режимов анодно механической обработки следующие: рабочее напряжение 10-30 В, плотность тока (1 - 2) 10^2 А/м^2 при доводке резцов и до (3 - 4) 10^4 А/м^2 при резке заготовок, окружная скорость вращающегося инструмента 8-20 м/с (для вибрирующего инструмента скорость снижается до 1 м/с), давление инструмента на обрабатываемую поверхность 0,05-0,15 МПа.

В ремонтном деле анодно-механическую обработку благодаря простоте и экономичности можно широко использовать прежде всего для обработки хромированных и закаленных поверхностей, прорезания шпоночных канавок в стальных закаленных деталях, заточки режущих инструментов, оснащенных твердыми сплавами.

Электроискровая обработка металлов основана на разрушении электрода при непосредственном воздействии на него электрического разряда. В результате импульсного разряда металл разрушается, оплавляется и частично испаряется. Если электроискровая обработка ведется в жидкой среде (в масле), то

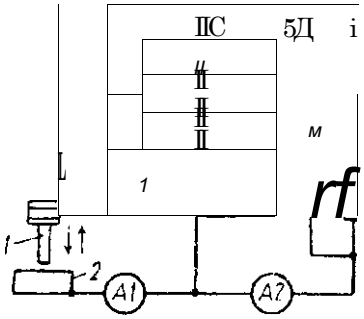


Рис. 11.37. Схема электроискровой установки:
I - разрядный контур; II - питающий контур;
1 - инструмент-катод; 2 - изделие-анод

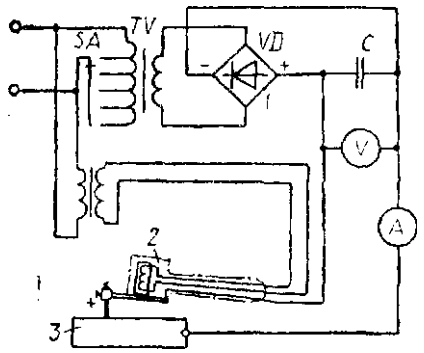


Рис. II.38. Схема установки для электроискрового наращивания деталей:
1 - выпрямитель; 2 - электромагнитный вибратор; 3 - деталь

продукты разрушения и оплавления выбрасываются в межэлектродное пространство. Это позволяет эффективно выплнять многие технологические операции, осуществить которые механической обработкой затруднительно, такие, как обработка твердых сплавов и закаленных сталей, а также шпоночных канавок в новом месте закаленной детали, извлечение из деталей сломанных инструментов и шпилек, выполнение отверстий с криволинейными осями и различного сечения, а также малых (0,4 мм) отверстий,

Электроискровая установка (рис. 11.37) состоит из источника постоянного тока, регулируемого резистора R, конденсатора С с переключателем *SA,* соленоида *L* и измерительных приборов А, и A_2. Разрядный контур I является рабочим, а контур II - питающим. Ток в питающем контуре регулируется переменным резистором *R.* Инструмент (катод) и изделие ***2*** (анод) включены в цепь электрического колебательного конура, работающего в области искрового электрического разряда. Конденсатор С в процессе зарядки концентрирует электрическую энергию, которая затем расходуется при разрядке конденсатора. Изделие ***2*** и электрод (инструмент 1) •помещают в жидкость - керосин или трансформаторное масло.

Под действием искрового заряда частицы металла отрываются от изделия и отбрасываются в стороны. Наличие жидкой среды не позволяет выносимым с анода частицам металла отлагаться но катоде, кроме того, в жидкой среде повышается по сравнению с газовой средой переходное сопротивление искра-металл, вследствие чего'увеличивается общий выброс металла. Управляют процессом, поддерживая необходимое пробивное расстояние между инструментом и изделием. Это можно осуществлять вручную или автоматически при помощи механического редуктора, соленоидного привода или специального реле.

Для питания электроискровых установок применяют двигатели-генераторы с независимым возбуждением мощностью 3; 8 и 10 кВт и напряжение 110; 220 В, а также селеновые выпрямители или любые другие источники постоянного тока соответсвующей мощности и напряжения. В зависимости от значения тока $1_р$ в

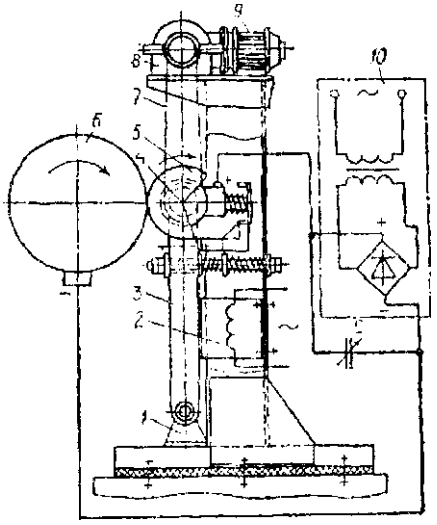


Рис. 11.39. Схема полуавтоматическойв установки для электроискрового восстановления деталей:
1 - кронштейн; 2 - электромагнитный вибратор; 3 - универсальная головку с вибрирующим ДИСКОВЫМ) С электродом; 4 - центр шпинделя дискового электрода; 5 вращающийся вибрирующий дисковый электрод; 6 - деталь; 7 - ременная передача; 8 - редуктор; 9 - электродвигатель; 10 - узел питания электроискрового аппарата

разрядной цепи режимы электроискровой обработки делятся на три группы - жесткие (I >50А), средние ($I_р$ = 15-50 А).и мягкие ($1_р$<10 А). Для обдирочных работ применяют жесткие режимы, для чистовых - средние и мягкие, для доводочных - особенно мягкие режимы. Суммарное время для заточки резца сечением 25 х 20 мм после напайки составляет 10-15 мин, переточка с доводкой того же резца длится 3-5 мин.

Электроискровое наращивание деталей. Для восстановления изношенных деталей электроискровым наращиванием металла применяют конденсаторную переносную установку (рис. JI.38), в корпусе которой размещены электрическая аппаратура и электрод-инструмент с вибратором. в этих условиях электрод-инструмент является анодом, а „восстанавливаемая деталь ом_ Наращивание происходит щ)имене1шя рабочей жидкости. Выпрошенный с анода металл осаждается на катоде, т. е. на Детали, ооразуя прочно сцепленный с н е и с: ЛОИ.

Преимуществом электроискрового наращивания деталей является возможность наносить покрытия различных металлов и твердых сплавов, что повышает износостойкость деталей. Слой наращиваемого металла составляет 0,07-0,3 мм, что не позволяет применять способ для восстановления деталей с большим износом. При такой толщине наращиваемого слоя можно восстанавливать детали гидроредукторов, изношенные посадочные поверхности под подшипники качения на валах и в корпусных деталях. Применение электроискрового способа для восстановления этих деталей значительно экономичнее наплавки или употребления дополнительных деталей - втулок. Недостатки переносных установок для электроискрового наращивания - их малая и низкое качество восстановлено!! поверхности.

На рис. 11.39 показана полуавтоматическая установка для электроискрового восстановления и упрочнения деталей машин, созданная в Государственной горной академии Украины (г.Днепропетровск). Ее основная часть - вибрирующая головка 3 с электродом в виде тонкого непрерывного вращающегося диска. Применение электрода такого типа позволяет значительно повысить производительность процесса и качество восстановленной поверхности, так как электрод не оплавляется и

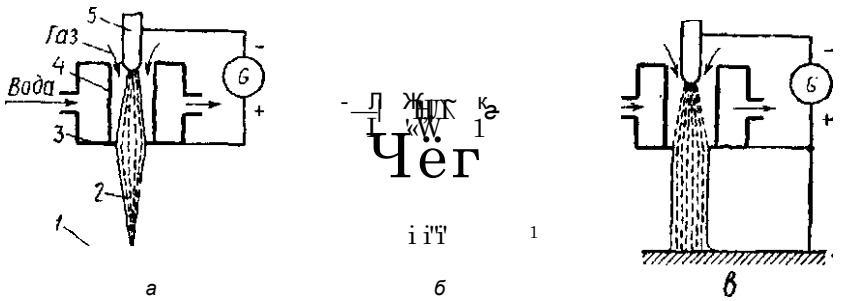


Рис. II.40. Схема плазмообразования:
а - закрытой дугой; б - открытой дугой; в - комбинированным способом; 1 - обрабатываемая деталь; 2 плазменная струя; 3 - сопло; 4 - канал плазменного' 'аппарата; 5 - неплавящийся электрод; G - источник постоянного тока

режим можно форсировать. В качестве электродов можно использовать стандартные твердосплавные круги диаметром 65 мм, серийно выпускаемые промышленностью. Применение этих электродов для упрочнения деталей, восстановленных другми методами, позволяет повысить их износостойкость в 2-3 раза.

Плазменная обработка металлов. Плазма представляет собой высокотемпературный сильно ионизированный газ, содержащий молекулы, атомы, ионы, электроны и световые кванты. В 1 см плазмы содержится 10^9-10^{10} заряженных частиц. Состояние вещества в форме плазмы часто называют "четвертым состоянием". В зависимости от вида возбуждения плазму называют дуговой или высокочастотной.

Плазмообразующий газ пропускают через узкий канал, в котором между двумя электродами создается дуговой разряд. Выделение большого количества тепла в малом пространстве ионизирует плазмообразующий газ, т. е. в межэлектродном пространстве появляется разноименно заряженные частицы - ионы и электроны, а также, пары электродных материалов, создающие под действием электрического поля направленную плазменную струю.

Скорость движения частиц в струе плазмы v, м/с, очень велика и определяется по формуле

0,8

где I - сила тока', А; р - количество атомов гйза в 1 см; г - радиус пятна на электроде, см. При давлении газа 0,2-0,3 МПа и токе 400-500 А скорость плазменной струи v = 15 000 м/с.

Плазменная струя образуется в устройствах, получивших название плазменных горелок (плазмотронов). Пользуясь ими, можно сваривать, резать, строгать и другими способами обрабатывать детали. Применяются три способа плазмообразования: 1) закрытой, или сжатой (не переходящей), дугой (рис. 11.40, а); 2) открытой (переходящей) дугой (рис. П.40, б); 3) комбинированный (рис. 11.40, *в).*

При *закрытой плазменной струе* (не переходящей) плазмообразующий газ, проходя через дугу, выходит в форме факела

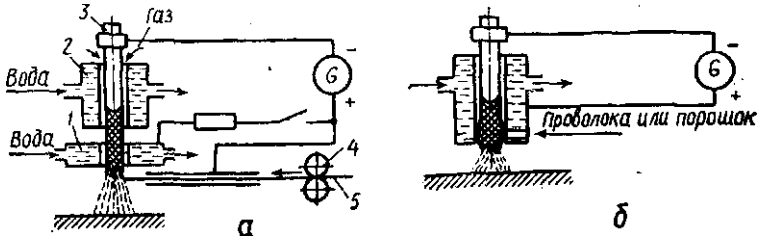


Рис. 11.41. Схема плазменной металлизации:
а - напыляемый материал (проволока) служит анодом; 6 - напыляемый материал (проволока или парашок) нейтрален; 1 - сопло аппарата; 2 - охлаждаемый канал; 3 - неплавящийся электрод; 4- ролики, подающие проволоку; 5 - проволока для напыления

плазмы, отделяющейся от столба дуги. Преобладающая часть энергии здесь расходуется на нагрев газового потока. Длина факела 10-300 мм, температура плазменной дуги 10 000-18 *000°С* (и выше). Применяется для поверхностной закалки, металлизации напылением тугоплавких металлов и соединений.

Открытая плазменная струя получается, когда анодом служит деталь. Ток в этом случае течет между электродом и деталью, как и при дуговой сварке. Плазменный поток совпадает с дуговым разрядом. Большая часть тепла передается детали, и поэтому такую схему применяют для резки металлов и других операций, требующих повышенного нагрева детали.

Комбинированный способ. Здесь горят две дуги - между неплавящимся вольфрамовым электродом и водоохлаждаемым каналом, а также между тем же электродом и деталью. Эта схема распространена при наплавке деталей порошком, вдуваемым в струю плазмы.

Выпускаемые промышленность различные типы плазмотронов могут работать по любому из рассмотренных способов.

Плазменная металлизация осуществляется по двум схемам: 1) присадочный материал в виде проволоки служит открытым анодом; 2) присадочный материал нейтрален. В первом случае (рис. 11.41, а) дуга выносится из сопла и горит между неплавящимся вольфрамовым электродом и проволокой, непрерывно подаваемой механизмом. Во втором случае (рис. 11.41, б) используется закрытая дуга (не переходящая), которая горит между неплавящимся вольфрамовым электродом и стенками водоохлаждаемого канала. Нейтральная проволока или порошок подается в плазменную струю на выходе из сопла. С помощью плазменной струи можно наносить практически любые тугоплавкие материалы.

13.12. Ультразвуковой способ обработки деталей

Для получения глухих и сквозных круглых и фасонных отверстий в токонепроводящих твердых материалах, таких, как алмаз, керамика, стекло, фарфор, применяют ультразвуковую обработку. Этим способом изготовляют ферритовые магнитопроводы, кремниевые выпрямители, детали из полупроводниковых материалов, штампы, прессформы и детали из твердых сплавов.

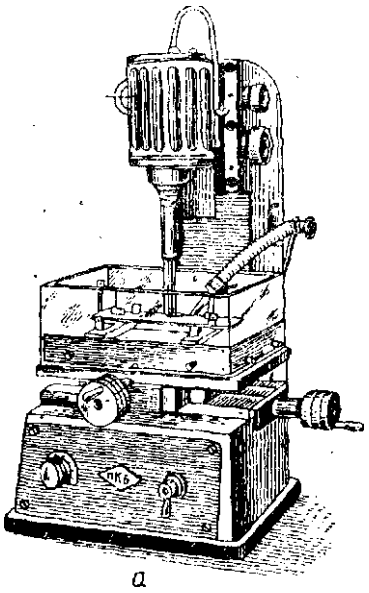
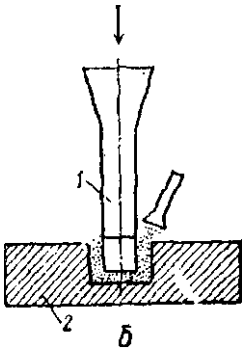


Рис. 11.42. Ультразвуковая обработка: а - станок; б - схема; 1 ультразвуковой излучатель; 2 - обрабатываемая *деталь*



а б

Для обработки ультразвуком в настоящее время применяют специальные ультразвуковые станки (рис. 11.42,а).

Способ ультразвуковой обработки (рис. 11.42, б) заключается в слудующем. Между рабочей поверхностью ультразвукового излучателя 1 и обрабатываемой деталью *2* непрерывно подается суспензия, состоящая из жидкости (вода) и мелких частиц абразивного материала (карбид бора, карбид кремния, корунд). Под дробящим воздействием абразива мельчайшие частицы обрабатываемого металла отскакивают от его поверхности, излучатель постепенно углубляется в материал, образуя отверстие, соответвующее форме инструмента. Продукты разрушения материала и отработанный абразив вымываются. Поданная к месту обработки жидкость вследствие интенсивной кавитации усиливает циркуляцию абразивной суспензии. Возниконовение кавитации в ультразвуковом поле, когда растяжения превышают кавитационную прочность жидкости, создает большое количество пор и полостей, заполненных воздухом. Резкое *сокращение* объема воздушных пор приводит к гидравлическим ударам локального действия небольшого радиуса, но большого избыточного давления, которое приводит к дробящему разрушению обрабатываемого материала, а также к взмучиванию и перемешиванию суспензии.

. По мере углубления инструмента подача абразива в зону обработки затрудняется и производительность резко снижается. Для непрерывной подачи абразива под торец инструмента последний необходимо периодически выводить из отверстия. Значительно больший эффект достигается при нагнетании суспензии в зону обработки и отсосе продуктов разрушения через отверстие в инструменте.

Инструмент для ультразвуковой обработки изготовляют из вязкой углеродистой или легированной стали. Износ его по длине

при изготовлении отверстия в изделии из твердого сплава составляет 50-100 % длины отверстия. Вибрация инструмента осуществляется при помощи акустической головки, состоящей из стержневого вибратора и концентратора (стержня переменного по длине сечения), который увеличивает амплитуду колебаний с 5-10 до 30-40 мкм. Частоту колебаний принимают в пределах 18-25 кГц. При меньшей частоте резко увеличиваются размеры преобразователя, а при ее повышении сверх этого предела размеры вибратора получаются чрезмерно малыми. Допустимая глубина п изготовляемого отверстия диаметром d при удовлетворительной подаче абразива в зону обработки h = (2 - 3) d. Максимальный диаметр отверстия ограничивается мощностью станка и прочностью его конструкции, а минимальный - прочностью инструмента.

Производительность ультразвуковой обработки в первую очередь зависит от размеров обрабатываемого отверстия, амплитуды колебаний инструмента и его давления на изделие, механических свойств обрабатываемого изделия, размеров зерен абразива и концентрации суспензии. Наибольшая производительность получается при амплитуде колебаний акустической головки 20-60 мкм. Давление инструмента на изделие при продольной подаче составляет 0,20-0,5 МПа, причем большие значения принимают при работе более мелким абразивом.

При обработке карбидом бора зернистость абразива для черновой обработки принимают 6-10, а для чистовой - не более 5. Концентрация абразива в жидкости должна быть в пределах 30-40 % по объему. Почность обработки при этом способе составляет 0,01-0.02 мм, а при последовательной обработке двумя или тремя инструментами достигает 0,005-0,007 мм. При этом конусность отверстия уменьшается с 2°30' до 30' (на входе отверстие имеет больший диаметр, на выходе - меньший).

13.13 **Примеры** ремонта деталей горного оборудования

1. Ремонт зубчатых колес и шкивов. Лопнувший овод на больших медленно вращающихся зубчатых колесах и шкивах (механизм поворотной части экскаватора, приводная и натяжная станции канатной дороги и др.) стягивают бугелями из полосовой стали, надетыми на спицы колеса, двумя накладками, укрепленными болтами, либо исправляют сваркой.

Поломку одного или нескольких зубьев на таком зубчатом колесе, происшедшую в результате попадания в зацепление посторонних предметов, иногда можно исправить, ввинтив соответственно размерам колеса две, три или четыре шпильки и затем на месте спилив их по форме зуба. Такое исправление почти всегда бывает удачным, особенно если обод колеса имеет достаточную толщину. Если шпильки после установки предполагается приваривать электросваркой, то они должны быть ввинчены без смазки, т. е. насухо, во избежание пепроваров.

При изнашивании всех зубьев на колесе до предельного состояния его заменяют новым. Если же износы зубьев колеса не выходят за допустимые пределы, то его следует пустить в дальнейшую работу, удалив все заусенцы напильником.

Если в ступице зубчатого колеса или шкива образовалась

трещина, то по краям ступицы делают небольшие кольцевые заточки, затем изготовляют два кольца диаметром несколько меньше диаметра заточек на ступице (соответственно посадке). Кольца эти разогревают и напрессовывают Или набивают молотком на заточки ступицы. После остывания кольца, сжимаясь, крепко затягивают ступицу.

Чрезмерно разработанное отверстие в ступице растачивают, а затем в него запрессовывают или вклеивают втулку, изготовленную по номинальному размеру.

2. Ремонт подшипников скольжения. В горных машинах для подшипников скользящего трения применяют /вкладыши с баббитовой заливкой, бронзовые и чугунные, вкладыши и втулки из пластмасс, в частности из капрона. Баббитовое вкладыши применяют там, где важно предохранить от износа Дорогой вал, так как при заеданиях баббитового подшипника и чрезмерном нагреве баббит плавится, а вал остается невредимым. При заеданиях бронзовых и чугунных вкладышей часто портится ш^йка вала, на ней появляются задиры, царапины и риски; в этом случае приходится ремонтировать вал (перетачивать, шлифовать). Преимущество бронзовых вкладышей и особенно чугунных перед баббитовыми заключается в простоте их изготовления и ремонта и меньшей стоимости.

Главная неисправность подшипников скользящего трения с баббитовыми вкладышами - это износ, выкрашивание или выплавка баббита.

Если износ вкладыша не превышает допустимого, то обнаруженные на поверхности баббита небольшие раковины или выкрашенные места очищают шабером, смазывают кислотой и запаивают. Излишек баббита срезают шабером. Очищают наплывы на поверхности вкладыша и закругляют острые края смазочных канавок. Убедившись в исправности подшипника, ставят его на место, регулируя зазор прокладками между вкладышами.

Если баббит подшипника сильно изношен или расплавлен, а также если проточены цапфы на валу, приходится удалять из вкладыша подшипника старый баббит и заливать новый более толстым слоем, строго соблюдая при этом соответствующую технологию заливки.

3. Подшипники качения ремонтируют только на специализированных заводах, оснащенных соответствующим оборудованием. Все предприятия горной промышленности обязаны собирать изношенные подшипники качения и передавать соответствующим ремонтно-подшипниковым заводам для восстановления.

4. Ремонт валов. Мелкие повреждения в валах (от ударов) устраняют зачисткой и опиловкой поврежденных мест. Для устранения овальности или задиров шейки и шипы вала следует прошлифовать, а иногда перед этим и проточить. При необходимости восстановления шипов, шеек и посадочных мест на валах до номинальных размеров применяют хромирование, вибродуговую или электродуговую наплавку с последующей механической обработкой.

Электродугов'ая наплавка (под слоем флюса и без него) дает большой эффект при ремонте крупных валов из мало- и среднеуглеродистых сталей (наплавка цапф; шпоночных пазов, шлицев). Нельзя применять электродуговую наплавку для ремонта

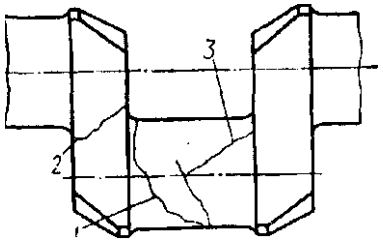


Рис. 11.43. Места и причины изломов коленчатого вала:
1 - скручивание; 2 - изгиб; 3 - резонанс

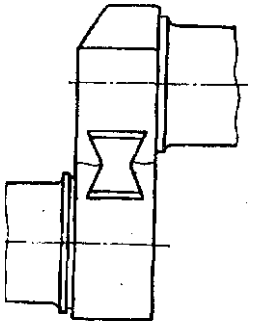


Рис. 11.44. Скрепление частей щеки вала шпонкой

валов угледобывающих машин из легированных, термически обработанных сталей. Практика показывает, что валы, отремонтированные таким образом, преждевременно выходят из строя из-за снижения усталостной прочности в результате образования микротрещин при наплавке.

Шипы и шейки вала после обработки должны отвечать следующим требованиям: 1) по шероховатости поверхности соответствовать указанной на чертеже; 2) эллипсность и конусность не должны превосходить допустимых значений.

В коленчатых валах изломы и трещины обычно появляются в щеках и галтелях. Трещина обычно имеет вид зигзагообразной (без разрыва) линии с острыми зубчатыми переходами (рис. 11.43). Случаи когда трещины идут вдоль оси шеек, весьма редки.

При изломе или наличии в щеке вала трещины иногда его можно скрепить сплошным бандажом, надетым в горячем состоянии. Желательно трещину бандажа довести до половины ширины щеки. Части изломанной щеки предварительно соединяют шпонкой (рис. 11.44), стягивающие плоскости которой выполнены на конус. При забивании шпонки половинки щеки будут сближаться, поэтому шпонку следует пригонять с зазором вверху и внизу. Скрепление бандажом - весьма кропотливая работа, требующая тщательного контроля посадочных мест.

В коленчатых валах компрессоров, дробилок и других машин небольшой мощности применяют также горячую вставку шеек, а иногда и насадку шеек.

5. Ремонт шпоночных пазов. Изношенные по ширине до 6% шпоночные пазы можно не ремонтировать при условии исправления паза и подготовки переходной шпонки с соблюдением характера посадки, указанного на чертеже. Изношенные свыше 6%. шпоночные пазы исправляют завариванием с последующим фрезерованием или фрезеруя паз на новом месте по размерам, указанным на чертеже.

6. Ремонт шлицевых соединений. Шлицы валов и ступиц, имеющих неравномерный износ по высоте и длине, можно не ремонтировать при условии устранения дефектов в местах изнашивания. Износ шлицев в этом случае не должен быть выше

предусмотренного браковочными картами; Шлицы с большим износом по ширине восстанавливают вибродуговой наплавкой, а затем подвергают механической обработке. Шлицы на валах из малоуглеродистых нецементйрованных сталей часто восстанавливают наплавкой электродуговой или газовой сваркой.

7. Ремонт валов и ступиц методом введения колец и втулок. Установку переходных Колец и втулок широко практикуют при ремонте горлого оборудования. Чтобы переходные кольца и втулки были неподвижны относительно основной детали, устанавливают их с натягом, а в некоторых случаях закрепляют стопорными винтами или сваркой. Иногда в зависимости от направления осевых усилий применяют втулки с бортом. Размеры и формы втулок, а также способы их закрепления определяют в каждом конкретном случае в зависимости от конструктивных требований и разработанной технологии ремонта.

8. Ремонт поврежденных резьб. Детали горно-шахтных машин, имеющие изношенную, забитую или сорванную резьбу (более 2 ниток), применять нельзя. Резьбу с допустимыми повреждениями исправляют резьбонарезным инструментом. Применяют следующие способы ремонта резьб:

1) в торцах валов, крышках, стаканах и других подобных деталях сверлят и нарезают другие резьбовые отверстия, смещенные по отношению к существующим, при условии сохранения взаимозаменяемости узлов и деталей. При этом поврежденные резьбовые отверстия заглушают;

2) поврежденные резьбовые отверстия рассверливают на 2-3 мм больше диаметра резьбы и заваривают электросваркой, после чего сверлят новые отверстия и нарезают в них резьбу;

3) в местах, где нагрев детали при заварке отверстий может вызвать нарушение посадочных размеров, устанавливая резьбовые заглушки или же увеличивая диаметр резьбового отверстия в соединяемой детали;

4) эффективный способ ремонта поврежденных резьб пластическим деформированием изложен в гл. 9.

. Резьбовые отверстия в корпусах и других деталях ремонтируемой машины бракуют, если ввинченный непроходной стороной резьбовый калибр сильно шатается, а также по внешнему виду путем осмотра.

9. Ремонт корпусных деталей. Корпуса редукторов горно-'шахтных машин представляет собой массивные отливки обычно из стали и реже из чугуна. При их ремонте приходится уделять большое внимание вопросам восстановления изношенных внутренних и наружных цилиндрических поверхностей. [1]

Изношенные места в корпусах наплавляют сваркой и обрабатывают на металлорежущих станках до номинальных размеров либо исправляют, растачивая изношенные отверстия и запрессовывая в них специальные стаканы.

На рис. 11.45 изображено соединение корпуса *2* угольного комбайна с кор1пусом 1 электродвигателя и даны размеры, которые в процессе износа корпуса претерпевают изменения. Отверстие 0 375Н7, оказавшееся изношенным, в корпусе комбайна исправляют -растачиванием и установкой нового центрирующего кольца 3 с наружным диаметром d, соответствующим диаметру отверстия в

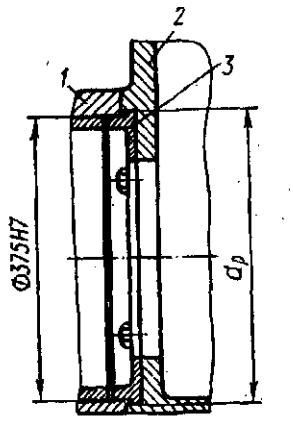


Рис. II.45. Соединение корпуса 1 элекродвигателя с корпусом 2 режущей части комбайна при помощи ступенчатого центрирующего кольца 3

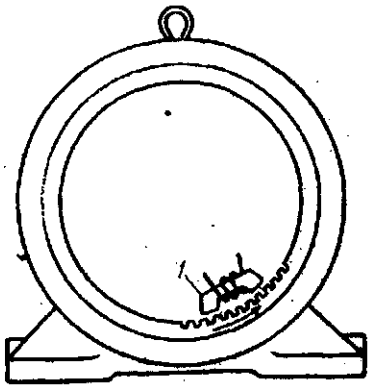


Рис. II.46. Применение полюсного башмака 1 для испытания обмоток

корпусе, полученному после растачивания. Остальные- размеры должны соответствовать установленным на чертеже центрирующего кольца. При этом необходимо выдерживать заданный чертежом характер соединения нового кольца с исправленным корпусом (H7/h7). Если размер 0 375H7 на корпусе электродвигателя сохранился, то по наружному диаметру кольцо допускается изготовить ступенчатым (рис. II. 45). Новое центрующее кольцо маркируют одним номером с корпусом, так как его можно собрать с данным корпусом, т. е. оно имеет свободный ремонтный размер, а не стандартный.

10. Ремонт цилиндров. В настоящее время применяют 2 способа ремонта цилиндров: 1) обыкновенное растачивание с последующей машинной доводкой (хонингованием); выполняется в небольших ремонтных мастерских; 2) тонкое растачивание наспециальных расточных станках с последующей машинной доводкой или без нее; выполняется в крупных центральных электромеханических мастерских (ЦЭММ) и на рудоремонтных заводах.

Если есть возможность доставить цилиндр в мастерские, то растачивание осуществляют на стационарном станке. Для растачивания цилиндров на месте установки применяют специальные переносные станки, после чего обычно производят окончательную машинную доводку. Доводят цилиндры до точного размера и придают ему гладкую поверхность хонингованием, т. е. съемом мельчайшей стружки при помощи абразивных брусков» закрепленных в специальной "доводочной головке, которая, кроме вращательного движения резания, имеет возвратно-поступательное движение подачи.

11. Поршневые кольца и поршни. Изношенные кольца заменяют новыми, иногда изготовленными собственными средствами. Материалом для поршневых колец служит высококачественный чугун, обеспечивающий большую упругость и высокие

антифрикционные свойства.

Изготовляют кольца одним из трех наиболее распространенных способов: 1) из круглых барабанов-маслот; 2) из эллиптических барабанов; 3) из отдельных литых колец эллиптической формы (индивидуальная отливка).

Из цилиндрических маслот кольца изготовляют следующим образом. Предварительно обрабатывают маслоту на токарном станке; при этом ее наружный диаметр оставляют на 0,05 мм больше диаметра цилиндра машины, а внутренний расчитывают на 0,012 мм больше того диаметра, который должна иметь заготовка после вырезания замка. Затем из обточенной части нарезают кольца с припуском по высоте на шлифовку 0,2-0,3 мм. Из каждого кольца вырезают часть длиной 0,1 диаметра цилиндра, выпиливают замок и шлифуют торцы колец на плоскошлифовальном станке под размер кольца по высоте. После этого зажимают партию колец в специальном приспособлении и протачивают их по наружному диаметру на требуемый ремонтный размер. Затем, йзменив закрепление, растачивают по внутреннему диаметру. В маслосъемных кольцах последней операцией является фрезерование маслосборочных канавок.

Чтобы изготовить кольца из круглых барабанов, нужны 2 токарные операции (двойное обтачивание), при обработке много металла уходит на стружку. Изготовление колец из эллиптических барабанов отличается тем, что после разрезания барабана на кольца и вырезания вставки кольцо в сведенном виде имеет форму, приближающуюся к окружности. Обточенное кольцо не требует после этого повторных обработок, получается концентрическим и достаточно упругим. Этот способ дает большую экономию материала и сокращает время обработки.

Длинные барабаны, применяемые для колец, имеют неодинаковую плотность и твердость по длине. Чтобы обеспечить однородность материала колец, их изготовляют из индивидуальных отливок.

Поршни чаще всего приходится ремонтировать вследствие изнашивания канавок для колец. Разработанные канавки протачивают на станке и ставят в них новые кольца соответствующей ширины. Контролируют поршневые канавки поршневым кольцом или шаблоном. Если на поршне обнаружены задиры, риски и т. п., то его следует прошлифовать; полученный при этом несколько увеличенный против нормального зазор компенсируется поршневыми кольцами. Однако большие зазоры между поршнем и цилиндром (свыше Д = 0,005 D) допускать нельзя, так как с увеличением зазора понижается КПД машины и нарушается масляная пленка. Поэтому поршни с глубокими задирами, а также поршни с трещинами на боковых поверхностях бракуют.

Глава 14. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ

14.1. Общие сведения

Средний и капитальный ремонт электрических машин и аппаратов целесообразно выполнять лишь в стационарных мастерских,

оснащенных соответствующим оборудованием, испытательными аппаратами и измерительными приборами.

Поступившие для ремонта в мастерские машины и аппараты следует очистить от грязи и тщательно осмотреть. При контрольном осмотре нужно определить состояние машины или аппарата, вид ремонта, составить соответствующие акты, учетные карточки и другие документы, установленные соответствующими инструкциями и правилами ремонта. В результате контрольного осмотра машину или аппарат направляют в соответствующий цех для ремонта.

В горной промышленности наиболее часто приходится ремонтировать асинхронные детали, реже - пусковую аппаратуру: рубильники, автоматы, пускатели и т. д. Поэтому в настоящей главе основное внимание уделено ремонту обмоток статоров и роторов двигателей переменного тока. Применяющиеся методы выявления основных неисправностей в электромашинах описаны здесь весьма схематично, так как по этим вопросам имеется обширная специальная литература.

14.2. Ремонт статорных обмоток машин переменного тока

Выявление неисправностей. Неисправности в статорных обмотках машин переменного тока, характер и объем ремонта определяют в электроремонтном цехе. Результаты осмотра заносят в ведомость. В зависимости от размера повреждения и состояния неповрежденной части решают вопрос о необходимости частичного ремонта или полной перемотки статора.

Сопротивление изоляции обмоток измеряют мегомметром. Если оно ниже допустимого, проверяют каждую фазу в отдельности. Найденную поврежденную фазу разъединяют на участки и устанавливают, в каком из них имеется замыкание на корпус.

Для дальнейшего уточнения места заземления применяют магнитный метод: постоянный или переменный ток подводят к началу или концу обмотки поврежденного участка и тонкой стальной пластинкой (щупом) водят вдоль обмотки к ее концу или началу и к корпусу машины. По пазам поврежденного участка щупом водят, начиная от включенного конца. Ток идет по катушкам фазы только до места, где произошло заземление, вследствие чего в этом месте щуп к пазам не притягивается. Притяжение щупа происходит с легким жужжанием, что облегчает определение места повреждения. Найденную неисправную катушку отсоединяют от остальной части обмотки и мегомметром определяют правильность установленного места повреждения. Замыкание между фазами можно определить этим же способом.

Наличие межвиткового замыкания в обмотке статора разобранной машины можно обнаружить магнитным башмаком (рис. 11.46). Чтобы получить достаточное напряжение между витками при небольшом магнитном потоке башмака, его возбуждают током частотой 500 Гц. Если в катушке есть межвитковое замыкание, то с приближением магнитного башмака в ней возникает ток. Притяжение стальной пластинки к зубцам статора, охватывающим вторую сторону катушки, укажет на наличие межвиткового замыкания. Перед проверкой обмотки магнитным башмаком параллельные цепи следует разъединить, так как при их наличии

Рис. 11.47. Прибор ВУГИ для выявления дифектов в обмотках электрических Машин:
1 и 2- шайбы фиговые; 3 - втулка; 4 - фибровая рукоятка; 5 - шарйкоподшипник; 6 - гайка из немагнитного материала

Рис. 11.48. Укладка всыпной обмотки в пазы:
1 - прокладка; 2 - клин

возбуждаемое башмаком в секции напряжение вызывает ток, замыкающийся через параллельную цепь. Магнитным башмаком проверяют также отсутствие межвиткового замыкания во вновь изготовленных обмотках.

Замыкание между фазами и межвитковое замыкание в обмотке статора могут быть обнаружены и другими методами: •двойного моста, потенциометра и др.

Распаянные соединения можно найти, измеряя сопротивление фаз обмотки, или по нагреву при пропускании постоянного тока.

В угольной промышленности для выявления дефектов в обмотках электрических машин применяют прибор ВУГИ (рис. П.47). Неисправности в обмотках статора этим прибором определяют так: в соединенную статорную обмотку подают напряжение 10-16 % нормального. Прибор вставляют в расточку статора так, чтобы шайбы 1 и *2.* опирались на внутреннюю поверхность стали статора. Вращающееся магнитное поле увлекает верхнюю обойму цодшипника, и она начинает медленно вращаться. В тех местах, где есть обрыв в обмотке или короткозамкнутый виток, обойма не вращается. Если фазы включены неправильно (перепутаны концы и начала фаз), направления вращения обоймы в различных участках поверхности статора будут разными.

Подготовка статора к **перемотке.** В случае частичной перемотки статор тщательно продувают и протирают тряпкой, смоченной в бензине. После этого удаляют поврежденную часть обмотки.

Если нужна полная перемотка, то рекомендуется после продувки сжатым воздухом прогреть обмотку током или в печи для **размягчения** лака, склеивающего обмотки. После этого легче удалить клинья и обмотку. Если старая изоляция пазов снимается плохо, то **статоры** малых машин после снятия обмотки погружаются в горячее трансформаторное масло. Остатки старой изоляции размягчаются. Затем небольшой статор промывают в ванне с 2-3 % -ным раствором щелочи для удаления грязи и масла и просушивают. Большие **статоры** очищают концами, смоченными в бензине.

После очистки и просушки статора тщательно осматривают состояние стальных пакетов, зачищают пазы от заусенцев, ввинчивают шпильки, стягивающие сердечник, проверяют мегомметром изоляцию э№х шпилек. Пазы и торцевые части сердечника и нажимных шайб покрывают лаком. Нажимные шайбы и пазы изолируют. Для изоляции пазов применяют электрокартон

с прокладками из лакоткани, микафолия или микаленты. Электрокартон следует проваривать в льняном масле. После просушки масло образует на поверхности электрокартона пленку, значительно повышающую пробивное напряжение.

Намотка обмоток. Приводим способы обмотки статоров в зависимости от формы паза, от напряжения и мощности машины.

1. Укладка секций (катушек) по одному проводнику через прорезь полузакрытого паза. Обмотка называется *всыпной;* она может быть двух- и однослойной. Всыпные обмотки широко применяются в машинах малой и средней мощности при напряжении до 500 В и классе изоляции А. Используют провода марок ПБД, ПЭБЛО, а для малых двигателей ПЭЛ, ПЭЛШО. Подготовленные для укладки катушки (секции) наматывают на раздвижной шаблон. Чтобы уменьшить количество паек и соединений, наматывают сразу все катушки, приходящиеся на полюс-фазу, а при двухполюсной машине - на всю фазу. Намотанные на шаблоне катушки связывают лентой через специальные вырезы в шаблоне и в дальнейшем не изолируют. При намотке необходимо избегать перекрещиваний, которые приводят к витковым замыканиям.

Чтобы повысить влагостойкость и лучше склеить хлопчатобумажную обмотку, намотанные на шаблоне катушки перед укладкой пропитывают в лаке № 447. Рекомендуемый режим пропитки: сушка в печи 8 ч при 100-105°С, пропитка, сушка 8 ч при 100-105°С. Режим повторяют дважды.

Гильзы для всыпных обмоток изготовляют на оправках с выходом через щель паза для защиты проводников при укладке от повреждений. При укладке двухслойных обмоток между двумя слоями в пазу и в лобовых частях (между головками) делают прокладки 1 (рис. 11.48) из материла, применяемого для пазовой изоляции. После укладки через прорезь всех проводников (катушек) выступающие края гильзы из электрокартона срезают ножом заподлицо q расточкой статора и загибают.

2. *Укладка предварительно изготовленных катушек в открытые пазы.* Обмотка может быть двух- и однослойной с классом изоляции А или В. Называется обмотка *шаблонной;* применяется для мощных высоковольтных машин. Предварительное изготовление секций позволяет получать высококачественную изоляцию.

Общую изоляцию катушек шаблонной обмотки можно выполнять в двух вариантах: 1) с непрерывкой изоляцией микалентой прямой (пазовой и вылета) и лобовых частей: 2) со смешанной изоляциеи, состоящий в прямой части из миканита и микафолия, а в лобовой - из лакоткани.

Непрерывная изоляция совершеннее смешанной. Она пригодна цця двигателей, работающих в сырых условиях (водоотливные установки). В машинах напряжением более 1 ООО В непрерывная изоляция постепенно вытесняет смешанную. Катушки для непрерывной изоляции обматывают микалентой по всей длине с промазкой лаком № 462. Лак способствует скольжению ленты и тем самым более плотной ее укладке. После достижения требуемой толщины изоляции катушки покрывают торфяной или миткалевой лентой в пазовой части в 1/4 нахлестки, а в лобовой части - в полную нахлестку. Затем их испытывают повышенным напряжением от корпуса и на отсутсвие виткового замыкания и укладывают в пазы

(если позволяет место) с коробочками и прокладками из пропитанного электрокартона на дне паза и между катушками.

Смешанная изоляция имеет следующие недостатки: стык разных видов изоляции у выхода из стали и лобовые части изолированы, лакотканью, обладающей сравнительно высокой гигроскопичностью, поэтому такую изоляцию можно применять только для машин, работающих в сухих помещениях.

После укладки всех катушек выполняют пайку и изоляцию соединений.

Разновидность шаблонной обмотки - *шинная обмотка.* Ее вкладывают в полуоткрытый (сапожковый) паз через прорезь паза. Предварительно формуемые секции такой обмотки могут выполняться с изоляцией класса А или Б. Обмотка имеет очень много паек, что является ее недостатком.

14.3. Ремонт роторных и якорных обмоток

Фазные и роторные обмотки. Типичная роторная обмотка - двухслойная волновая, выполняемая в двух вариантах: 1) стержни по всей длине изолируются лакотканью; 2) прямая часть изолируется опресс.ованным миканитом или микафолием, а лобовая - микалентой или ликотканью и снаружи хлопчатобумажной лентой. Непрерывная изоляция роторных стержней, как более совершенная, постепенно вытесняет смешанную. Соединяют стержни пайкой или сваркой. Эти места в обмотках наиболее уязвимы.

В электродвигателях с фазным ротором обрыв роторной фазы может произойти вследствие распайки соединений или неисправной работы замыкающего механизма. Иногда обрыв появляется только во вращающемся роторе при нагревании и не может быть обнаружен при измерении сопротивления роторных фаз на неподвижном роторе. Дефекты в обмотке фазного ротора можно определять прибором ВУГИ (см. рис. 11.47). Для этого ротор вынимают из статора и подают на кольца напряжение 10-15 % номинального. Испытание проводят так же, как и для статорных обмоток машин переменного тока, проходя прибором по периферии ротора.

При значительном загрязнении и общей изношенности роторной изоляции требуется полная перемотка ротора. Соединения распаивают, стержни с одной из сторон выпрямляют и вытаскивают из паза. Старую изоляцию стерженй удаляют, стержни промывают бензином, отжигают и вновь изолируют.

Подготовка ротора к укладке обмотки заключается в тщательной прочистке пазов, наложении пазовой изоляции и изолировании обмоткодержателей. Укладывают три соединительные скобы и тщательно изолируют их от нижних стержней. Затем закладывают нижние стержни и устанавливают прокладки между стержнями в лобовой части (материал прокладок - миканит или микафолий для роторов напряжением свыше 500 В и роторов водоотливных установок, для остальных установок - пропитанный электрокартон). Молотком через фибровую прокладку стержни подбивают вниз и стягивают лобовые части тонким временным бандажом. После этого закладывают изоляции между нижним и верхним лобовыми ча<?тями, выдвигают верхние стержни, отгибают и изолируют лобовые части. Верхние и нижние шины в соответствии

с обмоточной ведомостью соединяют медными облуженными скобочками, проверяют, нет ли замыкания на корпус и Между обмотками.

После припайки скобочек и кольцевой шины, соединяющей обмотку в звезду, временный бандаж заменяют постоянным, сушат и пропитывают ротор, а затем испытывают спайки в 2-3-кратным током в течение одной минуты.

Новые бандажи наматывают по данным старых, занесенным в обмоточную ведомость. Для бандажировки применяют стальную проволоку соответствующего диаметра с пределом упругости 0,16 МПа. Если применяют проволоку другого сечения, чем указано в обмоточной ведомости, то количество витков изменяют так, чтобы получить прежние общие сечения бандажа.

Бандажи накладывают на сердечник и на лобовые части. Для бандажирования пользуются специальным бандажировочным или токарным станком, создавая требуемое натяжение проволоки соответствующим приспособлением. Натяжение Р, Н стальной проволоки при бандажировании

$$P = 500\ d^2,$$

где d - диаметр проволоки (1-2 мм).

Окончательную пропайку бандажей выполняют тонким слоем олова по всей поверхности бандажа, причем наплавов олова быть не должно. Загнутые в бандаже концы полосок из жести необходимо тоже пропаивать.

Ремонт клеток короткозамкнутых роторов. Повреждения клеток проявляются в виде трещин в замкнутых кольцах или в стержнях. Трещины в стержнях можно обнаружить по колебаниям тока в статоре во время опытного короткого замыкания двигателя при поворачивании ротора.

Можно также пользоваться прибором ВУГИ. При этом ротор выдвигают так, чтобы половина ротора была в'не стали статора; между роторной и статорной сталью вставляют деревянные клинья для поддержания равномерного зазора. Затем в обмотку статора подают напряжение 10-15 % номинального, а прибором проходят по периферии части ротора, выдвинутой^из статора. В местах, где в стержнях обмотки имеются обрывы, обойма подшипника перестает вращаться.

Роторы с медной клеткой ремонтируют, заваривая тр^цины в кольце и заменяя треснувший стержень, с последующей сваркой или спайкой его с замыкающим кольцом. При сварке лучшие результаты дает газовый способ; электросварка постоянным током дает много брака из-за хрупкости металла в месте соединения. Пайку выполняют медно-фосфорным припоем, нагревая место пайки газовой горелкой. •

У роторов, залитых алюминием, трещины в замыкающем кольце заделывают припоем из 63 % олова, 33 % цинка и 4 % алюминия. Ротор при этом должен быть подогрет до 450"С. Если трещины обнаружены в стержнях, то алюминевую клетку растворяют, опуская ротор в концентрированную щелочь, и выплавляют при 700-750°С. После этого в пазы вставляют медные стержни такого сечения, чтобы их электрическое сопротивление

равнялось алюминиевым. По торцам стержни приваривают к медному кольцу. Для перезаливки роторов алюминием требуется специальное оборудование, при обычных способах в залитых пазах образуются раковины, трещины и другие дефекты.

Ремонт якорных обмоток. Основные неисправности якорных обмоток следующие: пробой.на корпус или бандаж, замыкание между витками и секциями, распайка соединений, неправильное соединение секций с коллектором или между собой, ухудшение состояния изоляции, механические повреждения.

Для определения дефектов обмотки якоря прибором ВУГИ к трем ламелям коллектора, симметрично отстоящим друг от друга на 120°, подводят переменный ток пониженного напряжения. Правильность соединения и наличие короткозамкнутых витков выявляют так же, как на роторах машин переменного тока.

Подготавливая якорь к перемотке, очищают его от грязи и масла, снимают старые бандажи, распаивают коллектор, снимают старую обмотку и составляют обмоточную ведомость. Перед укладкой новой обмотки якорь тщательно очищают и красят стенки. Коллектор проверяют на отсутсвие замыканий между пластинами, обмоткодержатель изолируют.

Якорные секции изготовляют так же, как и статорные. Изолируя секции, следует обращать внимание на отсутсвие сгустков лака, так как они обычно долго не высыхают и при вращении якоря лак разбрызгивается. Большинство якорей имеют открытые пазы, в которые укладываются заранее отформованные секции. При закладке следят, чтобы прямолинейные участки секции, выступающие из паза, были одинаковыми с обеих сторон якоря.

В машинах мощностью не более 5 кВт обычно бывает полузакрытый паз; секции в них укладывают через прорезь. В этом случае необходимо обращать особое внимание на формовку лобовых частей, так как увеличение размеров в лобовой части приводит к невозможности уложить последние стороны секций.

Нижние концы закладываемых секций в соответствии с разметкой помещают в прорезь коллекторных пластин, а верхние приподнимают так, чтобы они не касались пластин. После укладки всех секций проверяют лампой, какому нижнему, уже заведенному в коллектор, концу, соответствует верхний конец, и, отсчитывая коллекторный шаг, определяют пластину, в которую он должен быть заложен. Когда все верхние концы будут,заведены, магнитным ярмом испытывают обмотку на межвитковое замыкание. При положительных результатах испытания проводники запаивают в коллектор.

14.4. Пропитка и сушка обмоток

Пропитку и наружное покрытие обмоток осуществляют черными и светлыми лаками. Пропиточные лаки в своей основе содержат битумы (асфальты) и высыхающее масло (льняное, тунговое). В

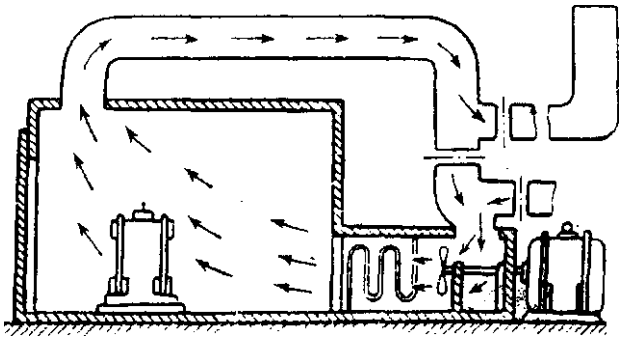


Рис. 11.49. Сушильная печь с паровым подогревом

состав лаков входят также пластификаторы (касторовое масло), растворители (бензин, бензол, керосин, скипидар) и сиккативы (ускорители сушки). Пропиточные лаки требуют длительной сушки в печах при температуре 90-110°С и поэтому их называют лаками печной сушки. К лакам воздушной сушки относятся покровные, хорошо высыхающие на воздухе при комнатной температуре; их можно сушить и в печах, но не более 2-3 ч при 50-70°С.

Изоляционные свойства лака выше, если он сохнет дольше. Поэтому ответственные детали и обмотки пропитывают лаками длительной печной сушки, и только для наружной лаковой пленки применяют быстросохнущие лаки. Для вспомогательных целей, например для подклейки слюды и ее препаратов (миканита, микафолия), применяют клеящие лаки, основой которых служат естественные (шеллак, копал, канифоль) и искусственные (бакелит, глифталь) смолы.

Обмотку или деталь перед пропиткой высушивают для удаления влаги из пор изоляции. Сушат в-печи, в вакуумбаке или другими способами при температуре 100-115°С в течение 3-4 ч.

На рис. 11.49 показана схема устройства сушильной печи с паровым подогревом. Печь оборудована вентилятором с приводом от электродвигателя, паропроводниковыми трубами для подогрева, воздуха и вытяжной трубой. Заслонки позволяют регулировать вытяжку влажного воздуха в вытяжную трубу и циркуляцию, воздуха, обеспечивающую подачу его ко всем частям обмотки. Наилучшие результаты получаются при сушке под вакуумом.

Очень удобна при ремонте сушка инфракрасными лучами. Нагревают детали лампами накаливания специальной конструкции. Облучение лампами легко организовать на месте ремонта: для сушки, статора при вынутом роторе лампы можно расположить в расточке статора; при сушке якоря можно расположить лампы вокруг него.

После сушки детали охлаждают до температуры 55-70°С 'и пропитывают. Один из лучших методов пропитки - погружение детали в лак. Поэтому мелкие статоры и роторы целиком погружают в бак с лаком. Якори опускают вертикально коллектором вверх,

причем лак не должен доходить до петушков коллектора на 15-20 мм. Изделия выдерживают в лаке до прекращения газовыделения. После этого их помещают в- сушилку. Крупные статорные обмотки можно пропитывать, обливая обмотку при вертикальном положении оси статора. После обливания одной стороны лобовой части статор переворачивают и операцию повторяют. Под статор ставят корыто для стекания лака. Пропитку можно осуществлять и прокатыванием статоров в корытах с лаком.

Перед пропиткой рекомендуется осторожно обжечь лобовые части обмотки пламенем паяльной лампы, чтобы уничтожить ворсинки на изоляции. При наличии ворсинок снижается влагостойкость пленки лака, так как через них влага легко засасывается внутрь катушки. Детали со старой обмоткой перед пропиткой тщательно протирают тряпкой, смоченной в бензине. У роторов и якорей, предназначенных к пропитке со старой обмоткой, рекомендуется снять старые бандажи и всякого рода чехлы, под которыми могут остаться сгустки лака. Якори и роторы бандажируют временными бандажами и в таком виде пропитывают.

После пропитки деталь ставят в наклонное положение, чтобы лак мог стечь, а затем сушат. Пленка хорошо просушенной детали совершенно не липнет к руке. Особенно тщательно необходимо просушивать лаки в роторных и якорных обмотках, так как в противном случае возможно выбрасывание лака из пазов при вращении ротора. Вместе с тем при продолжительной сушке и высокой температуре лак становится хрупким и преждевременно стареет.

Пропитка может производится двукратно и более; повторные пропитки повышают влагостойкость обмотки.

Для дополнительной защиты лобовых частей низковольтных обмоток от воздействия влаги, смазочного масла и пыли можно применять специальные обмазки: 1) пасту ЭЛСИ (завода "Электросила"), состоящую из маслянного лака и наполнителей (цемента, талька). Эта паста после нагревания при 80-100°С в течение 8-10 ч образует твердый, прочный и гладкий покров; 2) компаунд обмазочный Л14402 (завода ХЭМЗ). Обмазки наносят тонкими слоями в несколько приемов. Однако обмазки ухудшают теплоотдачу лобовыми частями обмоток и снижают мощность двигателей до 20% . Поэтому при ремонте обмазки следует применять только на двигателях, выполненных с обмазками завода^ми-изготовителями.

Чтобы придать обмоткам масло-, влаго-, дугостойкость и пр., их покрывают покровными лаками, эмалями или их комбинациями. Пбкрытие осуществляют окрашиванием кистями, разбразгиванием при помощи пульверизатора, погружением. Для небольших машин покровные лаки-эмали сушат в печи, а для больших машин, не позволяющих поставить их в сушильную печь, применяют покровный лак воздушной сушки.

В пропиточном отделении должна быть интенсивная вентиляция, должны соблюдаться все меры противопожарной безопасности.

14.5. Ремонт трансформаторов

При эксплуатации трансформаторов некоторые их детали подвергаются термическим и электродинамическим воздействиям, стареет изоляция обмоток, деформируются катушки, витки и происходит корпусное замыкание.

Электрические повреждения. В обмотках шахтных силовых и осветительных трансформаторов возможны такие же повреждения, как и в обмотках электрических машин, а поэтому для их обнаружения применяются аналогичные способы.

Признаком повреждения в трансформаторе служит также выход газа, по окраске которого можно судить о характере повреждения: беловатый, негорючий газ с острым запахом указывает на повреждение изоляции; желтый, трудно воспламеняющийся газ характеризует повреждение деревянных деталей. Место повреждения в обмотках транформаторов можно выявить также опытом короткого замыкания: поврежденное место окажется более нагретым, чем другие. При коротком замыкании между витками выделяется газ, что легко обнаруживается в трансформаторах, оборудованных газовыми реле. Если же такого реле нет, повреждения от виткового замыкания обнаружить труднее.

Когда поврежденные катушки обмоток трансформатора приходится заменять новыми, необходимо при изготовлении точно выдерживать все параметры старых, заводских катушек. Наматывают их проводом с бумажной изоляцией, причем избегают непроверенного провода, подвергающегося переработке в кустарных условиях.

Для изготовления каркасов катушек, прокладок и шайб следует применять лучшие материалы; обыкновенный электрокартон можно применять при напряжении не выше 6000 В.

Обмотки масляных трансформаторов пропитывают бакелитовым и глифталевым лаками, которые дают маслостойкую пленку и не вызывают преждевременного старения масла. Обмотки сухих трансформаторов лучше пропитывать асфальтово-масляным лаком.

Ненормальное гудение трансформаторов наблюдается при плохой стяжке его сердечника. Кроме того, с течением времени стареет изоляция стяжных болтов, что вызывает короткое замыкание в болте при его соприкосновении с листами, нагрев болта и, как следствие нагрева, разложение масла. Изоляцию болта можно проверить мегомметром. Замыкание некоторых листов сердечника вследствие повреждения межлистовой изоляции вызывает местное увеличение нагрева стали от вихревых токов, что может привести к выгоранию листов. Такое явление, называемое "пожаром в стали", понижает температуру вспышки, вызывает появление специфического запаха масла и газа. Оно может иметь место и при нагрве стяжных болтов. Чтобы устранить эти повреждения, нужно разобрать магнитопровод, зачистить оплавление или замыкающие места и изолировать оголенные участки лаком или бумагой.

Отремонтировать трансформаторные баки и радиаторы с трещинами при незначительной течи масла можно чеканкой трещины. В местах, не подвергающихся механическим напряжениям и нагревающихся до температуры не выше 70°С, течь можно устранить, покрывая трещину карбинольным клеем. Обычно же

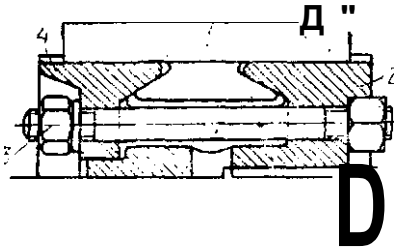


Рис. 11.50. Разрез коллектора: 1 - петушки для припайки концов катушек; 2 - втулка с коническим выпуском; 3 - коллекторный болт; 4 - изоляционный диск; 5 - пластина коллектора

места течи подваривают при помощи газовой или электрической сварки. Баки рудничных трансформаторов после заварки трещин подвергают гидравлическому испытанию при давлении 0,2 МПа (1 атм) для трансформаторов ТМШ с маслянным охлаждением и 0,9 МПа (8 атм) для трансформаторов ОСШ и ТСШ с воздушным охлаждением.

14.6. Ремонт коллекторов и щеткодержателей

Коллектор машины (рис. 11.50) может иметь следующие неисправности: 1) обгорание поверхности вследствие искрения щеток или кругового огня; 2) выдавливание пластин и биение вследствие плохой сборки или применения некачественного миканита; 3) выдавливание изоляции из промежутка между пластинами из-за износа пластин или ослабления крепления коллектора; 4) выступание пластин на краю коллектора; 5) отламывание части петушка; 6) замыкание между пластинами или на корпус.

Коллектор с обгоревшей поверхностью шлифуют стеклянной шкуркой, а затем пемзой. Если нужно обточить его, применяют острый резец, чтобы уменьшить образование на пластинах заусенцев и глубоких рисок.

Биение поверхности коллектора допускается не более 0,03 мм. Проверяют его индикатором. Для уменьшение биения подтягивают коллекторные болты 3 (рис. 11.50), затем нагревают коллектор до 100-110°С, снова подтягивают болты и обтачивают пластины. Выдавливание единичной пластины часто вызывается местным дефектом изоляционного конуса, а поэтому подтягиванием и обтачивванием исправить его нельзя.Конусы и пластину нужно снять и осмотреть.

По мере изнашивания пластин миконитовые прокладки между ними выступают на поверхность коллектора, мешая работе щеток. Эти прокладки нужно продораживать (фрезеровать) на глубину около 1 мм ниже поверхности пластин. После продораживания коллектор следует тщательно отшлифовать и продуть; .

При повторных перемотках якоря, может повредиться петушок, отломаться щечка. Такую пластину приходится вынимать для напайки твердым припоем недостающей части.

Когда.пластины коллектора настолько сработаны, что высота их мала, следует заменить его новым. Для этого коллектор отпаивают от обмотки и снимают с якоря. Перепрессовка коллектора требуется также в тех случаях, когда обнаруживается повреждение изоляции между пластинами или от корпуса. Замыкание между пластинами

обычно обнаруживается при проверке дефектного якоря методом милливольтметра. Чтобы определить, есть ли замыкание в обмотке или между пластинами, отпаивают концы секций, подходящие к этим пластинам, и проверяют их электрической лампочкой.

Замыкание коллектора с корпусом ^аще всего происходит в одном из конусов (рис. Ц.50). Перед разборкой на коллектор надевают прессовочное кольцо или накладывают временный бандаж из стальной бандажной проволоки. Под бандаж подкладывают полоску из электрокартона. Затем снимают передний конус, укрепленный болтами или гайкой по резьбе, и повторно проверяют изоляцию лампочкой, чтобы установить на переднем или на заднем конусе находится замыкание. Иногда требуется замена изоляционной прокладки в нижней части ласточкина хвоста. Ремонтируя изоляционные конуса при небольшой площади прогара, расчищают поврежденное место, а затем наклеивают шеллачным лаком листочки слюды. При больших повреждениях требуется замена конуса. Пластины ремонтируют напайкой недостающих частей твердым припоем. Если же размер повреждений значителен, изготовляют новые пластины из твердотянутой химически чистой меди.

Полная перепрессовка коллектора состоит из следующих операций: 1) сборка пластин в пачку на ровной плите и стягивание хомутом; 2) нагрев пачки в печи до 120-150°С и подтягивание всех болтов хомута; 3) проточка на токарном станке; 4) тщательная очистка от стружки и проверка контрольной лампой состояния изоляции; 5) напрессовка пачки на втулку; 6) напрессовка коллектора на вал; 7) проточка поверхности коллектора и продораживание; 8) испытание от корпуса и на соединение между пластинами на установленные нормы.

При ремонте щеткодержателей необходимо соблюдать следующие требования: 1) щетка должна легко скользить в обойме, однако без качки; 2) щеткодержатель должен обеспечивать достаточный нажим на щетку, по возможности постоянный, независимо, от износа щетки; 3) щеткодержатель должет быть надежно укрепле'н и не дрожать при работе машины.

14.7. Ремонт деталей пусковой и распределительной аппаратуры

Ремонт пускателей, выключателей и распределительных ящиков состоит в замене или исправлении поврежденных и изношенных деталей. Заменяя Детали, необходимо выполнять требования, установленные правилами и нормами для их изготовления и применения.

Новые контакты нужно, изготовлять из химически чистой (электролитической) твердотянутой меди, желательно штамповкой. Изношенные крепежные детали в пускателях напряжением 220/380 Е заменяют новыми, а в высоковольтных выключателях иногда ремонтируют. Поврежденные изоляторы заменяют новыми, такого же размера. Катушки реле проверяют и при необходимости перематывают. Поврежденные детали из цемент-азбеста обычно заменяют новыми, получаемыми от машиностроительных и рудоремонтных заводов.

Ремонтировать и изготовлять детали, обеспечивающие взрывобезопасность электрооборудования следует в соответствии с "Правилами безопасносни в угольных и сланцевых шахтах" (М.,

Недра, 1974). Все изготовленные и отремонтированные детали, за исключением оболочек (корпусов, крышек и пр.), подвергающихся гидравлическому испытанию, специальный приемщик должен сверять по чертежам и клеймить. Только после этого они могут направляться на сборку. В угольной промышленности ремонт взрывобезопасного электрооборудования производится в центральных электромеханических мастерских или на рудоремонтных заводах, соответственно оборудованных и имеющих на то разрешение комбината или объединения. Машины и аппараты, которые нельзя привести во взрывобезопасное состояние, выпускают из ремонта как рудничные нормальные. В этом случае на корпусах электрооборудования срубают букву "В" или "П", наваривают букву "Н" размером не менее 15 мм и окрашивают ее в красный цвет. Оборудование, переведенное из взрывобезопасное в нормальное, не пригодно для установки в местах, опасных по газу или пыли.

14.8. Испытание оболочек на взырвобезопасность

Оболочки и крышки, восстановленные или изготовленные взамен забракованных заводских, подвергают обязательному гидравлическому испытанию водой в соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах. В зависимости от вместимости оболочки давление в процессе испытания (по манометру) постепенно доводят до следующих значений: при вместимости менее 0,5 л - до 0,4 МПа; при вместимости 0,5-2 л - до 0,7 МПа; при вместимости более 2 л - до 0,9 МПа. Выдержка при достигнутом давлении должна быть 2 мин. Одновременно деталь обстукивают для выявления пустот. Допускается запотевание деталей и незначительная капель при условии, что на 1 дм^2 поверхности находится не более одного источника капели, и капли отделяются не чаще чем через 20 с. Такие детали клеймят как пригодные к сборке. Результаты испытания заносят в специальную книгу.

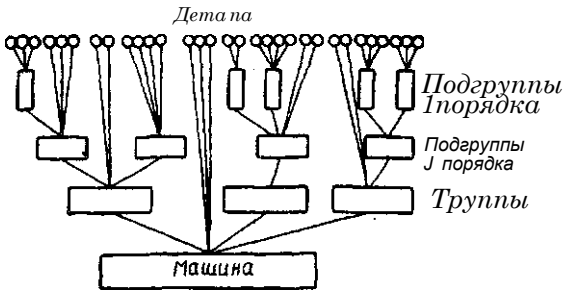
При наличии сквозных свищей и выбрасывании воды струйкой деталь считается непригодной. После полного снижения давления и спуска воды пористость детали обычно устраняют опрессовкой 25 % -ным раствором жидкого стекла или бакелитового лака под давлением, равным испытуемому, либо зачеканкой или вырубкой мест капели с последующей заваркой. Устранять пористость детали можно, применяя металлизацию напылением, карбинольный клей или клей типа БФ. Затем осуществляют повторное гидравлическое испытание. Если потение и капель не уменьшились до нормы, деталь бракуют.

Глава 15. СБОРКА МАШИН

15.1. Общие сведения

Сборка, выверка и испытание отдельных узлов и машин в целом - завершающая стадия производства машин, осуществляемая после изготовления или ремонта деталей. Трудоемкость сборочных работ составляет 10-12 % общей трудоемкости производства машин в массовом производстве, 25-30 % - в серийном и 35-45 % - в единичном и мелкосерийном. Сборка машин в единичном

производстве осуществляется по принципу концентрации операций с минимальным количеством специальной оснастки слесарями-сборщиками высокой квалификации. При увеличении масштаба производства концентрация операций заменяется широкой их дифференциацией с применением специальной оснастки и механизации процессов сборки. Такое совершенствование технологического процесса позволяет организовать работу по сборке машин на поточной линии, а при дальнейшем увеличении масштаба производства перейти к конвейерным линиям сборки.



II. 51. Схема сборки машины

Технологическим процессом сборки называется комплекс сборочных и слесарных работ, которые^необходимо выполнить для того, чтобы из отдельных узлов и деталей получить готовую машину. При правильно разработанном технологическом процессе сборки сначала детали соединяют в узлы, а потом из них собирают машину.

Разбивку машины на сборочные единицы (узлы) и отдельные детали (рис. 11.51) показывают схематично. Каждую сборочную единицу изображают в виде прямоугольника, внутри которого (или рядом с ним) пишут наименование и номер сборочной единицы, а иногда и трудоемкость ее сборки (в часах). Отдельные детали, входящие в состав сборочных единиц, изображают на схеме окружностями или треугольниками с указанием номеров деталей. Часть технологического процесса сборки, относящаяся к сборке узлов, называется *узловой сборкой.* Сборка всей машины из собранных ранее узлов называется *общей сборкой.*

Проверка правильности соединений и взаимного расположения отдельных деталей, узлов и машины в целом - составная часть технологического процесса сборки. Ее осуществляют на всех этапах сборки. Технологический процесс сборки, как и процесс механической обработки, состоит из отдельных операций, которые, в свою очередь, расчленяются на более мелкие срставные части - переходы и позиции (см. 1.2).

Организационные формы сборки. В единичном и мелкосерийном производствах сборка машин обычно осуществляется на одном неподвижном рабочем месте, к которому подаются все детали и узлы. Такую сборку называют *стационарной.* Общая стационарная сборка может выполнятся непосредственно из деталей или из предварительно собранных узлов. **В** первом случае сборка обходится • дорого, так как требует больших затрат времени и высокой квалификации слесарей-сборщиков, не позволяет специализировать рабочих на отдельных операциях. Поэтому общую сборку непосредственно из деталей стремятся заменять узловой сборкой, которая позволяет достигнуть некоторого повышения производительности труда и сокращения длительности всего

процесса сборки.

В крупносерийном и массовом производствах применяется в основном поточный метод подвижной или стационарной сборки. При подвижной поточной сборке изделия обычно находятся на конвейере и перемещаются непрерывно или через определенный промежуток времени. Иногда сборка сложных машин требует применения нескольких конвейеров, из которых один служит для общей сборки, а остальные - для узловой.

При выпуске крупных машин, перемещение которых затруднительно, применяется *стационарная поточная сборка.* Собираемое изделие устанавливается на неподвижном стенде. Каждая бригада рабочих, выполнив определенную операцию на этом стенде, переходит к следующему стенду и на нем выполняет ту же операцию с другим изделием.

Для соблюдения непрерывности процесса поточной сборки необходимо обеспечить его ритмичность. Процесс сборки строят так, чтобы длительность каждой операции равнялась или была кратной такту (темпу) выпуска изделий с данной поточной линии.

Отрезок времени, мин,-по истечении которого должно быть собрано изделие, называется *тактом сборки:*

$$* = {}^{к}(^{T}см - T_{0Б} - T_{н.п})/М, \qquad (232)$$

где T^ - длительность рабочей смены, мин; T_{06} - затраты времени на обслуживание рабочих мест, мин; $T_{нп}$ - затраты времени на нормированные перерывы для отдыха во время работы, мин; М - заданный выпуск изделий за смену, шт; к - коэффициент запаса производительности сборочного участка. Чем ближе коэффициент к единице, тем лучше организован поточный процесс.

В такт поточной сборки должна укладываться сумма времени, затрачиваемого на сборку, и времени, затрачиваемого на переход рабрчих от одного рабочего места к другому или на перемещение собираемого объекта. Если время, затрачиваемое на сборку, т. е. оперативное время, больше такта, то его стараются сделать кратным такту и проектируют параллельное выполнение данной операции с дублированием рабочих мест (рис. 11.52).

15.2. Разработка технологического процесса сборки машин

Исходные материалы при разработке технологических процессов сборки: 1). сборочные чертежи узлов и общие виды машины; 2) спецификации; 3) технические условия приемки узлов и машины в целом; 4) число машин, подлежащих выпуску (годовое производственное задание).

Проектирование технологического процесса сборки включает в себя: 1) выбор метода сборки; 2) определение потребного такта общей и узловой сборки; 3) разработку последовательности операций сборки; 4) разработку схемы сборки и операционной технологии на сборку каждого узла и сборку машины; 5) нормирование сборочных работ; 6) распределение сборочных работ для каждого рабочего места в соответствии с тактом выпуска; 7) составление технологических карт сборки.

В массовом и крупносерийном производствах

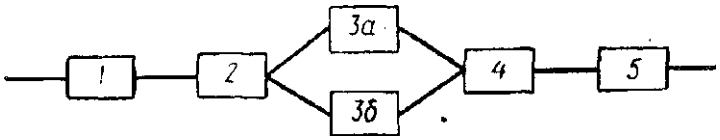


Рис. 11.52. Последовательность выполнения операций при поточной сборке: 1, 2 - первая и вторая операции; 3а и 3б - третья операция с двумя дублированными рабочими местами; 4, 5 - четвертая и пятая операции

технологический процесс сборки при проектировании разрабатывают подробно, расчленяя на операции, переходы и приемы. Для единичного и мелкосерийного производств процесс сборки разрабатывают укрупненно, устанавливая с определенным приближением трудоемкость сборочных работ и разбивая их на операции ориентировочно.

Нормирование сборочных работ. Нормы времени на сборочные работы устанавливают опытно-статистическим методом пробных сборок. Нормы на выполнение отдельных операций определяют сравнением разрабатываемого процесса со сборкой аналогичных машин на передовых предприятиях, а затем уточняют при опытной (пробной) сборке и хронометраже отдельных операций. Общее время, мин, затрачиваемое на сборку узла или выполнение операции,

$$\mathbf{T_{св} = T_0 + t_в} + T_{0Б} + T_{нп}, \qquad (233)$$

где $T_{СБ}$ - основное технологическое время, затрачиваемое непосредственно на сборочные операции, проверку, регулировку, отладку узла и фиксирование деталей, мин; $T_в$ - время, затрачиваемое на вспомогательные операции по обеспечению выполнения основной работы (поднять деталь, взять инструмент, положить инструмент и т. п.), мин; $T_{0Б}$ - время, затрачиваемое в течение рабочего дня на обслуживание рабочего места, мин; $T_{нп}$: нормированное время перерывов на отдых, ожидание деталей, инструментов, вспомогательных материлов, мин.

Часто при проектировании сборочных процессов удобно давать T_0 и $\mathbf{T_в}$ суммарно, т. е. в виде оперативного времени, мин:

$$\mathbf{T_{оп} = T_0 + t_в}, \qquad \mathbf{(234)}$$

причем обычно принимают

$$T_{ов} = 0{,}02T_{ОП}; \qquad (235)$$

$$T_{нп} = (0{,}02 - 0{,}07)T_{ОП}. \qquad (236)$$

При переходе от сборки одной партии узлов 'к другой затрачивается время на подготовку рабочих постов к сборке нового объекта, называемое подготовительно-заключительным временем $T_{п.з}$. Часть подготовительно-заключительного времени, приходящаяся на один собранный узел, в сумме со временем $T_{СБ}$, затрачиваемым на сборку, называется калькуляционным временем $T_к$:

$$T_к = T_{СБ} + T_{пз}/п, \quad (237)$$

где п - число узлов в партии.

Основное влияние на производительность сборочных работ оказывают механизация, внедрение сборочных и контрольных приспособлений, устранение простоев, применение передовых методов работы.

Сборка и выверка узлов, слесарно-пригоночные работы, общая сборка машин, а также контроль за сборкой и выверкой узлов и машин происходят на слесарно-сборочных участках. Каждый участок сборки оборудуют стеллажами для сборки узлов и машин, слесарными верстаками и тисками, гидравлическими и ручными прессами, ваннами с маслом для подогрева подшипников качения, подъемно-транспортными средствами (мостовыми кранами, кранами-балками, талями, электрокарами), а также специальными стендами для испытания собранных узлов и машин в целом.

При решении вопросов сборки, связанных с получением необходимых зазоров или натягов, пользуются размерными цепями (см. 4.10). Для линейной размерной цепи собираемого узла (рис. 11.53) уравнение номинальных размеров имеет вид

$$К = 2 А, , \quad (238)$$

где К - размер конечного (замыкающего) звена цепи, мм; А, - размеры всех остальных (составляющих) звеньев цепи.

Если размерная цепь должна иметь зазор (натяг) А, то он рассматривается как звено и его допуск $1Т_Д$ должен рассчитываться, как всякий другой допуск IT, звена, входящего в размерную цепь:

$$Днв - Днм = ГТ_Д = Z\ 1Т„ \quad (239)$$

где А' и $Д_{нм}$ - соответственно наибольший и наименьший зазоры (натяги), мм; п - число звеньев, входящих в размерную цепь, включая зазор (натяг).

Расчет допусков размерной цепи при сборке машины позволяет: 1) по данным допускам всех составляющих звеньев собираемого узла рассчитать допуск замыкающего звена; 2) по заданному допуску замыкающего звена (обычно называемого в этом случае исходным) найти наиболее рациональные значения допусков составляющих звеньев; 3) исходя из общих требований к собираемому узлу, рассчитать наиболее рациональное сочетание допуска замыкающего звена и допусков остальных звеньев.

15.3. Виды сборки деталей и узлов

Заданную точность сборки машин можно получить пятью различными видами сборки: 1) полной взаимозаменяемостью; 2) сортировкой деталей по группам (селективной сборкой); 3) подбором (неполной взаимозаменяемостью); 4) применением компенсаторов; о) пригонкой или изготовлением деталей по месту. Выбор того или иного вида сборки зависит от количества рамонтируемых однотипных машин, принятой системы организации ремонта и его технической оснастки, квалификации ремонтных рабочих, а также конструктивных особенностей узлов и машины в целом.

В современной ремонтно-монтажной практике, как и в машиностроении, большое значение имеет взаимозаменяемость деталей, под которой понимают пригодность любой детали данной партии для сборки без дополнительной обработки и пригонки. То же' относится к взаимозаменяемости узлов и агрегатов. Узлы, называются взаимозаменяемыми, если при перестановке на машину одного узла взамен другого не требуется выполнять дополнительную обработку и подбор, а работа машины при этом не претерпевает никаких изменении. Такая взаимозаменяемость называется полной.

Сборка с **применением полной взаимозаменяемости** наиболее проста и экономична. Она сводится к соединению деталей без всякого подбора и пригонки, и требуемый зазор или натяг при ней получается с заданной точностью. Однако следует учитывать, что для полной взаимозаменяемости деталей и узлов необходимы совершенные методы обработки, наличие большого числа точных приспособлений, инструментов и контрольно-измерительных приборов.

Сборка с **применением сортировки деталей** (селективная сборка) применяется там, где по условиям работы деталей зазор или натяг требуется получить в более узких пределах, чем получаемый из основных размеров деталей с учетом допусков на их изготовление. При селективной сборке зазоры или натяги необходимой величины получают соответствующим подбором охватывающих и охватываемых деталей, которые в пределах допусков на их изготовление разбивают на несколько групп. Соединяя парные детали, взятые из одноименных групп, можно получить посадки большей точности, чем посадки из всех изготовленных деталей.

Пусть в общем случае допуск вала будет $1T_В$, а допуск отверстия - $1T_Д$. Тогда допуск зазора $1T_З$, мм, при соединении этих деталей

$$IT_З = IT_A + IT_B.$$

Если все валы и втулки рассортировать по размерам на равное число m групп, то, очевидно, в каждой группе будут валы и втулки с допусками $IT_В/m$ и $1T_д/т$. Соединив валы и втулки одноименных групп, получим допуск зазора в этих соединениях:

$$1T_Д/m + IT_В/m = IT_З/m, \qquad (240)$$

т. е. точность соединения становится большей, чем точность изготовленных деталей во столько раз, на сколько разбиты соединяемые детали.

Сборкой с **применением подбора деталей** можно расширить допуски на все звенья размерной цепи, что значительно удешевляет изготовление деталей. Этот метод целесообразно применять для сочленений, имеющих многозвенные цепи, при высокой заданной точности их замыкающих звеньев. Правильное применение этого метода в производстве позволяет в некоторых случаях удешевить изготовление или ремонт машин без снижения качества и точности сборки.

При **сборке** с **применением компенсаторов** необходимую точность размерной цепи можно получить изменением одного из заданных звеньев. Все остальные звенья обрабатывают по допускам, экономически приемлемым для данного производства. Величину компенсирующего звена можно регулировать двумя способами: 1)

а д

Рис. 11.53. Линейная размерная цепь с компенсирующим звеном:
а - с шайбой; б - с подвижной втулкой; 1, 2, 3, 4, 5 - составляющие звенья; 6 стопорный винт

введением в размерную цепь неподвижного компенсатора (прокладок^ шайб, промежуточного кольца и т. п.); 2) измением положения одной из деталей^ выполняющей роль подвижного компенсатора (клина, эластичнои или пружиннои муфты, втулки и т. п.).

На рис. 11.53, *а* изображена схема сборки с применением простого неподвижного компенсатора. Свободное поворачивание деталей *2* и *3* относительно торцов *1 и 5* или между собой и предотвращение большого ^продольного перемещения можно обеспечить не только высокой точностью изготовления линейных размеров А, и $А_2$ деталей, а пригонкой или изготовлением по месту специальной детали - компенсаторной шайбы 4. Роль компенсатора можно придать какой-либо другой детали узла, например детали 3. тогда требуемые зазоры можно получить пригонкой по месту одного из торцов этой детали и компенсаторная шайба не потребуется. Вместо одной шайбы 4 можно применить набор тонких шайб-прокладок определенной толщины. Из них для заданной комбинации размеров можно подобрать такое необходимое число прокладок, чтобы получить требуемый зазор на замыкающем звене $А_к$.

Подвижные или регулируемые компенсаторы представляют собой соответствующие звенья цепи. На рис. 11.53, б показана схема применения подвижного компенсатора - втулки с продольным расположением стопорного винта. Вместо пригонки размера А передвигают втулки *4* в корпусе до тех пор, пока не получат нужного зазора (или натяга) , а затем фиксируют положение втулки, закрепляя ее стопорным винтом ***6.*** Недостаток этого вида компенсаторных устройств заключается в необходимости дополнительно обрабатывать деталь (сверлить, нарезать резьбу и т. д.) при сборке по месту.

Следует отметить, что компенсаторными устройствами широко пользуются при ремонте машин для выбирания зазора после изнашивания соединения.

Компенсацию $А_к$, мм, можно определить из уровнения

$$A_K = \sum_1 IT_{i\,max} - \delta, \qquad (241)$$

где IT - максимальный допуск i-го звена, мм; 5 - допустимая погрешность; i - общее число всех звеньев размерной цепи без замыкающего звена.

Сборка с применением пригонки детали по месту состоит в том, что установленная точность замыкающего звена в размерной цепи с увеличенными допусками ее звеньев достигается путем снятия стружки. Метод пригонки применяется в ремонтных мастерских рудников, шахт и ЦЭММ. Он позволяет получить требуемую точность сборки при сравнительно широких допусках на все звенья размерной цепи. Существенные недостатки метода: 1) необходимость пригоночных работ, выполняемых чаще всего вручную слесарями высокой квалификации; 2) повышенная трудоемкость, иногда достигающая 50-60 % общей трудоемкости сборки машины. Наиболее распространенные приемы пригонки - опиловка, зачистка, притирка, полировка и шабровка.

15.4. Влияние температурного режима на величину натягов и зазоров при сборке

Одним из важных элементов при установлении величин натягов и зазоров является температурный режим, так как от него зависят действительные размеры изготовляемых деталей, а также качество их сборки и работы в узлах и механизмах.

Если рабочая температура деталей соединения отличается от сборочной, то расчетные сборочные зазоры $А_{нйС6}$ и $А_{нмсв}$, мм (рис. 11.54), рекомендуется определять по следующим формулам:

$$Д_{Н6.С6} = Д_{Н6.Р} + ! К(t. - t) - a_A(t_A - t)]; \quad (242)$$

$$Лнм.се = Ahmp + {}^1toc_B(t_B - t) - a_A(t_A - t)]; \quad (243)$$

где $А_{нб\,С6}$ **И** $Д_{нм\,С6}$ - соответственно наибольший и наименьший зазоры при сборке, (сброчные зазоры), мм; $А_{„61>}$ и $А_{нмр}$ - соотвественно наибольший и наименьший зазоры в рабочем состоянии соединения (рабочие зазоры), мм; 1 - номинальный размер (диаметр) соединения, мм; а и $а_в$ - коэффициенты линейного расширения отверстия и вала, l/°C; t и t - рабочие температуры отверстия и вала, "C; t - сборочная температура, °C.

15.5. Сборка неподвижных соединений

В процессе сборки узлов встречаются неразъемные и разъемные неподвижные соединения. К неразъемным относятся сварные, паяные и заклепочные соединения. Разъемные неподвижные соединения монтируются на болтах, винтах, шпильках и шпонках. Промежуточное положение между указанными видами соединений занимают прессовые посадки, применяемые для соединения тех деталей, которые очень редко приходится разбирать.

Соприкасающиеся поверхности деталей подвергаются предварительной обработке. Способ обработки устанавливают в зависимости от характера соединения и требуемой точностц пригонки.

Непроницаемость (плотность) соединения достигается

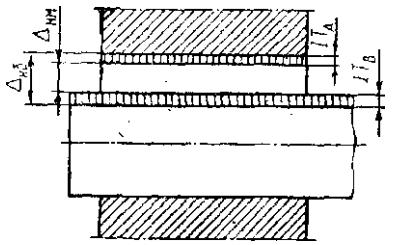


Рис. 11.54. Эскиз подвижного соединения:
$1T_Д$ - допуск отверстия; - допуск вала; $Д_{МБ}$ - наибольший зазор; $Д_{мм}$ - наименьший зазор

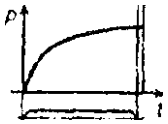


Рис. 11.55. Схема запрессовки и кривая усилия

применением прокладок из различных уплотняющих материалов. Для этого применяют листовую резину, картон, клингерит, асбест, парусину, а также металлические прокладки - кольца из красной меди или латуни, свинца.

Сборка с разогревом. Часто неподвижные соединения деталей с цилиндрическими поверхностями приходится монтировать с разогревом до такой температуры, чтобы достигнуть расширения, при котором вал свободно войдет **в** отверстие. Следовательно, расширение отверстия должно быть несколько болше натяга. Зависимость между натягом N и температурой разогрева t можно выразить формулой

$$N < dat, \qquad (244)$$

где d - диаметр вала, мм; a - коэффициент линейного расширения отверстия (охватывающей детали), 1/°С. Для среднего натяга при квалитетах точности, принятых в горной промышленности, получим

$$N = 0{,}03 + 0{,}0005d < dat,$$

откуда

$$t > (0{,}03 + 0{,}0005d)/da. \qquad (245)$$

Подставляя в формулу (245) для чугуна $a = 10^{-5}$ 1/°С, имеем

$$t > 3000/d + 50. \qquad (246)$$

Общая температура нагрева с учетом температуры воздуха в помещении t_t

(247)

Учитывая остывание во время работы и- некоторый запас, температуру нагрева повышают по сравнению с расчетной примерно в 2 раза. Разогревать детали следует осторожно, не выходя за пределы

тёмнокрасного каления; для сталей температура разогрева не должна превышать 700°С.

Охлаждение вала. Вместо нагревания отверстия охлаждают вал жидким воздухом или твердой углекислотой в специальном холодильнике или электрическом рефрижераторе. Простейшее оборудование, применяемое для этого, представляет собой деревянный ящик с двумя отделениями и надежной тепловой изоляцией. В одном отделении находится твердая углекислота, а в другое загружают детали на 0,5-2 ч (в зависимости от массы). Если твердой углекислотой охлаждать спирт или ацетон, то температура в холодильнике составит - 78°С. При помощи аммиачного рефрижератора температуру охлаждения можно довести до - 120°С. Применяя для охлаждения жидкий воздух, кислород или азот, можно получить температуру - 180...-190°С.

Основное преимущество применения охлаждения деталей - возможность без вредных последствий охлаждать закаленные детали, которые при нагревании могли бы частично потерять приобретенную при закалке твердость. Охлаждение вала целесообразно применять также при насадке деталей, испытывающих во время вращения удары и сотрясения (шкивы, приводные шестерни, кулачковые шайбы на дробилках, кривошипы и т. д.).

Запрессовка деталей. Для запрессовки вала в отверстие нужно приложить усилие, которое по мере увеличения поверхности соприкосновения деталей возрастает от нуля до некоторого максимума (рис. 11.55). Когда вал войдет на всю длину отверстия, дальнейшее его продвижение происходит уже без увеличения усилия запрессовки. При сборке соединений с натягом нужно знать усилия запрессовки и выпрессовки, так как в зависимости от их величин подбирают оборудование, необходимое для выполнения операции (прессы гидравлические или ручные, съемники). Наибольшее усилие запрессовки Р необходимое для сборки соединения с натягом,

$$P = frcdlp, \qquad (248)$$

где f - коэффициент трения при запрессовке, f - соответсвенно диаметр и длина отверстия втулки, мм; р - напряжение сжатия на контактной поверхности, Па. Напряжение сжатия зависит от следующих параметров: действительного натяга N, диаметра D втулки, диаметра d отверстия, внутреннего диаметра d_0 полости охватываемой детали (если вал полый), модулей упругости материала втулки Е. и вала E_2.

Поскольку вычислить напряжение сжатия р на практике сложно, для ориентировочного суждения о величине усилия Р, Н, пользуются следующими эмпирическими формулами:

для Запрессовки стального вала в стальную втулку

$$P = 2{,}9 \times 10^4 Nl[(D/d)^2 - l]/(D/d)^2. \qquad (249)$$

где N - натяг, мм; D - диаметр втулки, мм; d - диаметр отверстия, мм;

для запрессовки стального вала в чугунную втулку

$$P - 4{,}3 \times 10^4 Nl(D/d + 0{,}3)/(D/d + 6{,}35). \qquad (250)$$

Подставляя в формулы (249) и (250) наиболее часто встречающееся соотношение D/d = 2, получим для стального вала и стальной втулки

$$P = 2{,}18 \times 10'N1; \qquad (251)$$

для стального вала и чугунной втулки

$$P = 1{,}18 \times 10^4 N1. \qquad (252)$$

Усилия, получающиеся при распрессовках ремонтируемых соединений, часто значительно превосходят усилия напрессовки, подсчитанные по приведенным формулам, особенно если эти соединения заржавели.

Сборка на болтах или шпильках. Перед постановкой болты (шпильки) и гайки следует осмотреть и непригодные забраковать. Болты **и** гайки должны быть без трещин и надломов, с целой резьбой, без сорванных ниток. Только для болтов грубой и нормальной точности можно допускать понижение требования: притупление резьбы для болтов грубой точности допускается в пределах 20-25 % , а для болтов нормальной точности - 10...15 % . Затягивают болты или гайки гаечными ключами. Для завинчивания и отвинчивания шпилек пользуются специальным ключом с резьбой.

В зависимое^ от числа болтов в соединении различают одно- и многоболтовое крепления. При одноболтовом креплении гайку болта или шпильки завинчивают сразу до конца ключом нормальной длины, не допуская, конечно, при этом разрыва болта или шпильки. Окончательная затяжка гайки зависит от материала детали, степени обработки поверхностей соприкосновения и требуемой плотности соединения. Когда для увеличения усилия затяжки на ключ надевают железную трубу, следует быть осторожным, чтобы ке скрутить болт или не сорвать резьбу. При многоболтовом креплении требуется с большей или меньшей точностью выдерживать расстояния между центрами отверстий при сверлении. Совпадения отверстий в соединяемых деталях добиваются либо точной разметкой, либо сверлением отверстий сначала в одной детали, а затем в другой с использованием предыдущей детали в качестве кондуктора, либо применением специальных кондукторов. При многоботтовом креплении необходимо стремиться к тому, чтобы все болты были затянуты с одинаковой силой, в противном случае менее прочная из соединяемых деталей может покоробиться и дать трещину,

К болтовым креплениям взрывобезопасного оборудования, предназначенного для работы в шахтах, опасных по газу или пыли, предъявляются специальные требования, предусмотренные техническими условиями, в том числе и следующие: 1) резьбовые гнезда для шпилек и болтов в местах соприкосновения камер с токоведущими частями должны быть глухими; 2) сквозные отверстия не допускаются; 3) ширина прилегающих чисто обработанных поверхностей, отделяющих взрывобезопасные камеры от наружного пространства, нигде не должны быть меньше 25 мм.

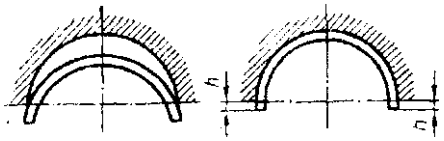


Рис. 11.56. Форма тонкостенного вкладыша до (а) и после (б) установки в гнездо

а б

15.6. Сборка подшипников

Подшипники скольжения. Сборку разъемных *толстостеннных подшипников* обычно начинают с подгонки их по шейкам вала. Затем изготовляют смазочные канавки, если они не были выполнены заранее на станке, и, наконец, собирают подшипник. Смазочные канавки устраивают только в ненагруженной части подшипника.

Тонкостенные вкладыши. Некоторая особенность сборки тонкостенных вкладышей заключается **в** создании натяга при их посадке в гнездах. Форма вкладыша до установки в гнездо (рис. 11.56, *а)* изменяется после прижатия вкладыша к поверхности гнезда (рис. 11.56, б). При этом его края выступают над плоскостью стыка корпуса на величину h - (0,5 - 0,8) 10^3 d, где d - диаметр цапфы, мм. После затягивания болтов корпуса за счет этих выступов создается натяг N. Из соотношения 7t(d + N) « 7td + 4h имеем

$$N = 4Ь/я. \quad (253)$$

Полученный натяг не должен превысить значения, соответствующего квалитету S7-S8, т. е,

$$N < (0{,}5d + 30). \quad (254)$$

Чрезмерный натяг вызывает остаточные деформации вкладыша. Последний теряет правильную цилиндрическую форму, а поэтому его отдельные места усиленно изнашиваются и подшипник быстро выходит из строя.

Радиальный зазор, мм, между цапфой и верхним вкладышем тихоходных передач

$$Д_{нм} = (0{,}001 - 0{,}0015)d. \quad (255)$$

Для быстроходных передач требуется проверять допустимые зазоры $Д_{нм}$ и $Д_{нБ}$ по формулам (189) и (191). Необходимый зазор получают, изменяя набор тонких прокладок из латуни, укладываемых между стыками вкладышей.

В настоящее время для подшипников скольжения широко применяют капрон благодаря его высокой износостойкости и низкому коэффициенту трения (1' = 0,055). Поскольку капрон имеет высокии коэффициент линейного расширения (а = 11 х $10^{"5}$ 1/°С, т. е. почти в 10 раз больший, чем у стали), зазор при соединении капроновой втулки со стальным валом необходимо принимать в 1,5-2 р&за больше, чем у металлической пары.

Подшипники качения. Сборка шарико- **и** роликоподшипников заключается в правильном закреплении их на валу и в корпусе. Посадочные места корпуса **и** вала необходимо внимательно осмотреть: пингтить от грязи, протереть насухо, проверить их соответствие размерам **и** установленным допускам,

покрыть легким слоем смазки. При напрессовке подшипника качения на вал или монтаже его с натягом в отверстии корпуса внутреннее кольцо увеличивается в диаметре, а наружное уменьшается. В связи с этим диаметральный зазор между поверхностями качения и шариками (или роликами) уменьшается. Ориентировочно уменьшение зазора в подшипнике

$$5 = (0{,}55 - 0{,}65)N, \qquad (256)$$

где N - натяг в соединении, мкм.

Диаметральный зазор в подшипнике может уменьшиться и при неодинаковом нагреве его колец. Не исключена возможность полного исчезновения радиального зазора между шариками и кольцами подшипника, что связано с опасностью защемления шариков (роликов) и быстрым изнашиванием подшипника. Если известна радиальная нагрузка Q, Н, на подшипник, то проверить натяг N можно по формуле

$$N = 13 \times 10^{-5} kQ/(b - 2r), \quad (257)$$

где к - коэффициент, полученный опытным путем, который для легкой серии принимают равным 2,78, для средней - 2,27 и для тяжелой - 1,96; b - ширина кольца, мм; г - радиус закругления, мм.

Укрепить подшипник качения на валу можно несколькими способами. Если подшипник служит опорой для вращающегося вала, то внутренне кольцо не должно проворачиваться на валу, иначе места опор вала будут быстро изнашиваться. Посадку подшипника с натягом следует выполнять при помощи процесса или другого приспособления, обеспечивающего плавный, безударный нажим (рис. 11.57). Если на конце вала имеется резьба, то. при появлении трех-четырех ее ниток навинчивают гайку и дальнейшее продвижение кольца осуществляют, завинчивая гайку (рис. 11.58, а). Применяют

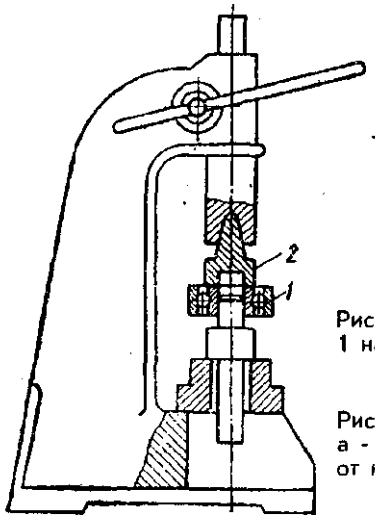


Рис. II.57. Запрессовка шарикового подшипника 1 на рычажном прессе при помощи оправки 2

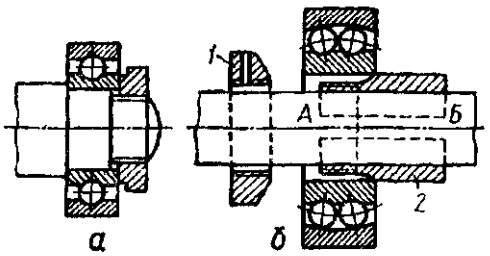


Рис. II.58. Закрепление подшипника:
а - на конце вала; б - на некотором расстоянии от конца вала; 1 - гайка; 2 - коническая втулка

Рис. 11.59. Установка шарикоподшипников:
а - радиальных; б - радиально-упорных

круглую гайку с углублениями для отвинчивания и завинчивания специальным ключом. После остывания подшипника гайку следует подтянуть окончательно.

Если вал гладкий, а подшипник требуется закрепить на некотором расстоянии от его конца; то крепление на валу выполняют при помощи конической втулки 2 (рис. 11.58, б). Втулка 2 имеет сквозной разрез АВ и резьбу. Завинчивая гайку 1, можно в любом месте закрепить втулку на валу и одновременно внутреннее кольцо на втулке. Чтобы внутреннее кольцо при работе подшипника не препятствовало завинчиванию гайки, втулку надевают так, чтобы гайка завинчивалась против направления вращения вала.

Простейший способ посадки малых и средних подшипников заключается в том, что их выдерживают в течение 10-15 мин в ванночке с минеральным маслом, нагретым до температуры 70-100°С, а затем быстро устанавливают на вал.

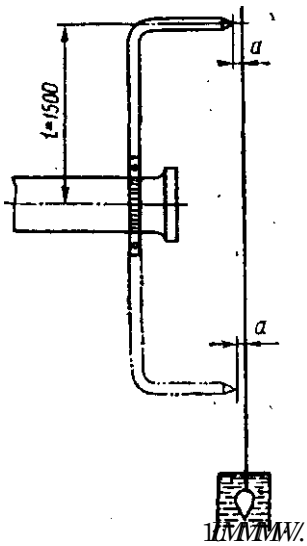
Срок службы шарикоподшипников значительно зависит от степени предохранения их от грязи и пыли. Большое значение имеют различного рода уплотняющие прокладки, устанавливаемые в специально предназначенные для них кольцевые канавки.

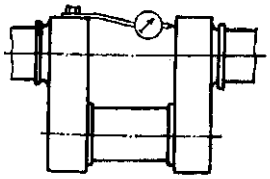
По окончании монтажа узла с подшипниками качения следует проверить легкость вращения установленного вала. При недостаточной легкости надо устранить причины, вызывающие их: 1) перекос вала или гнезда при монтаже; 2) слишком тугую посадку, вызывающую защемление деталей подшипника; 3) чрезмерную затяжку конических роликоподшипников; 4) чрезмерную набивку смазкой или ее отсутсвие; 5) трение уплотнений о вал.

Однородные радиальные шарикоподшипники совершенно не допускают перекосов, и поэтому, когда не исключена возможность перекоса оси вала относительно оси корпуса, следует применять самоустанавливающиеся подшипники. Если на валу помещаются несколько радиальных подшипников, то для компенсации разницы в линейных расширениях вала и корпуса все подшипники, кроме одного, должн'ы быть всегда самоустанавливающимися в осевом направлении (на рис. 11.59, а правый шарикоподшипник самоустанавливающийся).

Радиально-упорные шарикоподшипники допускают регулировку зазоров, всегда устанавливаются попарно открытыми сторонами внутрь, чтобы зазор можно было отрегулировать наружным регулирующим колесом (рис. 11.59, б).

При установке конических радиально-упорных роликоподшипников необходимо соблюдать те же правила, что и





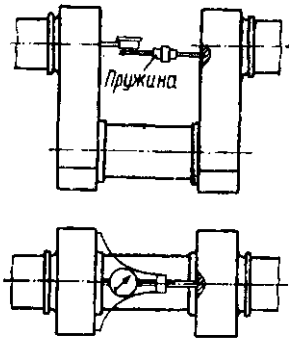


Рис. II.60. Проверка горизонтальности вала при помощи скобы и отвеса

Рис. II.61. Измерение расхождения щек индикаторной головкой

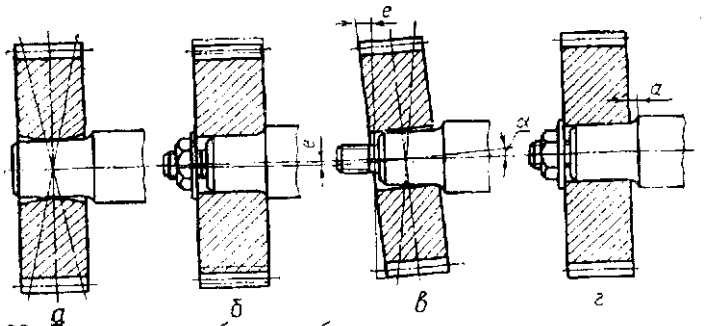
при установке радиально-упорных шарикоподшипников. Их монтируют попарно с небольшим (до 2,5 ***d)*** расстоянием между ними, чтобы свести к минимуму влияние температурных изменений длины вала.

15.7. Установка и выверка валов

Правильное положение вала определяется следующими условиями: 1) вал должен совершенно равномерно опираться на все подшипники; 2) вращение вала в подшипниках должно происходить легко, плавно и без заедания; 3) валы должны быть расположены строго перпендикулярно или параллельно относительно друг друга. При установке валов, особенно длинных, следует помнить, что во время работы они должны иметь возможность удлиняться вследствие нагрева при продолжительной работе. Для этого все подшипники, кроме одного (направляющего), должны иметь разбег с учетом того, что удлинение стального вала при повышении температуры на 50°С составляет 0,6 мм на 1 м его длины. Параллельность валов проверяют, измеряя расстояние между двумя точками каждого вала, по возможности наиболее удаленными одна от другой.

При установке тяжелого вала приходится поднимать и опускать его на машину при помощи тали или крана. Выполнять эти операции необходимо с большими предосторожностями, чтобы не испортить шейку вала или другие детали установки. При этом нужно сохранять горизонтальное положение вала. Проверяют горизонтальность обычно при помощи скобы и отвеса, расстояние между которыми вверху и внизу должно быть одинаковым (рис. **11.60).**

Устанавливая коленчатый вал и доводя вкладыши, необходимо проверять расстояния между щеками. Если подшипники установить не горизонтально, то при работе машины расстояние между щеками получается увеличенным при верхнем положении



II.62. Погрешности сборки зубчатого колеса на валу:
качение на шейке вала; б - радиальное биение; в - торцевое биение; г - неплотное прилегание к упорному буртику

колена и уменьшенным - при повороте колена на 180°С. Наличие таких изменений расстояния между щеками очень плохо отражается на состоянии вала в работающей машине и может привести к *образованию* трещин и даже к его поломке. Для проверки расхождения щек применяют различные приспособления с индикаторной головкой (рис. 11.61). Расхождение следует проверять при четырех положениях вала: верхнем положении его колен и повороте на 90, 180 и 270°. Расхождение не должно превышать 0,02 мм; желательно довести его до 0,01 мм соответствующей шабровкой вкладышей.

15.8. Сборка и выверка передач зубчатыми колесами

По точности изготовления и сборки зубчатые передачи редукторов горных машин -разделяются на 7,8, 9 и 10-ю степени точности соответственно ГОСТ 1643 81. Выбирают степень точности в зависимости от скорости вращения и типа передачи. Например, при скорости вращения v = 6 : 10 м/с применяют прямозубые колеса 7-й или косозубые 8-й степени точности, при v = 2 м/с - прямозубые колеса 9-й степени точности, а в тихоходных передачах - колеса 10-й степени точности.

Передачи цилиндрическими зубчатыми колесами. Сборка зубчатых передач включает в себя следующие основные работы: 1) установку и закрепление зубчатых колес на валах; 2) установку валов в корпусе; 3) проверку п регулировку зацеплений.

Напрессовка зубчатого колеса на вал вручную применима лишь для колес малого диаметра и термически необработанных. Зубчатые колеса большого размера, а также термически обработанные напрессовывают только при помощи пресса или с применением специальных приспособлений. Иногда напрессовку выполняют, нагревая колесо или охлаждая вал. Перед напрессовкой осматривают поверхности отверстия и посадочной шейки вала. Если зубчатое колесо напрессовывается до упора, то фаска на колесе должна быть достаточной величины во избежание упора торца в галтель вала.

Кроме искажения профиля зубчатого венца при напрессовке наиболее часто встречаются следующие погрешности: качение зубчатого колеса на шейке вала (рис. II. 62, а), радиальное (рис.

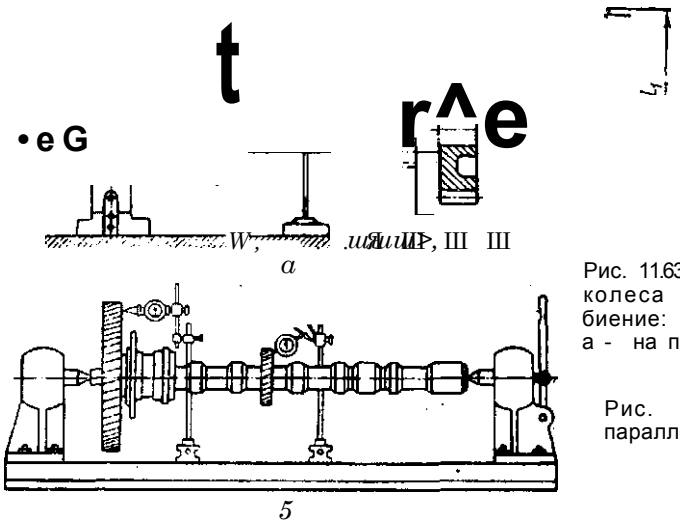


Рис. 11.63. Установка зубчатого колеса для проверки на биение:
а - на призмах; б - в центрах

Рис. 11.64. Проверка параллельности осей валов

11.62, *б~)* и торцевое (рис. 11.62, *в)* биения: неплотное прилегание к упорному буртику вала (рис. 11.62, *г).* На биение зубчатые колеса, собранные на валу, проверяют индикаторами по диаметру начальной окружности и торцу. Для проверки вал устанавливают на призмах или в центрах (рис. 11.63).

При сборке зубчатых колес весьма существенно взаимное расположение **Ведущего** и ведомого валов в корпусе. Для правильного зацепления цилиндрических колес оси вала должны лежать в одной плоскости и быть взаимно параллельными. Расстояние *L,* мм, между осями валов должно быть

$$L = m(z, + z_2)/2, \qquad (258)$$

где m - модуль колес, мм; $z_($ и - соответственно число зубьев на ведущем и ведомом колесах.

Расстояние между осями может быть несколько увеличенным, но не уменьшенным. Раздвижка осей Г, мм,

$$1' = am. \qquad (259)$$

В зависимости от окружной скорости и типа передачи коэффициент а = 0,015 - 0,04. Большим окружным скоростям соответсвуют меньшие значения коэффициента а. Кроме того, при малых (50-200 мм) расстояниях между осями следует принимать меньшие значения коэффициентов, а при расстояниях свыше 200 мм - большие.

Параллельность осей валов проверяют, измеряя расстояния между валами в двух местах (рис. 11.64). Разность измерений межосевого расстояния на длине 1 м не должна превышать допуска на раздвижку осей, т. е. при расстоянии 1 между плоскостями измерений можно допускать

$$L, - L_2 = 1'1/ЮОО. \qquad \textbf{(260)}$$

Проверка бокового и радиального зазоров между зубьями. При установке цилиндрических зубчатых колес необходимо выдержать определенные боковой и радиальный зазоры между зубьями (рис. 11.65). Величина зазоров зависит от модуля и точности обработки колес.

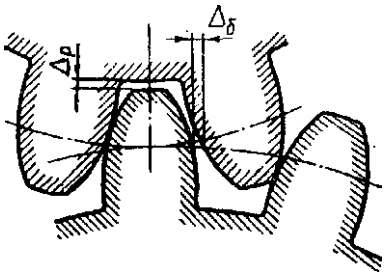


Рис. ii.65. Радиальный и боковой зазоры между зубьями

Боковой зазор необходим для создания нормальных условий смазки зубьев, компенсации погрешностей изготовления и монтажа, температурной деформации передачи. При слишком малых зазорах шестерни стремятся раздвинуться, что влечет за сооои выдавливание смазки и быстрое изнашивание зубьев, а иногда даже порчу подшипников или изгиб валов. Внешние признаки слишком малого зазора - гудение и скрип при работе зубчатых колес. При увеличенном боковом зазоре зубья ударяются друг о друга, что ведет к быстрому их изнашиванию и возможной поломке.

Для измерения бокового зазора зубчатые колеса устанавливают так, как показано на рис. 11.65, после чего щупом измеряют боковой зазор $Д_Б$. Радиальный зазор $Д_р$ можно измерить, прокатывая свинцовую проволоку между зубьями парных колес. Толщину сплющенной проволоки, соответствующую величине зазора, измеряют микрометром.

На вновь устанавливаемых зубчатых передачах допускаются следующие зазоры: боковой зазор, мм,

$$Д_Б = bm, \quad . \qquad ^J \quad * \quad (261)*$$

где'Ь - 0,02 - ОД-- коэффициент, принимаемый в зависимости от окружной скорости и типа передачи; для необработанных зубьев - Ь=0,16;

радиальный зазор, мм,

$$Д_р = (0{,}15 - 0{,}3)т \qquad (262)$$

и зависит главным образом от того, как нарезались шестерни - новой или изношенной фрезой.

Действующий ГОСТ 1643-81 устанавливает наименьший боковой зазор в зацеплении, который для соединений с нормальным зазором

$$Д_Б = 12\backslash/m(z_1 + z_2)/2. \qquad (263)$$

Контролируя боковой зазор, следует иметь в виду, что в практике нередко встречаются зубчатые колеса с зубьями неодинаковой толщины. Зависимость изменения бокового зазора $8_Б$, мм, от раздвижки осей Г для зацепления с углом 20° можно представить в следующем виде:

$$5_б = 21'\sin 20° = 0{,}681', \qquad (264)$$

или

$$6_Б \approx 0{,}68am. \quad (265)$$

Устанавливая при сборке механизма зазоры в зацеплении зубчатых колес, следует учитывать возможность изменения этих зазоров из-за нагрева деталей в процессе работы. При работе механизма расстояние,

$$L_К = L + La_Кt_К - L(1 + a_Кt_К), \quad (266)$$

где L m(z +- z2)/2 - расстояние между осями валов в холодном состоянии, мм; - коэффициент линейного расширения материала корпуса, 1/°С; $t_К$ - превышение температуры корпуса над окружающей температурой.

Сумма радиусов ведомого и ведущего зубчатых колес при увеличении их вследствие нагрева во время работы

$$L_z = L(1 + a_zt_2), \quad (267)$$

где а - коэффициент линейного расширения материала зубчатых колес, l/°C; t - превышение температуры над окружающей температурой,

Следовательно, изменение в положении зацепляющихся зубьев колес по направлению линии, соединяющей их центры,

$$Г = L_К - Ц, \quad (268)$$

или

$$Г = L(a_Кt_К - <x_zt_2). \quad (269)$$

На биение зубчатые колеса нужно проверять по окружности. Для этого следует на равных расстояниях по окружности нанести четыре пометки мелом и затем, вращая шестерни, измерить радиальный зазор против каждой метки. В среднем отклонения не должны превышать следующих величин:

$$\frac{АР1 \text{ " } АР3}{Л_{р2} - Л_{р4}} \text{ см} = c/т, \quad (270)$$

где с -- 0,01 - 0,04 в зависимости от окружной скорости и типа передачи.

Вследствие изнашивания профилей зубьев боковой зазор между ними увеличивается, а радиальный остается неизменным.

Заменять зубчатые колеса горных машин необходимо при боковом зазоре

$$Л_Б = Ь'га; \quad (271)$$

где Ь' - коэффициент, учитывающий допустимый износ зубьев соединяемых колес; Ь' = 0,15 : 0,25 для колес 7-й и 8-й степеней точности; Ь' = 0,20 : 0,4 для колес 9-й и 10-й степеней точности; в

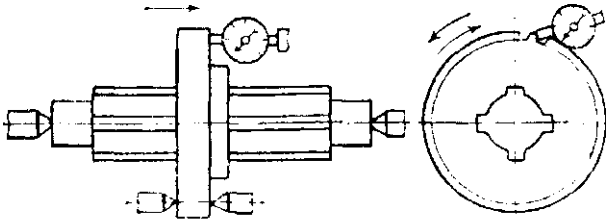


Рис. 11.66. Проверка углового (а) и бокового (б) качаний цилиндрического колеса отноеительно вала

исключительных случаях для тихоходных колес можно допускать Ь' = 0,5.

Если зазор в зацеплении проверяемых колес не соответствует требованиям технических условий или зубчатые колеса не вращаются плавно, заклиниваясь в некоторых местах, узел разбирают, зубчатые колеса вновь подбирают или подгоняют, после чего снова производят сборку.

Качание колес относительно вала. Зубчатые цилиндрические колеса, неподвижно укрепляемые на валу, не должны иметь качаний относительно вала. Наличие качания свидетельствует об ослаблении крепления из-за деформации шпонки или по другим причинам. Обнаруженное ослабление крепления следует устранить. При этом надо следить за тем, чтобы не получилось недопустимого перекоса шестерни. Для точных установок на шлицевых валах (колеса 7-й и 8-й степеней точности) на радиусе 50 мм допускается угловое качание не более 0,02 мм и боковое качание не более 0,05 мм. Проверяют угловое и боковое качания индикаторами (рис. 11.66).

Для суждения о качестве собранного узла, кроме выполнения рассмотренных проверок, определяют мощность, потребную для вращения вхолостую. Для этого узел присоединяют к тарированному электродвигателю и определяют при помощи ваттметра потребляемую мощность.

Передачи коническими зубчатыми колесами. Качество передачи коническими зубчатыми колесами определяется правильностью пересечения осей валов передачи, точностью углов между осями колес,, правильностью касания зубьев и величинами бокового и радиального зазоров.

Отклонение для осей конических колес (рис. 11.67, о) устанавливается в зависимости от модуля. Для модулей 2-8 мм допускаются отклонения, мм,

$$б = (0{,}015 - 0{,}06)т. \qquad (272)$$

Чем выше степень точности колес и больше модуль, тем меньшее значение числового коэффициента следует принимать. При модулях 8-14 мм для колес 8-й степени точности принимают

$$б = (0{,}015 - 0{,}06)т. \qquad (273)$$

Правильность осей отверстий в корпусе можно проверить при

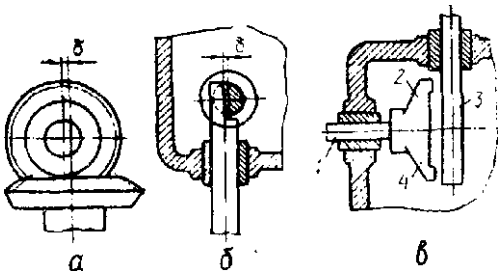


Рис. II.67. Проверка передач коническими зубчатыми колесами:
а - отклонение осей колес; б - неточность осей в корпусе; в - проверка точности угла между осями; 1, 3 - контрольные оправки; 2, 4 - наконечники

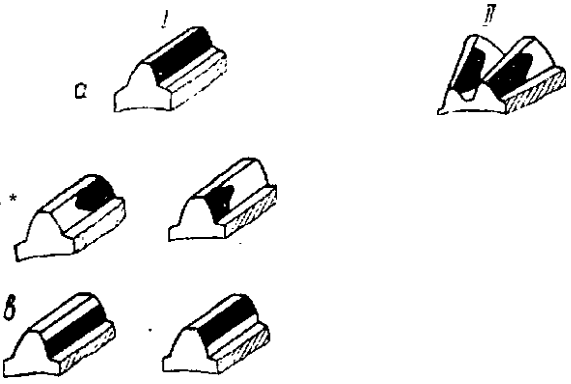


Рис. 11.68. Проверка зацепления зубчатых колес способом испытания на краску:
1 - цилиндрических; II - конических; а - правильное зацепление; б - боковые касания от перекоса колес; в - низкое и высокое касания как следствия неправильного расстояния между центрами колес

помощи контрольных оправок, концы которых срезаны вдоль оси (рис. 11.67, б). Щупом или специальными калибрами измеряют расстояние между срезанными плоскостями оправок и цолученную величину сравнивают с результатом вычисления.

Допускаемая неточность угла между осями колес зависит от модуля, числа зубьев*и угла при вершине одного из колес.

Правильность угла между осями часто проверяют при помощи контрольных оправок. В одно отверстие корпуса вставляют гладкую контрольную оправку 3 (рис. 11.67, о), а в другое - оправку 1 с наконечниками *2* и *4,* плоскости которых строго перпендикулярны к оси оправки. Разность зазоров между контрольной оправкой и плоскостями наконечников*"2* и *4* служит показателем неточности угла между осями колес.

Радиальный и боковой зазоры в передачах коническими зубчатыми колесами проверяют так же, как и в передачах цилиндрическими колесами (щупом, свинцовой проволокой). Зазоры в передачах коническими шестернями можно отрегулировать некоторым перемещением парных шестерен вдоль вала. Допустимые зазоры для конических колес можно принимать такими же, как и для цилиндрических.

Проверка на краску правильности касания зубьев. Для этого зубья меньшего колеса покрывают краской. После того как большое колесо сделает три-четыре оборота, пятна краски дрлжны покрыть среднюю часть боковой поверхности зубьев большого колеса: в пределах 7-й степени точности не менее чем на 75 % длины и 60 %

L
Ь -

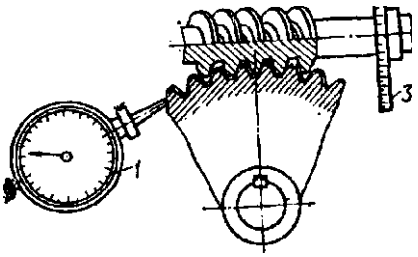


Рис. 11.69. Проверка мертвого хода червяка:
1 - индикатор; 2 - стрелка; 3 - градуированный диск

высоты зуба, в передачах 8-й степени точности - соответсвенно на 60 и 40 %, в передачах 9-й степени - на 50 и 30 % и, наконец, в передачах 10-й степени точности - на 40 и 20 %.

Зубья 7-й и 8-й степеней точности доводят до требуемой поверхности прилегания приработкой и обкаткой, зубья 9-й и 10-й степеней точности - шабровкой, а иногда и припиловкой. На рис. Н.68 показаны отпечатки следов, полученных при проверке на краску зацеплений цилиндрических и конических колес.

15.9. Сборка и выверка червячных передач

Червячная передача по своим конструктивным особенностям весьма чувствительна к неточностям и отклонениям. Ремонт и монтаж таких передач необходимо выполнять особенно тщательно. Неправильная сборка может резко снизить КПД, увеличить нагрев и быстрое изнашивание передачи. Качество червячной передачи в собранном виде определяется следующими показателями: 1) правильностью расстояний между центрами валов червяка и червячного колеса; 2) правильностью углов между осями червяка и червячного колеса; 3) совпадением средней плоскости колеса с осью червяка; 4) наличием определенного зазора между витками червяка и зубьями червячного колеса; 5) постоянством момента вращения червяка.

В горных машинах применяют червячные передачи 7, 8 и 9-й степени точности (ГОСТ 3675-81)' 7-ю и 8-ю степени при окружной скорости червячного колеса 3-6 м/с; 9-ю степень точности для всех остальных передач в редукторах. Передачи ручных и редко дейтсвующих механизмов не классифицируются, например, червячные передачи натяжных устройств ленточных и скребковых конвееров. Качество сборки контролируют по определенным показателям, соответствующим степени точности передачи.

Проверка мертового хода червяка. Чтобы обеспечивалась правильная работа червячной передачи, между витками червяка и зубьями колеса должен быть боковой зазор. Наличие последнего вызывает мертовый ход червяка, т. е. его угловое перемещение при неподвижном колесе. Для новых передач боковые зазоры, мм,

$$Д_Б = (0,015 - 0,03)\ т, \qquad (274)$$

где т - торцевой модуль передачи, мм.

Проверяют мертовый ход червяка следующим образом. На вал червяка надевают градуированный диск 3 (рис. 11.69), а к одному

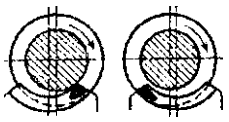
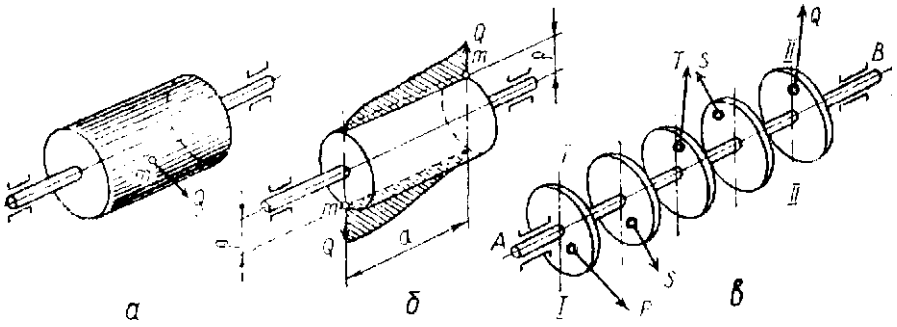


Рис. 11.70. Проверка зацепления зубьев червячного колеса на краску:
а - смещение вправо; б - смещение влево:
в - правильное зацепление

[l t d 0 . Ш D i n
a *15* 6

Рис. 11.71. Неуравновешенность вращающегося тела:
I а - статическая; б - динамическая; в - общий случай неуравновешенности



ил зубьев червячного колеса подводят индикатор 1. Угол мертового хода устанавливают по стрелке *2* при покачивании червяка, причем стрелка индикатора должна оставаться неподвижной. В передачах 7-й и 8-й степеней точности мертовый ход червяка должен'быть в пределах 8-12 при однозаходном, 4-6 при двухзаходном и Я-4 при трехзаходном червяках.

Проверка степени прилегания профилей червяка и червячного колеса. Винтовую поверхность червяка покрывают гонким слоем краски (суриком или ультрамарином) и медленно проворачивают червяк. По расположению отпечатков на колесе судят о правильности сборки передачи (рис. 11.70). Обнаружив смещение зубчатого колеса, регулируют его положение. При правильном положении червяка краска должна покрывать поверхность зуба червячного колеса не менее чем на 50-60 % по длине и высоте. В случае неудовлетворительного прилегания рекомендуется пришабривать зубья, а затем прирабатывать.

Проверка постоянства момента вращения червяка. Окончательно собранную червячную передачу проверяют на легкость проворачивания вхолостую. При любом положении червячного колеса крутящий момент, необходимый для вращения червяка, должен быть по возможности одинаков или, во всяком случае за период полного оборота червячного колеса, отличиться не более чем на 30-40 % .

Глава 16. БАЛАНСИРОВКА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

16.1. Общие сведения

Статическая и динамическая балансировка вращающихся частей-машин - весьма важная составная часть технологического процесса сборки горно-шахтного оборудования. Поэтому балансировку, т. е. устранение свободных, не уравновешивающих друг друга сил инерции в деталях машин и узлах, в той или иной степени выполняют все машиностроительные и рудоремонтные предприятия. О величине и вредном влиянии неуравновешенных сил можно судить по тому, что центробежная сила, вызываемая массой, помещенной на расстоянии 0.5 м от оси вращения, при частоте вращения детали *n* 3000 об/мин превышает в 5000 раз, а при *н* = 8000 об/мин в 35000 раз эту массу. Если в такой детали при ремонте поставить всего лишь одну дополнительную гайку массой 20 г на расстоянии 0,5 м от оси, то Tipи 3000 об 'мин это вызовет в детали неуравновешенную центробежную силу, равную 1000 Н, а при 8000 об мин - силу, равную 7000 Н.

Главные причины, вызывающие неуравновешенность деталей и узлов: 1) неточность изготовления деталей (например, изготовленная деталь вместо правильной формы круга имеет овальную форму); 2) неравномерность распределения материала детали относительно оси вращения, которая может возникнуть при ремонте одной стороны детали или вследствие неравномерности распределения металла при литье; 3) неправильная термическая обработка детали, вызывающая образование различных структур в пределах одной детали; 4) неравномерное изнашивание детали в процессе эксплуатации; 5) изогнутость вала или его цапф; 6) неравномерность распределения мясо металла, получаемая в результате неточной сборки узла или всей машины; 7) смещение деталей, недостаточно закрепленных при сборке, в процессе эксплуатации машины или при ее испытании,

16.2, Виды неуравновешенности

Р.).'vut»a}»!Т 'фи вид:) ноунапновешеннсти вращающихся деталей и узлов машин.

<Статическая неуравновешенность. Если неуравновешенные масс;л т< л> приводятся к одной массе и одной центробежной силе, вызываемой данной массой upи вращении тела, то получается статическая неуравновешенность (рис. 11.71, *а).* Приведенная ненч робежная сила

$$Q \text{ -= } \text{пко}^2\text{р}. \qquad (275)$$

где in - приведенная неуравновешенная .масса; р - расстояние от оси вращения до центра тяжести иеураяновешенной массы, м; со - угловая скорость вращения тела, 1/с.

Такая неуравновешенность может получиться в деталях, имеющих сравнительно большой диаметр и незначительную длину, например в маховиках, шкивах и т. п. Ее дисбаланс можно

обнаружить взвешиванием на специальных весах, на призмах или роликах, не приводя тело во вращение, а поэтому она называется статической неуравновешенностью масс.

Динамическая неуравновешенность. Если в теле образуются две равные и прямо противоположные приведенные центробежные силы, лежащие в одной плоскости, то получается динамическая неуравновешенность масс (рис. 11.71, б). Каждая из этих сил определяется уравнением (275), а момент создаваемой ими пары

$$M = mm^2ра, \qquad (276)$$

где а - расстояние между силами, м.

Из формулы (276) следует, что чем больше скорость вращения тела, тем больше вызываемый данной парой момент; при п = О момент М = 0, т. е. тело уравновешено в статическом положении. Динамическая неуравновешенность может встречаться только в сравнительно длинных телах, например в коленчатых валах, роторах электрических машин, турбомашин и многоступенчатых центробежных насосов, в валах редукторов с несколькими зубчатыми колесами и т. п. Неуравновешенность может получаться в результате приводившихся ранее причин даже при предварительном устранении статической неуравновешенности.

Общий случай неуравновешенности. Если при наличии во вращающемся теле неуравновешенных масс появляются приведенная пара центробежных сил *S S* и силу *T* можно привести к двум силам, лежащим в любых поперечных плоскостях приведением I I и *II - II* и в различных осевых плоскостях. Для этого каждую из сил, составляющих пару, разложим соответсвенно на две параллельные силы S, и S_2, S_3 и S_4. Точно так же раскладываем силу *T* на две параллельные силы T^1, и T_y Полученные в одной плоскости силы S_K S_3 и T_l дают результирующую центробежную силу Р, а силы S_2, S_4 и Т^дают аналогичную силу Q. Таким образом, пару сил *S - S* и силу Т мы привели к двум скрещивающимся силам *P* и *Q,* лежащим в произвольно выбранных плоскостях и в различных осевых плоскостях, т. е. к силам, состовляющим так называемый силовой крест. Каждая из этих сил определяется соответсвующим уравнением:

$$Q = пца\hat{}р,;$$
$$\mathbf{Q = т_2т^{г}р_2.} \qquad (277)$$

Этот общий случай неуравновешенности на практике имеет место преимущественно в длиных телах. Для обнаружения пары сил нужно заставить тело вращаться. При этом в опорах тела, помимо реакции от сил, приложенных к детали будут возникать дополнительные реакции от наличия неуравновешенных сил *P* и *Q*. Неуравновешенность повышает нагрузку на подшипники, вызывает нагревание вкладышей и ускоренное их изнашивание вследствие истирания. Кроме того, силы, возникающие от динамической неуравновешенности, стремятся изгибать вращающуюся деталь, а также вызывают колебания всей машины. Для устранения вредного влияния сил и моментов неуравновешенности необходимо уметь определять их величину и направление.

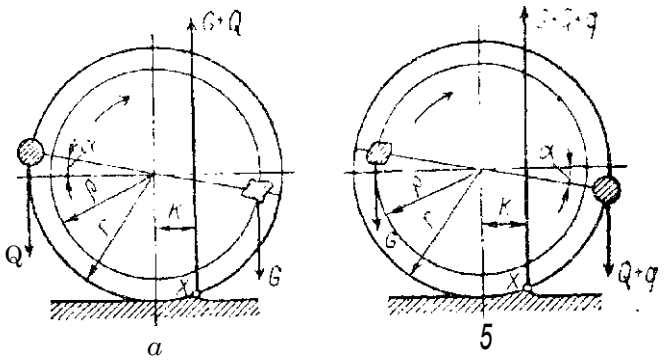


Рис. 11.72. Статическая балансировка явно неуравновешенного диска: а - начало; 6 - конец балансировки

Совокупность мероприятий, уничтожающих или уменьшающих дисбаланс деталей и узлов до допустимого предела, называется *балансировкой.*

16.3. Статическая балансировка

Узкие диски, зубчатые колеса, шкивы, рабочие колеса центробежных насосов и другие подобные детали можно подвергать статической балансировке. Сущность ее заключается в опытном определении наиболее легкой и тяжелой частей детали или узла, которые при этом во вращение при этом не приводятся. Облегчая тяжелую часть или утяжеляя легкую, можно добиться требуемой степени балансировки.

Балансировка на призмах. При наличии *явно в\лраженной неуравновешенности* (рис. 11.72) диск помещают на балансировочных параллелях так, чтобы неуравновешенная масса G находилась в горизонтальной плоскости, проходящей через ось диска. На противоположном радиусе диска прикрепляют такой груз *Q,* при котором масса *G* может повернуть диск на небольшой (около 10°) угол в направлении, указанном стрелкой (рис. 11.72, *а).* Затем диск поворачивают в том же направлении на 180° так, чтобы центры приложения груза *Q* и массы *G* находились снова в одной горизонтальной плоскости. Если отпустить диск в этом положении, то он повернется в обратном направлении на угол а. Возле груза Q прикрепляют такой добавочный грузик *g,* который мог бы восприпятствовать повороту диска обратно и заставить диск сделать поворот на такой же малый угол а в направлении, указанном стрелкой (рис. 11.72, б). В качестве временных грузов удобно применять небольшие, разные по массе магнитики, специальные пружинные скрепки или обыкновенную замазку. По окончании балансировки временные грузы взвешивают и заменяют постоянными.

Зная *Q* и *g,* можно определить требуемый уравновешивающий груз Q из уравнений равновесия диска относительно точки X (рис. 11.72):

$$G(\rho \cos\alpha - K) = Q(r \cos\alpha + K); \qquad (278)$$

$$G(p\cos a - K) = (Q + q)(r\cos a + K); \quad (279)$$

Сложив уравнения (278) и (279) почленно, после преобразований будем иметь

$$Gp/r = Q + (q/2)(1 - K/r\cos a). \quad (280)$$

Отсюда пренебрегая малой величиной K/r cosa, получим значение уравновешивающего груза:

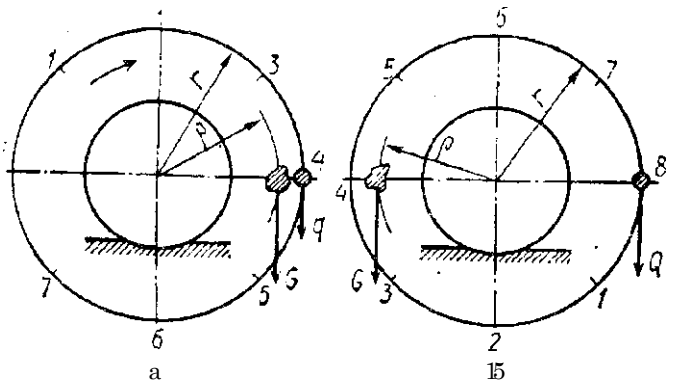
$$Q_0 = Gp/r = Q + q/2. \quad (281)$$

Уравновешивающий груз Q_0, равный Q + g"/2, следует прибавить к массе диска в точке приложения груза Q или отнять от массы диска в точке, диаметрально ей противоположной. Если требуется изменить массу уравновешивающего груза или плечо ее приложения, пользуются соотношением

$$Q_0 r = Q,R, \quad (282)$$

где Q_0 - масса расчетного уравновешивающего груза, кг; г - плечо ее приложения, м; - масса постоянного уравновешивающего груза, кг; R - плечо ее приложения, м.

При *скрытой статической неуравновешенности* (недостаточной для преодоления момента трения качения между опорными частями оправки и параллелями) применяют следующий метод балансировки. Окружность диска разбивают на 8-12 частей и отмечают точки деления на диске порядковой нумерацией цифр (рис. 11.73, а). Затем перакатывают диски в направлении, указанном стрелкой, и поочередно приводят каждую из отмеченных точек в горизонтальную плоскость, проходящую через ось вращения дисков. Б этом положении для каждой отмеченной точки подбирают такой груз, под действием которого диск делал бы небольшой поворот на один и тот же угол (примерно 10°) в направлении перекатывания диска. По наименьшему грузу Q, полученному, например, в точке



а б

Рис. 11.73. Статическая балансировка диска со скрытой неуравновешенностью: а - начало;.б - конец балансировки

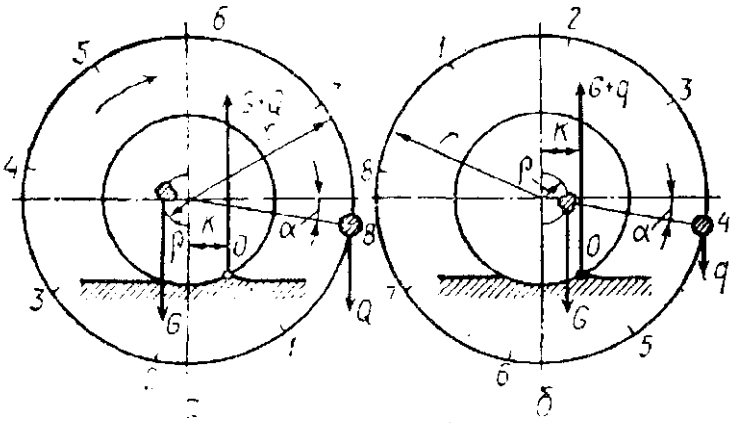


Рис. 11.74. Равновесие момента силы при балансировке диска со скрытой неуравновешеностью:
а - с пробной массой Q; с пробной массой q

4, определяют аксильную плоскость расположения неуравновешенной массы G. Груз q затем снимают, и диск проворачивают на 180° в направлении, указанном стрелкой. В точке 8 укрепляют такой груз Q (рис. 11.73, б), который заставил бы диск сделать поворот в том же направлении на такой же малый угол.

Масса уравновешивающего груза Q определяется из уравнений равновесия относительно точки О (рис. 11.74):

$$G(\rho \cos\alpha + K) = Q(r \cos\alpha - K); \qquad (283)$$

$$G(\rho \cos\alpha + K) = q(r \cos\alpha - K). \qquad (284)$$

Вычитая уравнение (284) из уравнения (283), получим

$$Gp/r = [(Q - q)/2](r - K/\cos\alpha). \qquad (285)$$

Тогда, пренебрегая малой величиной K/cos , будем иметь

$$q_{\text{„}} = Gp/r = (Q - q)/2. \qquad (286)$$

Полученный уравновешивающий груз следует добавить в точке 8 или отнять в точке 4.

Точность балансировки на призмах тем выше, чем меньше сила трения, возникающая между направляющими и шипами валов. Поэтому соприкосающиеся поверхности шипов и призм должны быть точно изготовлены и содержаться в исправном состоянии, т. е. не иметь забоин, ржавчины и т. п. Важно, чтобы нагрузка G на призму, создаваемая приходящимся на нее весом детали, не превышала допустимого напряжения смятия.

Балансировка на дисках или роликах. Основной недостаток способа балансировки на призмах - катание выверяемой детали по направляющим и невозможность балансировки при разных диаметрах шипов. Поэтому в некоторых случаях более удобно

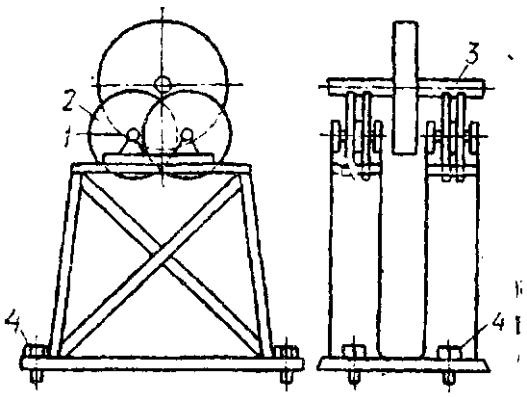


Рис. II.75. Балансировка на антифрикционных дисках:
1 - шариковый подшипник; 2 - балансировочный диск; 3 - оправка; 4 - регулировочный болт

проводить балансировку на дисках (рис. II.75) или роликах. На раме устройства размещены четыре диска 2, установленные на шариковых подшипниках 1. На диски устанавливают выверяемую деталь, сидящую на валу или на точной оправке 3. Для проверки горизонтального положения устройства служат болты *4*.

Балансировка на весах. Статическую балансировку деталей можно проводить и на специальных весах (рис. 11.76). На правом конце коромысла *2* весов (рис. 11.76, *а)* укреплены открытые подшипники, в которые устанавливают деталь 3, закрепленную на своем валу или на оправке. На левом конце коромысла подвешивают гири 1. Если центр тяжести проверяемой детали смещен относительно оси вращения, то при взвешивании в различных положениях весы будут давать разные показания. При положении центра тяжести в точках S и *S* (рис. 11.76, *а)* весы покажут истинную массу проверяемой детали. При положении центра тяжести в точке *S* весы покажут наибольшую искаженную массу, а при положении центра тяжести в точке *S* - наименьшую искаженную массу. При балансировке деталь постепенно поворачивают вокруг оси вращения на 30° и после каждого поворота определяют показание. Собранные рабочие колеса вентиляторов, копровые шкивы и другие детали, имеющие форму тонкого диска большого диаметра, удобно

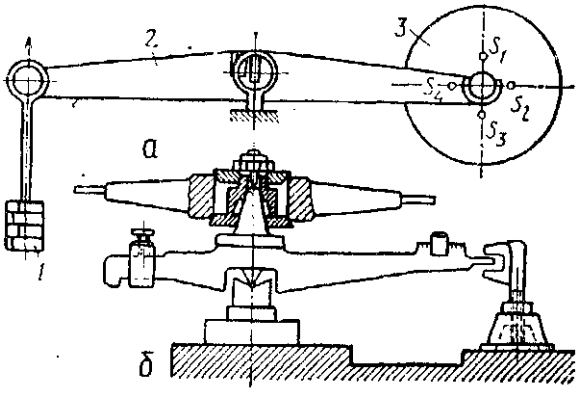


Рис. II.76. Балансировочные весы:
а - для небольших дисков; б - для деталей большого диаметра; 1 - уравновешивающая масса; 2 - коромысло; 3 - балансируемый диск

балансировать на специальных весах (рис. 11.76, б).

Балансировочные весы являются более совершенным устройством для статической балансировки, чем распространенные призмы и ролики, так как позволяют определять неуравновешенность качественно, т. е. показывают массу смещения материала и ее положение. Кроме того, балансировочные весы обеспечивают более высокую производительность и точность балансировки.

Контроль качества статической балансировки. На основании практических данных допустимым статическим дисбалансом диска считают такой дисбаланс G_0r, который при нормальной скорости вращения диска дает неуравновешенную центробежную силу, не превышающую 4-5 % массы G диска.

Массу G_0, отнесенную к радиусу r, находят из уравнения

$$(Go/g')r(7m/30)^2 = 0.045G, \qquad (287)$$

откуда

$$G = 40G/n^2r, \qquad (288)$$

где n - частота вращения, об/мин.

16. 4. Динамическая балансировка

Способы статической балансировки не дают удовлетворительных результатов при балансировке длинных тел вращения, поэтому такие тела необходимо подвергать динамической балансировке. Она отличается от статической тем, что добавляемые или снимаемые массы зависят не только от их радиального положения, но и от места расположения этих масс по длине тела.

Сущность динамической балансировки заключается в определении значения и направления двух уравновешенных сил, определяемых уравнением (277). Эти силы лежат в произвольно выбираемых плоскостях приведения вращающегося тела. Если уравновешенное тело (ротор) устанавливают на гибких опорах, то при его вращении опоры начнут колебаться, причем колебание будет пропорциональным значению неуравновешенных центробежных сил, действующих на опоры. На этом принципе основаны способы динамической балансировки деталей и узлов машин. Амплитуды колебаний опор уравновешиваемого тела (ротора) измеряют при резонансной частоте вращения, когда частота вращения ротора совпадает с частотой свободных колебаний системы ротор - подшипники - фундаментная плита. При резонансной частоте вращения амплитуды колебаний резко увеличиваются и поэтому их легче точно измерить.

Динамическую балансировку каждого конца ротора обычно выполняют отдельно. Сначала, например, опору/уравновешиваемого конца (рис. 11.77) делают подвижной, а противоположную опору 77 закрепляют. Колебания вращающегося ротора в этих условиях вызывает только сила P, действие же силы Q нейтрализуется. Балансировка свободного конца ротора заключается в определении значения и направления силы P и устранения ее вредного влияния приложением в определенном месте уравновешивающего груза. Затем

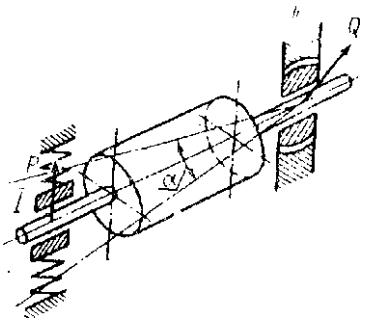


Рис. 11.77. Схема колебаний динамически неуравновешенного ротора

закрепляют опору I, а опору II освобождают и в свою очередь находят для этого конца значение и место приложения груза, уравновешивающего силу.

Уравнение движения системы для случая, когда опора I свободна, имеет следующий вид:

$$M_д + M_и - M_с + M_п = 0. \qquad (289)$$

Момент неуравновешенной силы P относительно оси колебания

$$M_д = Pa \cos \omega t. \qquad (290)$$

Ллели обозначить через а угол отклонения оси ротора от среднего положения, через el - момент инерции балансируемого ротора относительно оси колебания тела, проходящего через плоскость опоры II, и d^2a/dt^J - угловое ускорение ротора относительно оси колебания, то получим момент, возникающий от действия сил инерции:

$$M_и = -J(d^2a/dt^2). \qquad (291)$$

Момент сил сопротивления, зависящих от угловой скорости dix/dt колебания ротора (сопротивление воздуха, опор и т. п.),

$$M_с = R(da/dt). \qquad (292)$$

где R - коэффициент сопротивления.

Момент, разбиваемый пружиной, при жесткости пружины к, Н/см, и амплитуде сжатия x = a sin a » a a

$$M_п = кха = ка^2ос. \qquad (293)$$

Подставляя значения приведенных величин в формулу (289), получим

$$Pa \cos \omega t - J(d^2a/dt^2) - R(da/dt) - ка^2ос = 0,$$

или

$$(Pa/J) \cos mt - (d^2a/dt^2) - (R/J)(da/dt) - (ka^2/J)a, \qquad (294)$$

т. е. имеем неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами, которое характеризует как свободное, так и вынужденные колебания системы. Решая это уравнение относительно ос, получим уравнение, выражающее вынужденные колебания рассматриваемой системы:

$$a = P(\cos\varphi \cos wt + \sin\varphi \sin mt),$$

и л и

$$a = P\cos((\omega t - \varphi). \quad (295)$$

Здесь

$$\cos\varphi = a(k a^2 - J<D^2)/[(k a^2 - J r a^2)^2 + R^2 c n^2]; \quad (296)$$

$$\sin\varphi = a w R/[(k a^2 - J e n^2)^2 + R^2<d^2]. \quad (297)$$

Уравнение (295) показывает, что вынужденные колебания системы отстают по фазе от возбуждающей их неуравновешенной силы P на угол φ, величина которого определяется из выражения

$$\operatorname{tg}\varphi = \sin\varphi/\cos\varphi = mR/[(k a^2 - J o^2). \quad (298)$$

Из формулы (298) видно, что угол может изменяться от 0 до 360° в зависимости от соотношения величин, входящих в знаменатель. При резонансе, т. е. когда $k a^2 = J r o^2$, угол $\varphi = 90°$, а угол a и угловая амплитуда h колебаний ротора максимальны. При частоте вращения ротора, меньшей или большей резонансной, его вибрация отстает от силы P соответственно на угол φ , меньший или больший 90°, а амплитуда колебаний *h* в том и другом случае меньше *h* . Изменить резонансную частоту вращения ротора можно регулированием жесткости пружин или других упругих деталей, заменяющих действие пружин в балансировочном устройстве.

16.5. Способы динамической балансировки

Существует много способов динамической балансировки роторов, но все они, в основном, сводятся к двум, дающим хорошие результаты: способу максимальных отметок и способу обхода пробным грузом.

Способ максимальных отметок дает вполне удовлетворительные результаты динамической балансировки, не требует большой точности нанесения отметок на валу ротора и измерений амплитуд вибрации подшипников при одной и той же частоте вращения. Динамическую балансировку, как уже упоминалось (см. 15.4), обычно проводят для каждого конца ротора отдельно. При этом опору / уравновешиваемого конца (рис. 11.77) делают неподвижной, а противоположную опору *II* закрепляют.

Для нанесения отметок участок цилиндрической поверхности вала около шейки забеливают размешанным в бензине мелом. Первую отметку наносят прикосновением карандаша или чертилки при вращении ротора на резонансных оборотах с освобожденной опорой I. Одновременно измеряют амплитуду вибраций опоры I. Серединой нанесенной дуги является точка максимальной отметки (рис. 11.78). Эту точку переносят по радиусу на оружность расположения уравновешивающего груза. На этой же окружности укрепляют пробный уравновешивающий груз q в точке c, отстающий по ходу вращения ротора от перенесенной точки a примерно на 90°. Ротор снова разгоняют, и на резонансных оборотах делают вторую максимальную отметку b (рис. 11.78) и измеряют амплитуду вибрации опоры I.

Зная максимальные отметки и амплитуды вибрации подшипника при разгоне ротора с пробным грузом и без него,

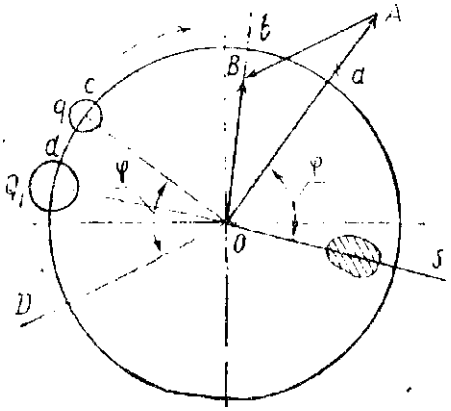


Рис. 11.78. Графическое определение значения и точки приложения неуравновешенной массы (стрелкой показано направление вращения ротора)

графически определяют необходимый уравновешивающий груз Q, (рис. 11.78) и его положение для этой стороны ротора. На бумаге в произвольном масштабе проводят окружность и переносят на нее точки a, b и c. Затем на радиусах Oa и Ob откладывают в определенном масштабе вектор OA - амплитуду вибрации подшипника при разгоне без груза и вектор OБ - то же при разгоне с пробным грузом. Тогда вектор AB представит собой амплитуду вибраций опоры I под действием центробежной силы только одного пробного груза q. Треугольник OAB можно рассматривать как треугольник сил, вызывающих вибрацию подшипника с определенными амплитудами. Тогда значение необходимого уравновешивающего груза Q, можно найти из соотношения

$$Q/q = OA/AB,$$

откуда

$$Q, = qOA/AB, \qquad (299)$$

Для определения места расположения уравновешивающего груза из центра O проводят радиус OD, параллельный вектору AB. Точка D есть точка наибольшего отклонения вала ротора под действием центробежной силы пробного уравновешивающего груза q, а угол q> определяет запаздывание наибольшего размаха отклонения от направления центробежной силы вследствие влияния инерции движущейся системы. Этот угол зависит от ряда факторов, в том числе и от частоты вращения ротора. Учитывая, что частота вращения ротора и все условия при выполнении испытаний оставались неизменными, можно считать, что угол ср также оставался неизменным. Поэтому, отложив от радиуса OA в направлении вращения ротора угол ср, получим радиус OS, который определит направление центробежной силы, вызываемой неуравновешенностью ротора. Местоположение уравновешивающего груза Q, определится точкой d, которую пересечет на другой стороне окружности прямая линия, проведенная через точки S и O.

Прикрепив временно найденный груз Q, на его место, переходят к балансировке другого конца ротора. Аналогично определяют на другом конце значение и место положения уравновешивающего груза Q_2. Если теперь, укрепив найденный груз Q_2 на месте, разогнать ротор и освободить оба подшипника, то ротор вновь обнаружит признаки вибрации. Это объясняется тем, что

Рис. 11.79. Балансировочная головка станка Акимова:
1 - груз; 2 - рычаг; 3 - цапфа балансируемого ротора; 4 - опорный ролик; 5 обойма; 6 - стопорный винт; 7 - втулка; 8 - рама; 9, 11 - пружина; 10 - плита; 12 тормоз; 13 - индикатор; 14 - станина

каждый из грузов, т. е. и Q_2, наряду с устранением неуравновешенности на своем конце, создает добавочную силу на противоположном, нарушающую уже достигнутое равновесие этого конца ротора. Для улучшения балансировки на каждом конце необходимо укрепить добавочные небольшие грузы и q_2.

На одном конце груз q_2 располагают в направлении 180° по отношению к основному грузу Q_2, укрепленному на другом конце. Груз q_t располагают аналогично на противоположном конце ротора по отношению к грузу Q_r Уравновешивающие грузы привинчивают болтами, приклепывают заклепками, приваривают или приклеивают. Вместо увеличения массы легких частей деталей можно уменьшать массу тяжелых частей удалением соответствующего объема металла сверлением, обрубкой, шлифовкой или опиловкой.

Способ обхода грузом более надежен, но требует значительно большего времени для динамической балансировки. В этом случае так же каждую сторону ротора балансируют отдельно. Окружность крепления уравновешивающих грузов делят на 8 равных частей, и точки деления отмечают порядковыми номерами. После этого измеряют амплитуду колебаний на резонансных оборотах без уравновешивающего груза и амплитуды колебаний ротора с одним и тем же ориентировочно принятым пробным грузом (меньше необходимого), который последовательно помещают в каждую из восьми намеченных точек. Положение, при котором амплитуда будет наибольшей, показывает направление силы инерции, а диаметрально противоположный радиус укажет место закрепления уравновешивающего груза. Массу необходимого уравновешивающего груза определяют опробованием.

Станки для динамической балансировки. Чтобы определить значения и направления неуравновешенных центробежных сил в узлах и деталях машин, применяют различного вида балансировочные станки, в которых используются колебания гибких опор. В некоторых балансировочных станках неуравновешенная вращающаяся деталь создает две центробежные силы, образующие силовой крест, в других некоторую центробежную силу и пару сил. Большинство балансировочных станков имеют одну степень свободы, т. е. установленное на опоры изделие может колебаться относительно какой-либо одной оси.

На рис. 11.79 показана головка *станка* (одна из двух опор), применяемого для балансировки тяжелых роторов. Балансируемый ротор опирается с одной и с другой стороны цапфами 3 своего вала на ролик *4,* укрепленные на шариковых подшипниках в прямоугольной обойме *5.* Эта обойма жестко закреплена на раме *8,* которая жестко соединена с плоской пружиной И, имеющей выемку *а.* При вращении неуравновешенного ротора рама *8* будет наклоняться попеременно в ту и другую сторону на величину, зависящую от центробежной силы и момента сопротивления пружины *11* в ослабленном сечении *а.* Амплитуда этих вибраций измеряется индикатором *13.* Пружины *9,* установленные между рамой *8* и плитой *10,* позволяют регулировать частоту свободных колебаний подшипника и связанных с ним деталей, а следовательно, и резонансные обороты ротора. Сжатие пружины при помощи нарезной втулки *7* вызывает повышение частоты свободных колебаний и увеличение резонансных оборотов. Для снижения резонансных оборотов служат грузы 1, передвигаемые по рычагу ***2.*** Увеличение этих грузов повышает массу рамы ***8,*** а это в свою очередь снижает частоту ее свободных колебании и связанное с этим число резонансных оборотов. Обычно резонансную частоту принимают в п'релах 300-500 об/мин. Для балансировки каждого конца ротора отдельно подшипник на другой стороне жестко закрепляют на фундаменте *14* при помощи стопорных винтов *6,* ввинчиваемых в нарезную втулку 7. Эти же стопорные винты, вывернутые на определенную длину, освобождают подшипник и одновременно ограничивают размах колебаний рамы, устанавливаемый из соображений безопасности работы станка. В начале балансировки, когда колебания еще значительны, их можно снизить при помощи тормоза *12.* Тормоз состоит из двух плит, прикрепленных болтами к раме, а снизу свободно прилегающих к опорной плите *10.* Торможение осуществляют затягиванием гайки на болте, пропущенном через середину тормозных плит. После первого приближенного уравновешивания, когда колебания рамы уменьшены, тормоз освобождают и станок приобретает свою полную чувствительность.

Вращение ротора в этом станке осуществляется при помощи электродвигателя и ремня, надеваемого непосредственно на ротор или его вал.

Балансировочный станок с качающимися на плосокй опоре подшипниками (рис. 11.80) состоит из двух сварных стоек *3,* устанавливаемых друг от друга на расстоянии, соответсвующем расстоянию между цапфами балансируемого ротора. На каждый из стоек *3* смонтирована балансировочная головка. Подшипник *2* при помощи башмака *4* с цилиндрической опорной поверхностью поддерживается опорной плитои *7.* С двух сторон подшипника на

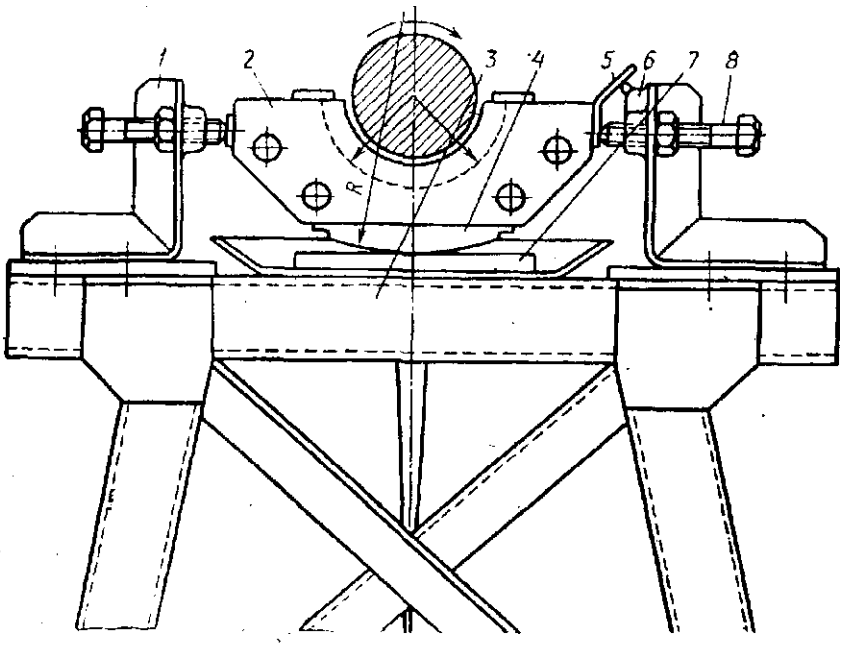


Рис. II.80. Балансировочный станок с цилиндрической опорной поверхностью: 1 - уголок; 2 - подшипник; 3 - стойка; 4 - башмак; 5 - пластина; 6 - индикатор; 7 - опорная плита; 8 - стопорный винт

стойке установлены уголки 1 со стопорными винтами *8* для закрепления подшипника в процессе балансировки. Амплитуда вибраций измеряется при помощи индикатора ***6,*** установленного против стальной наклонной пластины ***5.*** Число резонансных оборотов на станках подобного тцпа обычно находится в пределах 150-200 об/мин. Меняется оно в зависимости от радиуса кривизны опорной поверхности башмака.

Удовлетворительную точность уравновешивания роторов современных быстроходных машин можно получить при сравнительно большой резонансной частоте вращения (500-700 об/мин). Однако для разгона тяжелых роторов до таких частот требуется электродвигатель большой мощности. Поэтому тяжелые роторы стремятся уравновешивать при возможно меньшей частоте вращения (150-200 об/мин).

Станок с балансировочными шарами. Если уравновешенный ротор заставить вращаться в подшипниках на упругом основании со скоростью, превышающей в 2 раза и более частоТу свободных колебаний системы, то его ось *О - О* опишет двойной конус с образующей 0,0, (рис. 11.81, *а),* проходящей через центр тяжести ротора. На использовании этого принципа построено несколько типов балансировочных станков-полуавтоматов, и в частности станок с балансировочными шарами (рис. 11.81, б). Рама станка (на схеме не показана) имеет две степени свободы с центром колебаний О,, находящимся в центре одной из плосокстей приведения (можно расположить раму вертикально, поместив роТор на подпятнике). На

Рис. 11.81. Принципиальная схема балансировочного станка с шарами:
а - свободные колебания опор неуравновешенного ротора; б - балансировочная головка 1 с шарами 2, надетая на опору ротора

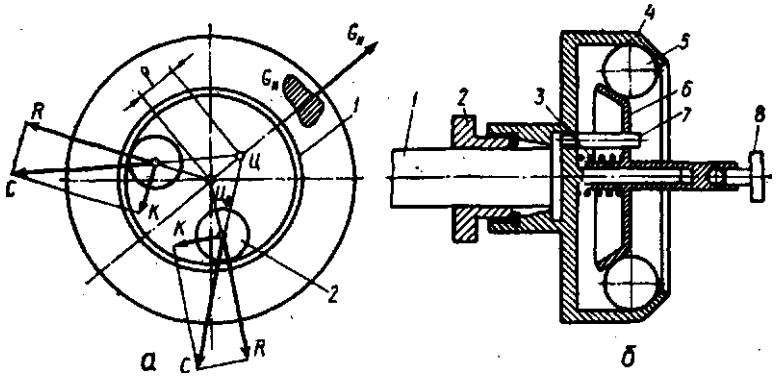


Рис. II.82. Автоматическая балансировка с шарами:
а - схема разложения центробежных сил; б - устройство головки; 1 - вал; 2 - конусная втулка; 3 - пружина; 4 - корпус'головки; 5 - шар; 6 - тарелка; 7 - штиф; 8 - нажимной грибок

другой конец ротора, подвешенный на пружинах, установлена уравновешивающая головка 1, представляющая собой цилиндр, в котором помещаются два, а в некоторых случаях три шара 2.

Корпус головки вращается около центра тяжести Ц (рис. 11.82, а), смещенного на некоторую величину относительно $Ц_в$, являющегося геометрическим центром цилиндрической части головки, по которой пересекаются шары. Поэтому создаваемые шарами центробежные силы С, направленные из центра Ц, можно разложить на радиальные составляющие R, направленные из центра $Ц_в$, и касательные if, перпендикулярные к последним. Под действием сил К шары перекатываются, стремясь уравновесить дисбаланс $G_Н$ и уменьшить смещение центра тяжести. Когда наступает полное уравновешивание, составляющая *К* исчезает, перекатывание шаров прекращается. Таким образом ротор уравновешивается автоматически.

Устройство такой головки показано на рис. 11.82, б. На конце вала 1 при помощи конусной разрезной втулки ***2*** закрепляют корпус

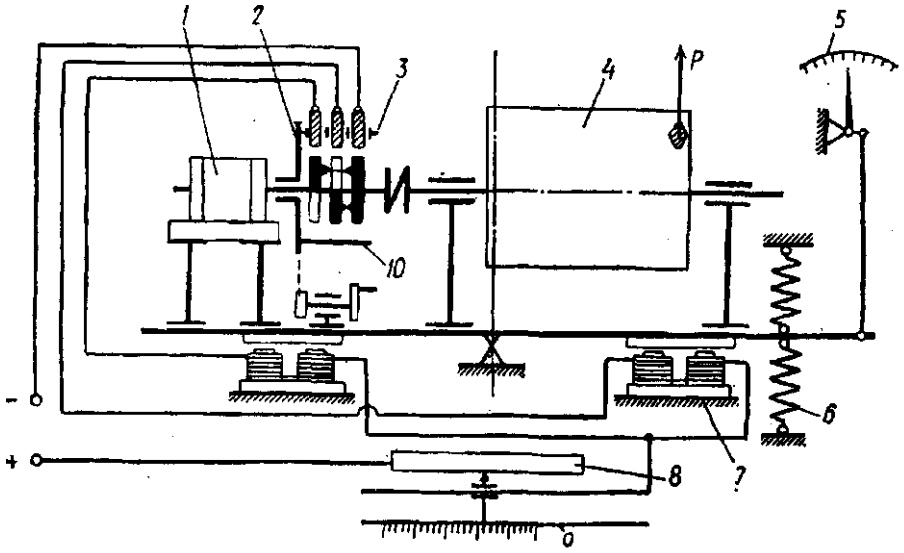


Рис. II.83. Схема балансировочного станка, основанного на электромагнитном способе:

1 - электродвигатель; 2 - щеткодержатель; 3 - контактное кольцо; 4 - балансируемый ротор; 5 - шкала прибора; 6 - пружина; 7 - электромагниты; 8 - реостат; 9 - шкала реостата; 10 - приспособление для перемещения щеткодержателя

4 головки, в котором два или три шара *5* удерживаются тарелкой *6* под действием пружины 3. Смещение тарелки относительно оси вращения исключается шрифтом 7. После того как вращение ротора достигло необходимого числа оборотов, нажимая на грибок *8,* освобождают шары, что дает им возможность переместиться и уравновесить дисбаланс. Затем, освобождая грибок, тем самым зажимают шары и после остановки станка, в зависимости от расположения шаров, определяют значение и направление дисбаланса.

Так же поступают при балансировке другого конца ротора.

Преимущество рассмотренного способа балансировки заключается в его автоматичности: дисбаланс ротора в заданной плосокости приведения определяется за один пуск станка. Недостаток - неточность центрирования головки относительно оси врщения вала.

На рис. 11.83 изображена схема *балансировочного станка, основанного на электромагнитном способе.* Электродвигатель *1* вращает с постоянной скоростью балансируемый ротор *4,* установленный на раме станка таким образом, что одна из плосокстей приведения находится над осью качания рамы. Амплитуда колебаний рамы измеряется оптическим или механическим способом прибором *5.* На оси приводного электродвигателя установлены три контактных кольца 3, электрически соединенных между собой. Половинки колец установлены таким образом, что в течение половины оборота один из электромагнитов 7 включен в сеть постоянного тока, а другой выключен. Ток подводится к щеткам через щеткодержатель *2.* Приспособление *10* позволяет утсновить щеткодержатель в такое

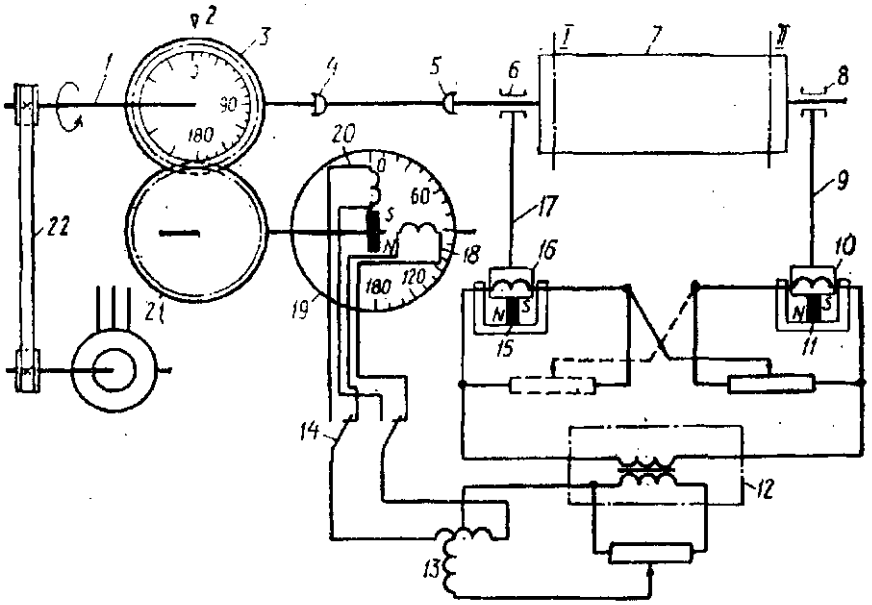


Рис. II.84. Принципиальная схема электрического балансировочного станка типа ДБ:

1 - ведущий вал; 2 - указатель; 3 и 21 - зубчатые колеса; 4 и 5 - шарниры; 6 и 8 - подшипники; 7 - балансируемый ротор; 9 и 17 - стержни; 10 и 16 - катушки; 11 и 15 - постоянный магниты; 12 - усилитель; 13 - обмотка прибора; 14 - переключатель; 18 и 20 - обмотки статора синхронного генератора 19; 22 - ременная передача

положение, при котором сила электромагнита будет противодействовать (сдвиг фазы 180°) неуравновешенной центробежной силе Р ротора, и если эти силы станут равны, то колебания рамы прекратятся.

Силу электромагнитов станка регулируют реостатом ***8,*** шкалу .*9* которого мрожно отградуировать в единицах дисбаланса (г см). Регулируя жесткость пружин *6,* добиваются, чтобы при постоянной рабочей скорости ротора колебания рамы находились в режиме резонанса. Это увеличивает чувствительность станка.

При помощи рассмотренной машины можно за один пуск определять дисбаланс ротора в той или иной плоскости приведения. Положение дисбаланса определяется положением контактных колец, а значение - указателем реостата.

Йля балансировки другого конца ротор нужно переставить,

а рис. 11.84 показан электрический *балансировочный станок типа ДБ,* выпускаемый промышленностью. Балансируемый ротор 7 устанавливается на подшипники ***6*** и *8* машины. Последние связаны со стержнями *9* и *17,* к которым прикреплены катушки *10* и *16,* находящиеся в магнитном поле постоянных магнитов *11* и *15.* Вращение ротора осуществляется асинхронным двигателем, связанным с ведущим валом ременной передачей *22.* Ведущий вал *1* соединен с испытуемым ротором при помощи шарниров *4* и *5.* Если ротор не сбалансирован, то при его вращении катушки *10* и *16* будут

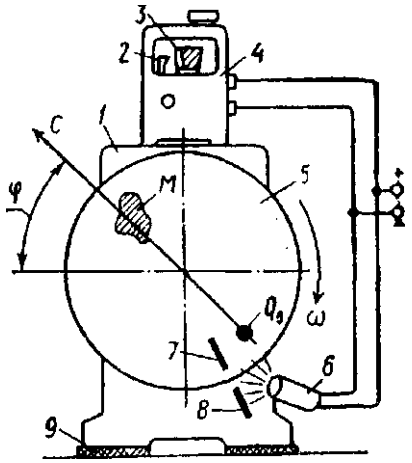


Рис: 11.85." Схема балансировки детали применением виброскопа:
1 - стойка; 2 - поворотный контакт; 3 - индикатор виброметра *4;* 5 - лампа; / - меловая черта на диске; 6 --г, черта на корпусе; 9 - резиновая прокладка

колебаться, в их обмотках возбудятся электродвижущие силы, имеющие гармонический характер, и по цепям потекут токи. Их напряжения пропорциональны амплитудам колебаний катушек. При помощи усилителя *12* полученные токи усиливаются и измеряются прибором *13* ваттметрового типа, градуированным в единицах дисбаланса. Обмотка напряжения прибора *13* соединена со вторичной обмоткой трансформатора усилителя *12,* а токовая при помощи переключателя *14* - с одной из двух токовых обмоток статора специального синхронного генератора *19.*

Синхронный генератор *19* с постоянными магнитами - один из основных элементов станка, ротор генератора приводится во вращение от ведущего вала 1 через систему зубчатых колес 3 и *21* с определенной скоростью, при которой частота генератора равна частоте напряжения, генерируемого в колебательных катушках *10* и *16,* Статор генератора имеет две обмотки *18* и *20,* сдвинутые одна по отношению к другой в пространстве на 90°, а также градуированную шкалу. Аналогичную и согласованную шкалу имеет зубчатое колесо 3. Кроме того, у зубчатого колеса 3 имеется указатель *2,* позволяющий онределять осевую плоскость расположения неуравновешенного груза.

Можно поворачивать статор генератора и изменять при этом показания прибора *13.* При некотором угле поворота статора показания прибора будут равны нулю. Это и есть угол, при котором на шкале зубчатого колеса 3 определяется плоскость расположения наибольшей амплитуды колебаний узла. Численное значение неуравновешенной массы считывается по показаниям прибора *13.*

Балансировочный станок имеет две электрические схемы. Поперечным включением одной и другой схем определяют неуравновешенность в заранее выбранных плоскостях приведения *I и II в* зависимости от конструкции балансируемого узла.

Работа по баласировке узлов на рассмотренном станке разделяется на два самостоятельных этапа. Первый этап включает в себя настройку электрической схемы для данного типа узлов, чтобы устранить влияние дисбаланса одной стороны узла на другую, и определение цены делений измерительных приборов; второй этап - балансировку таких деталей.

Балансировка роторов при помощи вибрископа. На некоторых заводах горного машиностроения и рудоремонтных для динамического уравновешивания деталей и узлов машин (роторов

осевых вентиляторов главного и местного проветривания, роторов электродвигателей и др.) применяют вибрископ инженера Н. В. Колесника (рис. 11.85). Этот прибор состоит из селенового выпрямителя, виброметра *4* и газосветной стробоскопической лампы ***6.*** Общая масса прибора 6,8 кг; измеряемый размах колебаний (двойная амплитуда) 0,005 - 0,25 мм.

Диск 5, вращающийся в подшипниках стойки 1, имеет неуравновешенную массу *M,* создающую силу *C.* Наибольший размах отклонения стойки запаздывает по отношению к направлению центробежной силы на угол (р, который зависит от степени жесткости стойки, массы диска и частоты его вращения. При определенной конструкции стойки и скорости вращения детали угол <р - величина постоянная. Настроенный в резонанс индикатор *3* виброметра *4* колеблется в такт с вращением ротора, в свою очередь, с некоторым запаздыванием относительно колебаний стойки. Если поворотный контакт ***2*** установлен в определенном положении, то сдвиг фазы колебаний индикатора по отношению колебаний стойки составляет 30°.

При каждом соприкосновении резонирующего индикатора с контактом мгновенно вспыхивает безынерционная газосветная лампа ***6.*** Таким образом, она светит прерывистым, пульсирующим светом с частотой, равной частоте вращения детали. Освещая этой лампой вращающийся диск, наблюдают так называемый стробоскопический эффект, в данном случае - явление неподвижности вращающегося диска во вполне определенном положении по отношению к расположению неуравновешенной массы.

Перед пуском на детали в произвольном месте наносят какой-либо ориентир, например меловую черту 7, и во время стробоскопического эффекта отмечают положение этого ориентира чертой ***8*** на корпусе. Затем останавливают деталь и приводят ее в положение, соответсвующее стробоскопическому эффекту. Зная теперь угол ср запаздывания вспышки по отношению к действию силы *C,* можно определить место расположения неуравновешенной массы.

Угол ф и уравновешивающую массу можно определить методом максимальных отметок либо специальным тарированием установки, которое заключается в следующем: на подшипниках стойки 1 устанавливают уравновешенную дискообразную деталь и прикрепляют к ней известную массу Q_B; направление радиуса расположения этой массы отмечают меловой чертой; во время вращения детали отмечают координатное направление радиальной черты и измеряют амплитуду h_0 колебаний стойки; по этой отметке устанавливают положение неуравновешенной массы во время стробоскопического эффекта.

Зная массу Q_0, способную устранить колебания стойки с амплитудой h_B, можно определить единичную массу Q_e, устраняющую колебания стойки 0,01 мм:

$$Q. = Q_„/^h o-$$

Потребная масса при динамичесокй балансировке всякой аналогичной детали определяется по формуле

$$Q = Q.h,$$

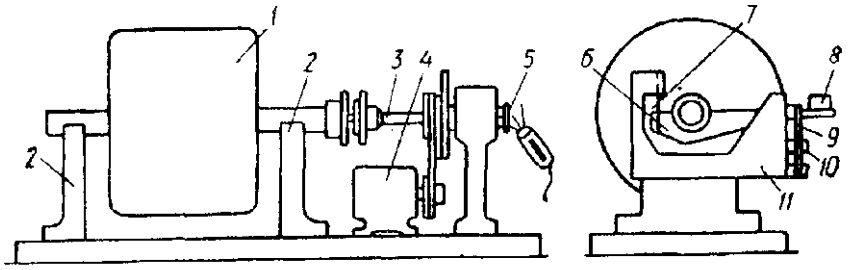


Рис. II.86. Установка для динамической балансировки ротора с применением виброскопа:
1 - балансируемый ротор; 2 - эластичная стойка; 3 - приводной шпиндель; 4 - электродвигатель; 5 - диск; 6 - коромысло; 7 и 9 - плоские пружины; 8 - виброскоп; 10 - регулирующий зажим; 11 - основание

где h - амплитуда колебаний стойки, измеренная при вращении уравновешиваемой детали. Естественно, что уравновешивающая масса Q должна перемещеаться на том же расстоянии от центра, на котором была установлена масса Q_0 при тарировании.

Если окажется, что чувствительность устройства и точность балансировки недостаточны, то их можно повысить, уложив под основные стойки резиновые прокладки *9.*

Аналогично можно проводить динамическую балансировку длинных деталей (рис. 11.86). Балансируемый ротор 1, расположенный на двух эластичных стойках ***2,*** приводится во вращение при помощи приводного шпинделя Л и ременной передачи от электродвигателя 4. Имеющийся на другой стороне приводного шпинделя диск .5 с ориентиром позволяет фиксировать положение ротора в момент стробоскопического эффекта. Подшипник ротора устанавливается на коромысле в, один конец которого подвешен при помощи плоской тонкой пружины 7 к основанию *11,* а другой поддерживается более жесткой плоской пружиной *9.* Степень жесткости этой пружины регулируют перемещением зажима *10,* чем может быть достигнута желаемая чувствительность устройства. На свободном конце коромысла устанавливают виброметр ***8.*** Ротор динамически уравновешивается с необходимой точностью сначала с одного, а затем с другого конца. После этого, в соответствии с расположением уравновешивающих масс, они корректируются обычным способом.

16.6. Балансировка вращающихся тел в подшипниках

Балансировка вращающихся роторов в своих подшипниках при полной нагрузке и скорости значительно затруднительна из-за нескольких неблагоприятных условий, а именно: 1) значительного взаимного влияния одного подшипника на вибрацию другого; 2) невозможности регулировать жесткость крепления подшипников; 3) наличия причин, влияющих на характер и вибрацию подшипников, помимо неуравновешенности ротора. Поэтому балансировка роторов работающих машин обычно ограничивается

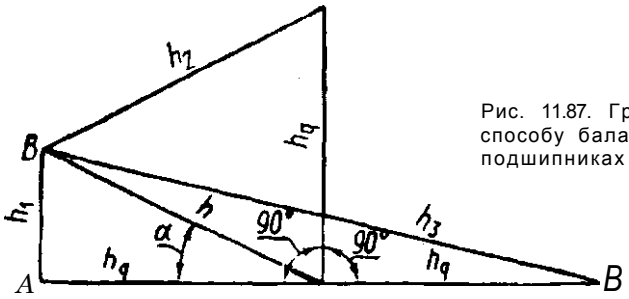


Рис. 11.87. Графическое построение к способу балансировки ротора в своих подшипниках

применением двух ее видов:

1) без балансировочного аппарата; 2) при помощи специального электрического или механического аппарата.

Балансировку без применения специальных аппаратов можно осуществлять способом обхода грузом, но более удобен метод трех испытательных разгонов с пробным грузом, последовательно укрепляемым в трех точках, расположенных по окружности ротора через 90 или 120".

Предположим, что один из подшипников балансируемого ротора имеет амплитуду вибраций h, возникающую от небаланса Q ротора, и амплитуды h_v h_2 и h_3 возникающие при разгоне ротора с пробным грузом q, закрепленным последовательно по окружности через 90°. Сделав соответствующие построения, получим три треугольника с общей для них стороной h (рис. 11.87):

$$h^2 = h^2 + h_4^2 - 2hh_4 \cos\alpha. \qquad (300)$$

Из треугольника BOC

$$h^2 = h^2 + h^2 - 2h \cos(90° - \alpha),$$

или

$$h_2^2 = h^2 + h_q^2 - 2hh_q \sin\alpha. \qquad (301)$$

Из треугольника BOD

$$h^2 = h^2 + h^2 - 2hh_4 \cos(180° - \alpha),$$

или

$$h^2 = h^2 + h^2 + 2hh_4 \cos\alpha. \qquad (302)$$

Решая совместно уравнения (300), (301) и (302), получим

$$h_q = \sqrt{(h_1^2 + h_3^2)/2 - h^2}; \qquad (303)$$

$$\sin\alpha = (h^2 + h^2 - hf)/2hhj \qquad (304)$$

$$\cos\alpha = (h^* + h^2 - h^2)/2hhj \qquad (305)$$

Определив из уравнения (303) амплитуду вибраций h , вызываемую пробным грузом, находим значение дисбаланса: 4

$$Q = q(h/h). \qquad (306)$$

Подставляя в уравнения (304) и (305) значения найденных амплитуд, определяем sina и cosa, а затем угол а. Этот угол определяет положение уравновешивающего груза по отношению к пробному грузу при его первой установке.

Более просто и удобно осуществлять **балансировку роторов в своих подшипниках при помощи специальных балансировочнх аппаратов,** которые применяют двух видов: с электрической или с механической схемой.

16.7. Контроль качества динамической балансировки

Отношение неуравновешенной центробежной силы Р к статической нагрузке R на данную опору будем называть коэффициентом режима, т. е. А = P/R.

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что центр цапфы совершает спокойное колебательное движение по окружности радиусом А/2, т. е. радиусом, равным половине диаметрального зазора в подшипнике, только при нормальном режиме работы, когда коэффициент режима A не превосходит 0,25. С повышением коэффициента A до 0,5 и более резко увеличивается динамическая нагрузка на подшипник и появляются удары, частота которых растет с увеличением коэффициента А. В результате не только цапфа и подшипник, но и другие части машин быстро изнашиваются. Для устранения этих явлений нужно стремится к тому, чтобы при оставшемся в роторе небалансе сохранялась следующая зависимость для первой и второй его опор:

$$.P, \quad ARy \quad P_2=AR_2 \qquad (307)$$

где коэффициент режима А = 0,05 - 0,25. В указанных пределах его выбирают в зависимости от типа ротора, окружной скорости и класса балансировки.

6. Достигнутый коэффициент А

Класс балансировки	Аварийный	Допустимый	Хороший
1	0,25	0,12	0,05
II -	0,35	0,25	0,08

7. Достигнутая в результате балансировки амплитуда остточных вибраций, мм

Частота вращения, об/мин	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1000 и менее	0,04	0,07	0,10
1500	0,03	0,06	0,07
3000	0,01	0,03	0,05

Однако, задаваясь при балансировке малыми значениями коэффициента режима *А,* необходимо применять такие методы и оборудование, которые обеспечили бы соответсвующую точность динамической балансировки. Представим себе, что сила Р, появляется в результате смещения от оси вращения на некоторую величину $p_($ центра тяжести массы ротора тп, = *Gjg,* приходящейся ена данную опору. Тогда на вторую опору приходится масса $m_г$ = $=G_2/g$. Следовательно,

$$Л = (Gjg)^{P_l}; \quad P_2 = (G_2/g)a)^2 p_r \qquad (308)$$

Решая совместно уравнения (307) и (308), после преобразований получим

$$G_{1P1} = 9xl0^4AR,/n^2; \quad G_2p_2 = 9xl0^4AR_2/n^2, \qquad (309)$$

где n - частота вращения, об/мин.

Величину *Gp,* гхсм, принимают за меру остаточного (статического и динамического) дисбаланса ротора в плоскости приведения. Отсюда вытекают требования к степени балансировки: ротор должен быть сбалансирован статически и динамически с определенной точностью г см в плоскостях *I I* и *II II* (см. рис. 11.71, в).

К первому классу балансировки должны быть отнесены все быстроходные и ответсвенные установки общешахтного значения, ко второму - вспомогательные механизмы.

О результатах балансировки можно судить по величине остаточных вибраций. Балансировка считается законченной, е ели достигнуты результаты, приведенные в табл. 6 или 7.

16.8. Оценка шумов, производимых машинами

При изготовлении и ремонте горного оборудования необходимо уделять серьезное внимание ослаблению шума, издаваемого машиной. Шум оказывает вредное влияние не только на рабочих, обслуживающих такое оборудование, но и на лиц, выполняющих другие работы и находящихся в шумовой зоне. Шум, издаваемый машиной, принято выражать в децибеллах (дБ). Рекомендованы-санитарные нормы и правила по ограничению производственных шумов. Все шумы в зависимости от их частотного состава (спектра) разделены на три класса, для каждого из которых установлены следующие допустимые уровни шума:

1-й класс (допустимый уровень 90-100 дБ) - шумы низкочастотные (тихоходных агрегатов неударного действия; шумы, проникающие сквозь звукоизолирующие преграды - стены, перекрытия, кожухи). Наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 300 Гц, выше которой уровни шума понижаются не менее чем на 5 дБ на октаву;

2-й класс (допустимый уровень 85-90 дБ) - шумы среднечйстотные (шумы большинства станков и агрегатов неударного действия). Наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 800 Гц, выше которой уровни понижаются не менее чем на 5 дБ на октаву;

3-й класс (допустимый уровень 75-85 дБ) - шумы

высокочастотные (звенящие, шипящие и свистящие шумы, характерные для агрегатов ударного действия, потоков воздуха и газа, агрегатов, действующих с большими скоростями). Наибольшие уровни в спектре расположены выше частоты 800 Гц.

Для измерения общего уровня шума, превышающего 75 дБ, применяют объективные шумомеры Ш-52, ЛИОТ или ШИ-53. Перключатель частоты характеристик при измерениях должен быть установлен в положение "Горизонтальная характеристика". Частотный состав шума "спектр" определяется объективным шумомером и присоединенным к нему октавным полосным фильтром с указывающим прибором, проградуированным в гецибелах.

Как правило, с износом машин шум возрастает. Поэтому измерение шумов до и после ремонта и сравнение их с шумами новых машин могут в определенной мере свидетельствовать о состоянии машины и качестве произведенного ремонта.

Глава 17. МОНТАЖ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

17.1. Общие принципы монтажа оборудования

Способы монтажа оборудования на угольных шахтнах и рудниках чрезвычайно разнообразны. Так как современная шахта представляет собой сложный комплекс сооружений, устройств и электромеханического оборудования. Принятые методы организации монтажа горного оборудования должны обеспечивать высококачественное выполнение работ в наименьший срок.

Для успешного выполения монтажных работ следует заранее определить, где и как разместить части машины, какие потребуются монтажное оборудование, приспособления и инструмент, последовательность и сроки монтажа узлов и всего объекта. До начала монтажа нужно закончить все строительные работы, чтобы во время монтажа исключить попадание пыли на трущиеся детали машины.

В зданиях подъемных машин и крупных лебедок, в компрессорных станциях и насосных камерах, как правило, до начала монтажа должны быть установлены мостовые краны или краны-балки, необходимые для монтажа машин. Монтаж крупных машин без кранов весьма затруднителен и занимает много времени.

После доставки частей машины к месту установки следует по соответсвующим документам проверить наличие и состояния деталй и узлов. Все части машины, которые покрыты маслом или другим защитным составом, должны быть тщательно очищены и промыты керосином. После этого крупные части следует расположить на деревянных настилах возле фундамента. Мелкие части, арматуру, монтажный инструмент и материалы нужно хранить до и во время монтажа в отдельном сухом помещении или кладовой. Монтировать машину следует по точно разработанному графику, в котором указаны порядок и время выполнения монтажа тех или иных узлов, необходимое число рабочих по квалификации и трудоемкости работ.

17.2. Проверка фундамента

Одна из самых важных частей всякой стационарной установки - фундамент - является подземным сооружением, предназначенным передавать на грунт давление, производимое массой машины и силами, возникающими во время ее работы. Неправильно

заложенный фундамент часто становится причиной преждевременной порчи машины.

Во время работы машина подвергается действию сил, стремящихся сдвинуть ее или опрокинуть и оказывающих давление на фундамент. Особенно расшатывают фундамент горизонтальные поршневые машины, так как рабочие усилия в них направлены по горизонтали. Вертикальные поршневые машины воздействуют на фундамент меньше, так как у них рабочее давление направлено по вертикали. Менее всего портят фундамент ротационные машины.

Обычно заводы-изготовители вместе с машиной дают чертежи фундамента е указанием его размеров, место установки фундаментных болтов и плит. Руководствуясь этими чертежами, разбивают место под фундамент. Возводя фундамент, необходимо следить, чтобы давление на грунт не превосходило допустимых величин, иначе фундамент может осесть и деформироваться. Допустимое давление на грунт при заложении фундамента на глубине не более 4 м от поверхности земли не должны превосходить следующих значений, МПа:

скалистый каменистый грунт (или крупный песок, гравий)	0,6
плотный глинистый грунт или крупный плотный песок	0,4
пылеватый, сухой, малоуплотненный песок	0,2
слабый глинистый грунт.	0,1

Насыпной грунт, особенно состоящий из глины или суглика, основанием для фундамента служить не может. Растительный, илистый и торфяной грунты являются плохими **Основаниями.** Кроме того, в этих грунтах могут образовываться органические кислоты, разрушающе действующие на бетон. Осадка этих грунтов **Значительна.**

Наиболее совершенным способом испытания грунта считается . бурение. При этом образцы грунта обычно берут с каждого метра глубины. Опробовать грунт необходимо на глубину не менее чем 1 м ниже проектной глубины заложения фундамента. Если в качестве грунта возникают сомнения, его дополнительно проверяют при статической пробной нагрузке. Чтобы определить размеры фундамента, принимают общую массу машины и фундамента. Для экономии материала большие фундаменты выполняют уступами.

Глубина заложения фундамента зависит от характера грунта, глубины его промерзания, типа и размеров монтируемой машины и определяется с таким расчетом, чтобы фундамент лежал не на растительном слое или насыпной земле, а непосредственно на основной породе. Обычно глубину заложения фундамента от поверхности берут не менее 1-1,5 м, поскольку глубина промерзания грунта в средней полосе европейской части доходит до 1 м. Для устновки насосов или двигателей генераторов в подземных камерах глубину заложения фундаментов обычно принимают от 0,7 до 1 м в зависимости от их размеров. Если в почве пласта имеются крепкие породы, то иногда под стационарные механизмы специальные фундаменты не устраивают, а выравнивают место под машину, затем бурят шпуры под фундаментные болты, устанавливают эти болты и заливают цементным раствором. Высота фундамента для новой машины обычно указывается в чертежах.

Для **проверки размеров фундамента** при отсутствии чертежа можно руководствоваться следующими соображениями:

1. Масса фундамента

$$G = aQ,$$

где a - коэффициент нагрузки на фундамент, зависящий от типа машины; Q - масса машины, Н.

Для горизонтальных поршневых машин можно принимать: a = 2 при скорости поршня v = 1 м/с; a = 2,5 при v = 2 м/с; a = 3,5 при у = 3 м / с и a = 4,5 при v = 4 м/с. Для вертикальных поршневых машин коэффициент соответсвенно уменьшают примерно на 35 % . Для электрических машин без торможения или реверсирования a = 10, для электрических машин с торможением, частым реверсированием, а также при толчкообразной нагрузке a = 20. Для других машин ротационного типа (насосы и вентиляторы) a = 10.

2. Зная массу фундамента, определяют его объем V, м³;

$$V = G/q, \qquad (310)$$

где q - удельная масса фундамента; для кирпичного фундамента можно принимать q = 18000 Н/м³, для бетонного q = 20000 Н/м³.

3. Зная ширину и длину фундамента в соответствии с размерами рамы машины, определяют высоту фундамента Н, м:

$$H = V/ab, \qquad (311)$$

где a и b - длина и ширина фундамента, принимаемые в зависимости от длины и ширины рамы машины, м. При наличии у машины фундаментной плиты размеры фундамента должны превышать размеры плиты в плане на 150-200 мм в каждую сторону. Если предполагается устройство специальных ниш для клиньев фундаментных болтов, то плученную из формулы (311) высоту фундамента увеличивают примерно на 400 мм. При установке машины в помещении фундамент должен возвышаться над полом на 150-300 мм.

Проверка фундамента на резонанс. Фундамент, установленный на упругом основании,- под влиянием сил, развиваемых машиной, выходит из положения равновесия и начинает колебаться. Если частота собственных колебаний фундамента совпадает с частотой колебаний, вызываемых движущимися неуравновешенными массами машины, то наступает явление резонанса. Такие колебания особенно вредны, если их частота совпадает с частотой вращения частей машины. Поэтому массу фундамента подбирают так, чтобы частота собственных колебаний фундамента более чем в два раза превышала частоту вынужденных колебаний. Частота собственных вертикальных колебаний фундамента определяется по формуле

$$n_h \quad (30/я)\ VcFg/G;$$

вращательных -

$$n_\varphi = (30/\pi)\sqrt{2cJ/\theta};$$

где c = 0,2 : 1,0 - коэффициент упругого равномерного сжатия,

МПа; принимается в 2 раза большим допустимого статического давления на основание (см. ранее); F - площадь основания фундамента, м²; g'= =9,81 - ускорение силы тяжести, м/с²; G - общая масса фундамента и машины, тс; J - момент инерции площади подошвы фундамента относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы перпендикулярно к плоскости колебаний, м⁴; 9 - момент инерции массы фундамента и машины относительно той же оси, тсхмхс².

Расхождение между частотой собственных колебаний фундамента n_h, п и частотой вращения машины п должно быть следующим;

$$n_h > 2n; \quad n_\Phi > 2n.$$

Главные причины колебаний фундамента - недостаточные статическое и динамическое уравновешивания машины, а также недостаточная жесткость конструкции, вызывающая деформацию в частях машины и неточность монтажа.

Определить частоту резонансных колебаний фундамента аналитически затруднительно ввиду необходимости заранее знать точное значение коэффициента с. Практически ее можно определять следующим упрощенным способом. На фундаменте устанавливают небольшой электродвигатель, лучше всего постоянного тока, с регулируемой частотой вращения. Его якорь искусственно делают неуравновешенным, прикрепляя добавочный груз, и включают возможно большую частоту вращения. Если при определенной частоте вращения двигателя возникают колебания фундамента, причем опытная частота вращения электродвигателя совпадает с нормальной частотой вращения машины, монтируемой на данном фундаменте, причиной вибраций является резонанс.

Для уменьшения колебаний следует лучше уравновесить вращающиеся части машины, а также постараться получить больший период собственных колебаний фундамента и почвы (присоединить дополнительную массу к фундаменту, укрепить грунт сваями, заложить упругие материалы между подушкой и массивом фундамента).

Проверка фундамента на опрокидывание. После того как намечены все основные размеры фундамента, его проверяют на опрокидывание. Вычерчивают в масштабе, например для двигателя, связанного с машиной ременной передачей (рис. 11.88), намечают высоту *L* центра тяжести машины и определяют направление натяжения ремня *ОК*. По *ОК* откладывают в определенном масштабе натяжение Р ремня, а по вертикали общий вес фундамента и машины *G* + *Q* в том же масштабе. После этого складывают обе силы по по правилу параллелограмма и продлевают диагональ до пересечения с линией фундамента. Если эта линия проходит через среднюю треть фундамента, то машина установлена устойчиво.

17.3. Устройство фундамента

Разметка места и устройство основания под фундамент. Разметка места под фундамент заключается в ориентировании его расположения относительно частей данной установки и других установок шахты. Руководствуясь чертежом, размечают положение

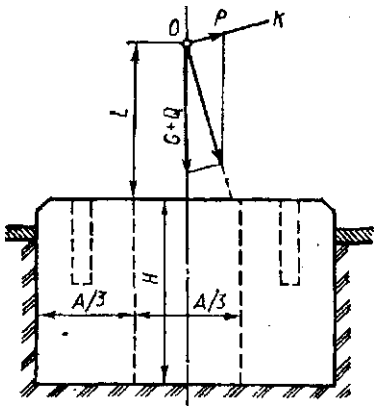


Рис. 11.88. Проверка фундамента на опрокидывание

фундамента, очерчивают его размеры, намечают главные оси и расположение фундаментных болтов. В ответственных случаях, например при разметке фундамента подъемной машины, направления осей по отношению к копровым шкивам дает маркшейдер. После того как будет решено, где заложить фундамент, можно определить границы котлована, т. е. выемки, в которой располагается фундамент.

При наличии скалистого, щебенистого или песчаного грунта (в их естественном залегании), который может выдержать нагрузку, работа по устройству основания под фундамент заключается только в планировке. Если грунт мягкий, необходимо делать бетонную подушку толщиной 300-750 мм. При толщине подушки 1500 мм можно возводить самые тяжелые фундаменты. Если не устраивать подушку, т. е. искусственно твердого основания, мягкий грунт, высыхая или впитывая влагу будет сжиматься или расширяться. Деформация фундамента приведет к трещинам, которые вызовут разрушение и аварию всего сооружения. Чтобы придать фундаменту большую эластичность, на поверхности бетонного основания накладывают слой упругого материала толщиной 50-60 мм из плит антивибрита. Если грунт особенно слаб, его следует укрепить сваями.

Кладка фундамента. Подготовив основание под фундамент, приступают к его кладке. Поскольку собственная устойчивость машин, определяемая их размерами и массой, обычно бывает недостаточна для противодействия сдвигу или опрокидыванию, раму машины прикрепляют к фундаменту болтами, для которых в фундаменте оставляют колодцы сечением 100 х 100 мм.

Кирпичные фундаменты кладут на цементном растворе, состоящем из цемента и чистого песка в отношении 1 : 3, а в ответственных случаях - 1 : 1. В процессе бетонирования фундамента рекомендуется избегать перерывово в работе. Соотношение составных частей бетона (цемент, песок, щебень) принимают 1 : 3 : 5, а в ответственных случаях - 1 : 2 : 3 . Утрамбовывают бетон слоями в сколоченную из досок форму.

В местах, где должны быть колодцы для фундаментных болтов, устанавливают гладко оструганные деревянные колья или сужающиеся книзу трубы из тонких досок. Колья обертывают

войлоком или толем, чтобы в случае разбухания их *легко* было вынуть. Рекомендуется их слегка раскачать до полного схватывания фундамента. Анкерные плиты закладывают в кладку при возведении фундамента или вставляют по окончании кладки.

Выполняя ответственные работы (фундаменты подъемных машин, крупных и средних компрессоров и т. п.), нужно вести журнал, в котором фиксировать объемное количество ежедневно выполняемых работ, начало, окончание перерывы бетонирования, состав бетона, атмосферные условия, время съема опалубки и т. д.

17.4. Монтаж и выверка ротационных машин

Приступая к установке машины на фундаменте, надо прежде всего сверить действительные размеры фундамента с размерами, указанными на чертежах.

В небольших и средних машинах фундаментные болты обычно устанавливают заранее, до установки плиты. В крупных машинах болты не имеют головок, и их можно вставлять через отверстия установленной рамы или плиты. В этом' случае в фундаменте устраивают ходы для доступа к анкерным плитам и нижним концам фундаментных болтов.

Такие ротационные машины, как насосы, вентиляторы, компрессоры, при непосредственном их соединении с двигателями обычно помещают на общей фундаментной плите. После того как намечены оси машины, приступают к установке плиты на заранее подготовленные металлические подставки (в виде клиньев) высотой 30-50 мм. Затем при помощи стальной линейки и уровня выверяют горизонтальность плиты и затягивают болты. Установку плиты можно считать законченной, если общий ее наклон вдоль оси вала не превышает 0,15 мм и в поперечном направлении составляет не более 0,3 мм на 1 м длины. По окончании выверки подливают жидкий цементный расвор - смесь цемента и песка (1 : 1 или 1 : 2) с большим количеством воды. До этого нужно по периметру плиты установить опалубку из досок, которая должна быть выше верхней заливаемой точки на 70-100 мм. По истечении нескольких дней, когда подливка окончательно затвердеет, еще раз выверяют горизонтальность фундаментной плиты, или салазок, окончательно затягивают фундаментные болты и выверяют установку машины.

К установке ротационных машин на фундаменте предъявляются следующие требования: I) основание машины должно быть строго горизонатльным; 2) оси валов при непосредственном, соединении машины с электродвигателем должны совпадать; 3) при ременной передаче валы электродвигателя и машины должны быть параллельны, а средние плоскости их шкивов должны совпадать.

Вращение от электродвигателя к ротационной машине может передаваться либо непосредственным соединением их валов, либо при помощи ременной или зубчатой передачи. Непосредственное соединение рабочей машины с электродвигателем осуществляется при помощи жестких, полужестких и эластичных муфт. Правильным соединением полумуфт валов рабочей машины и привода, т. е. точным совпадением осей соединяемых валов, достигается надежная работа агрегатов.

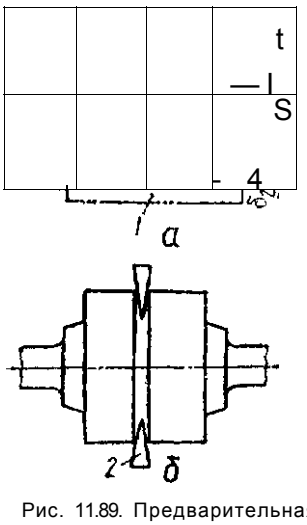


Рис. 11.89. Предварительная выверка правильности установки валов:
а - металлической линейкой 1; б - клиновым щупом 2

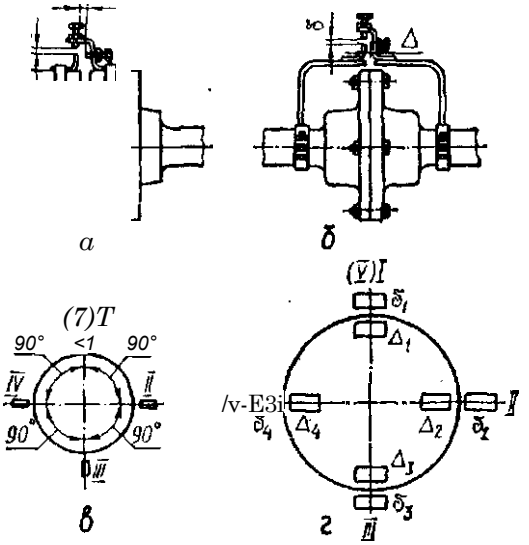


Рис. Н.90. Окончательная выверка валов при помощи центровочных скоб:
а на полумуфтах; б - на валах; в - положение скоб при измерении зазоров; г - запись результатов измерений зазоров

Центровку валов по полумуфтам выполняют в два приема: сначала предварительно их центрируют при помощи линейки и клинового щупа, а затем окончательно - по центровочным скобам.

Предварительную центровку начинают с установки торцевого зазора между полумуфтами. Сначала металлической линейкой (рис. 11.89, *а)* выверяют положение валов по высоте. При одинаковом диаметре полумуфт на верхнюю образующую полумуфты рабочей машины накладывают металлическую линейку так, чтобы ее ребро совпало с образующей. Если полумуфта привода имеет меньший диаметр, *чем* полумуфта рабочей машины, добиваются одинакового зазора (б, = б) между линейкой 1 и образующей полумуфты привода в верхнем и нижнем положениях. В горизонтальной плоскости валы выверяют аналогично, с той лишь разницой, что линейку прикладывают к боковым образующим полумуфты. Горизонтальность вала выверяется при помощи клиновых щупов *2* (рис. 11.89, б) измерением торцевых Зазоров, которые при горизонтальном положении валов с верхней и нижней сторон полумуфт должны быть одинаковой.

Окончательную центровку валов (рис. 11.90, *а, б)* осуществляют при помощи центровочных скоб. Зазор 5 полумуфт называют радиальным, а зазор Д между торцами полумуфт - осевым. При центровке со скобами радиальные и осевые зазоры измеряют в четырех положениях (рис. 11.90, *в)* с поворотом обеих полумуфт при каждом измерении на 90°, чтобы центровочные скобы последовательно заняли верхнее 7, боковое *II,* нижнее *III* и боковое *IV* положения. После измерения зазоров в положениях *1 - IV*

выполняют контрольную проверку зазоров в положении *V,* соответствующем положению 1. Записывают результаты зазоров по схеме (рис. 11.90, *г).*

Разностью диаметрально противоположных измерений зазоров (8, - 8_3; 8_2 - S_4; А, - A_3; A_2 - Доопределяется точность центровки. Доцуски на центровку валов приведены в справочной литературе.

После выверки машину и электродвигатель окончательно закрепляют на плите. Когда установка полностью смонтирована, осмотрена и проверена, проводят сначала пробный пуск, а затем испытания в соответствии с правилами, установленными для данного типа машины.

17.5. Монтаж поршневого компрессора

Монтируют стационарные компрессорные установки после проверки качества кладки и правильности размеров фундамента. Заключается монтаж в сборке компрессора и двигателя, в установке вспомогательной аппаратуры, трубопроводов для охлаждающей воды, воздуха и системы смазки.

Выверка положений. Прежде всего определяют положения осей цилиндров, направляющих и главного вала машины. Когда оси машины намечены, приступают к установке ее рамы или плиты на заранее подготовленные металлические клинья (подставки) высотой 30-50 мм. Вместо подкладок, заливаемых цементом вместе с плитой, целесообразно применять домкратики, которые после заливки снимают. При пользовании домкратиками необходимо по мере схватывания (затвердевания) цементного раствора очищать места их установки. После схватывания бетона домкратики снимают и фундаментная плита ложится всей-плоскостью на бетон, а не на отдельные опорные точки, что часто происходит вследствие некоторой усадки бетона после затвердевания при применении подкладок. Кроме того, при пользовании домкратиками упрощается работа по регулировке плиты. Иногда в самой плите или раме машины встраивают винты. Этими винтами выверяют машину на фундаменте, а затем после подливки жидкого раствора их немного вывинчивают и плита ложится всей плоскостью на бетон. Положение рамы относительно главных осей машины и ее горизонтальность тщательно выверяют шнурами, линейками и уровнями.

Многоцилиндровые вертикальные компрессоры имеют одну общую фундаментную плиту, при обработке которой на заводе обеспечивается параллельность и перпендикулярность осей и плоскостей. Поэтому во время монтажа таких машин требуется лишь устранить возникающие в процессе работы погрешности.

Монтаж горизонтальных многоцилиндровых машин (поршневых компрессоров), работающих на общем валу, но установленных на отдельных фундаметных рамах с общим фундаментом, более сложен и требует особой внимательности и точной выверки. Для таких машин целесообразнее начинать выверку с определения горизонтальности положения рам и всех осей цилиндров. Их устанавливают приблизительно на требуемом расстоянии друг от друга. Затем внутрь двух цилиндров укладывают два совершенно прямых куска стали одинакового сечения, а на них кладут поверочную линейку и уровень (рис. 11.91). Такую же проверку делают для главного вала, укладывая линейку и уровень

Рис. 11.91. Проверка уровня расположения цилиндров

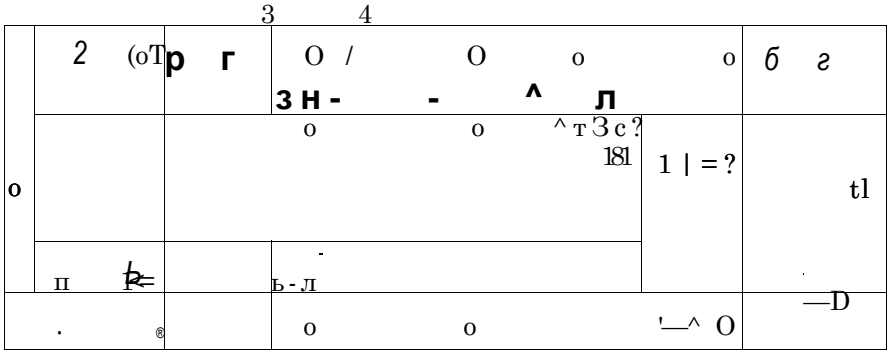


рис. II.92. Проверка параллельности осей:
1 - кронштейн; 2 - центровка; 3 - цилиндр; 4 - стальная проволока; 5 - главный *вал;* 6 - скоба со стрелкой

во вкладыши коренных подшипников.

После установки станины на одном уровне на кронштейнах ***1*** (рис. 11.92) укрепляют центровку ***2*** как со стороны цилиндров ***3,*** так и со стороны главного (общего для них) вала 5. Сквозь цилиндры протягивают стальную проволоку ***4*** диаметром 0,2-0.5 мм. Один конец ее, со стороны цилиндра, укрепляют в центровке, а на другой, со стороны главного вала, навешивают гирю достаточного веса. Непараллельность осей рам, измеренная штихмассом в двух крайних точках, допускается не более 0,05 мм. Если неподвижна параллель крестовой головки, то по ней выравнивают цилиндр. Если же неподвижен цилиндр, а параллель крестовой головки нужно крепить к раме болтами, то установку параллели проверяют по оси цилиндра. Перекос цилиндра по отношению к оси рамы не должен превышать 0,1 мм на длину зеркала цилиндра.

После окончательной выверки рамы и надлежащего затягивания фундаментных болтов укладывают в подшипники главный вал. Горизонтальность вала проверяют рамным уровнем по коренный подшипникам. Перпендикулярнойсть оси вала к оси цилиндра проверяют при помощи скобы *6* со стрелками, которые укрепляют на соответствующих шейках главного вала. Расстояние между стрелкой и 1уэоволокой измеряют в двух положениях вала (одно из положении показано на рис. 11.92 штриховой с двумя точками). После этого затягивают крышки подшипников и пробуют вращать вал для определения точности посадки, легкости и равномерности вращения. Если имеется выносной подшипник, то его сначала устанавливают временно. Окончательное положение

подшипнику придается впоследствии, когда состояние бетона позволит приступить к окончательному монтажу вала.

Чтобы предотвратить возможную осадку плиты или рамы на фундаменте под действием значительной последующей нагрузки на раму до заливки устанавливают, кроме главного вала и другие тяжелые части машины. После окончательной выверки рамы фундаментные болты крепко затягивают и заливают цементным раствором на две третий высоты колодцев. Остальное засыпают песком для сохранения эластичности болтов.

Вслед за заливкой болтов подливают раствор под раму, для чего со всех ее сторон примерно на расстоянии 100 мм от края строят опалубку из досок высотой 200 мм, затем смачивают водой прилегающие поверхности рамы и подливают под нее жидких цементный раствор (смесь цемента и песка 1 : 1 с большим количеством воды), пока он не покроет раму на высоту до 25 мм. Когда по истечении нескольких дней подливка затвердевает окончательно, снимают опалубку, окантовывают и штукатурят затвердевшую подливку и приступают непосредственно к сборке машины.

Проверка укладки главного вала. При монтаже компрессора очень важно правильно установить в подшипниках главный или коренной вал: его соь должна быть строго прямой линией. Проверяют укладку вала и подгоняют вкладыши подшипников описанным ранее способом.

Шабровка коренных подшипников связана с подъемом вала, иногда вместе с маховиком. Во избежание прогиба вал поднимают равномерно несколькими талями и только на такую высоту, чтобы можно было вынуть нижние вкладыши. Подъем главного вала - довольно сложная и ответственная работа, требующая большого времени, а поэтому надо стараться избегать излишних подъемов.

Сборка маховика. Место для маховика на валу и расточка в ступице должны быть чистыми, не иметь заусенцев и забоин на соединяемых поверхностях. Шпонка должна точно входить в свои канавки на валу и в маховике с некоторым натягом. Шпонку, которая будет контрольной при сборке половинок разъемного маховика, нужно подогнать. Третья часть длины шпонки должна иметь высоту на 0,1 мм меньше полной высоты канавки в маховике и на валу.

Перед сборкой разъемного маховика в приямок опускают одну из его половинок. Затем эту половину поднимают вплотную к посадочному месту на валу, делают под нее подставку из брусьев и ставят на места серьги (если таковые имеются). Далее поднимают вторую половину маховика и опускают ее на уложенную нижнюю половину так, чтобы края обода и ступицы точно совпали. Для точного совпадения шпоночных канавок маховика и вала в канавку 'закладывают контрольную шпонку на половину ее длины. Затем вставляют и затягивают болты ступицы и одновременно проверяют точность совпадения по ступице и ободу обеих половин маховика, ставят на места клинья обода или болты, проверяя совпадение половинок маховика. Иногда в ступицу или обод маховика, кроме скрепления болтами, укрепляют стяжными кольцами, надетыми в горячем состоянии. После окончательного затягивания всех болтов маховика подгоняют шпонки к своим канавкам. При этом обращают внимание на то, чтобы слишком туго забитая шпонка не вызвала

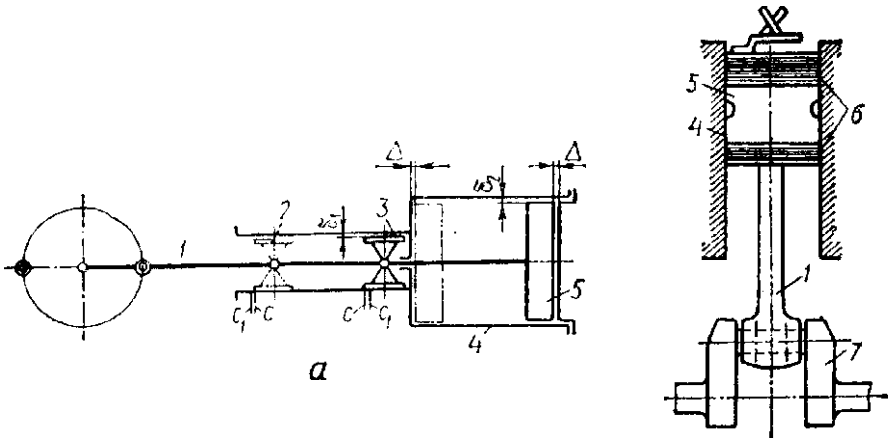


Рис. 11.93. Схемы узлов с возвратно-поступательным движением:
а - узел с крестовой головкой; б - узел с коленчатым валом; 1 - шатун; 2 - крестовая головка (крейцкопф); 3 - параллели; 4 - цилиндр; 5 - поршень; 6 - поршневые кольца; 7 - коленчатый вал

появления трещин в ступице маховика.

Правильность посадки маховика и его биение проверяют обычными способами. Допуск торцевого биения, мм,

$$ГТ_Т = (0{,}0005 - 0{,}001)D;$$

допуск радиального биения

$$1T_р = (0{,}00025 - 0{,}0005)D;$$

где *D* - диаметр шкива, мм.

Нарушение точности посадки разъемного маховика могут вызвать неправильно вбитые клинья. При изменении их нажима эти недочеты устарняются, и маховик правильно вращается.

Цельный маховик должен надеваться на вал с некоторым сопротивлением. Посадочные места такого маховика и вала после их очистки и удаления заусенцев смазывают маслом.

Монтаж поршня. Среди поршневых копрессоров, применяемых в горной промышленности, встречаются контсрукции (рис. 11.93) с крестовой головокй (крейцкопфом) и без нее. В первом случае поршень представляет собой довольно короткий цилиндр или даже узкий диск (рис. 11.93, *а).* Во втором - поршень имеет форму длинного пустотелого цилиндра со значительной опорной поверхностью (рис. 11.93, б), что и позволяет обходится без направляющих параллелей, штока и крестовой головки.

Монтируя поршень, собирают поршневой подшипник, очищают все от грязи и моют, а затем устанавливают поршень в цилиндр. Обнаруженные при этом на поршне ссадины и царапины следует зачистить. Особенно тщательно очищать канавки или кольца, в которых легче всего скопляется грязь.

Монтаж шатуна сводится к правильному монтажу его

головок и правильному их расположению относительно цилиндра и кривошипа. При этом нужно соблюдать следующие условия: 1) оси обеих головок шатуна должны быть параллельны как оси коренного вала, так и между собой; 2) продольная ось шатуна должна быть параллельна оси цилиндра и перпендикулярна к оси коренного вала; 3) расстояние между осями шатунных головок должно быть определенным; 4) в конструкциях с крестовыми головками шатун должен лежать на одной прямой с осями цилиндра, штока и крестовой головки.

Правильность положения шатуна относительно поршня можно проверить при помощи угольника, который одной стороной должне прилегать к пальцу, а другой к шатуну. Обнаруженные отклонения свидетельствуют о неудовлетворительной пригонке подшипника к пальцу; однако исправление следует сделать несколько позднее - после выверки всей системы поршень - шатун на машине.

В вертикальных машинах без крестовой головки (рис. 11.93, б) соединенный с шатуном поршень закладывают в цилиндр сверху соответсвующими подъемными приспособлениями. Осторожно на талях шатун с поршнем опускают в цилиндр, а затем собирают кривошипную головку шатуна. После этого проверяют правильность расположения всей системы в различных положениях. Для проверки зазоров в этих положениях можно пользоваться щупом.

Проверив, поршень вынимают из Цилиндра, надевают поршневые кольца и окончательно монтируют поршень с шатуном, соединяя его с коленчатым валом. Надевая поршневые кольца, следует окончательно проверить, не туго ли они входят в канавки. Снимать и надевать кольца удобнее всего, пользуясь полосками из тонкой листовой стали, которые закладывают по коружности поршня так, чтобы кольцо не могло попасть в паз, который для него не предназначен. Установка больших колец требует специальных приспособлений, облегчающих работу. Замки колец не следует распологать на одной линии. Их смещают один относительно другого по окружности. Заводя поршень в цилиндр, кольцо последовательно сжимают особым зажимом. Можно также перед пропусканием кольца в цилиндр сжать его пеньковым канатиком, но этот способ менее удобен. При установке поршня в цилиндр зазор в замке сжатого кольца должен быть равен (0,003 - 0,006) D, где D - внутренний диаметр цилиндра, мм. Если кольцо под действием высокой температуры не будет иметь возможности расширяться, то это вызовет заедание колец и порчу стенок цилиндра.

Монтаж крестовой головки проводят по натянутой нити с перемещением ее в крайние положения на параллелях (рис. 11.93, *а).* Площадь прилегания ползуна к параллелям должна составлять не менее 70 % его поверхности. Зазор между верхней параллелью рамы и ползуном крестовой головки 8, = 0,2 - 0,3 мм.

В собранном виде шток с поршнем приставляют к цилиндру и соединяют шток с крестовой головкой. Затем поршень с крестовой головкой передвигают от одного конца цилиндра до другого и при помощи укрепленного на кронштейне индикатора проверяют биение штока. Соединив шатун с крестовой головкой и кривошипом, ставят кривошип в "мертвые" положения и рисками c отмечают на направляющих соответсвующие положения крестовой

головки. Чтобы правильно соединить крестовую головку со штоком и шатуном, проверяют зазор между поршнем и крышками цилиндра. Для этого соединяют шатун, а поршень со штоком и крестовой головкой доводят до соприкосновения с передней и задней крышками, рисками *с* отмечая на параллелях соответсвующие Положения крестовой головки. Расстояния *с* c_1 или *с* . *с* дадут зазор Д между поршнем и крышками. Второй способ проверки заключается в обжатии свинцовой проволоки, пропущенной через окна клапанов.

Установка крышек цилиндра. Во многих машинах крышки цилиндра представляют собой весьма сложные отливки, имея ряд гнезд для размещения клапанов. Крышку надо разобрать, вынуть все части, тщательно очистить, вымыть в керосине и вновь собрать.

Крышку прикрепляют к цилиндру болтами или шпильками. Затягивают гайки возможно равномернее, окончательно - после первого пуска машины, когда крышка, а с ней и шпильки начнут нагреваться и расширяться. В соединениях употребляют прокладки из фибры или клингерита, по возможности небольшой толщины, как лучше прилегающие.

17.6. Монтаж подъемной машины

Большие массы и размеры деталей и узлов шахтных подъемных машин с диаметром барабанов 4-6 м усложняют их доставку в машинное здание, подъем и установку. Требуется применять мощные стрелочные краны и лебедки грузоподъемностью 5-10 т.

Перед началом монтажа проверяют и принимают фундамент машины, здание с подвалами, каналами, камерами распределительных устройств и т. д. Принимая фундамент, устанавливают качество его материала, монолитность, прочность и отсутсвие трещин в массиве. Правильность расположения фундамента определяют проверкой его основных осей по маркшейдерским отметкам. Высота фундамента определяется высотой расположения главного вала по отношению к устью шахты, устье шахты принимается обычно за нулевую отметку. Отметку оси главного вала по высоте делает маркшейдер, ее наносят в нескольких местах на стенах здания. По этим отметкам рекомендуется ставить соответствующие реперы высоты. В пределах здания отметки по высоте обычно переносят при помощи водяного уровня, состоящего из двух стеклянных трубок диаметром 10 мм, соединенных резиновой трубкой длиной 15-20 м и для большей точности измерения заполненных спиртом. Особенно внимательно проверяют прилегание анкерной плиты к бетону и ее перпендикулярность к оси анкерного болта, иначе могут произойти перекос, смещение и, наконец, повреждение плит при затягивании болтов.

После проверки строительной части и выверки осей машины приступают к установке на подготовленном фундаменте: рамы или постаментов машины (на подкладках), редуктора и рамы электродвигателя. Обычно рама машины состоит из двутавровых балок и швеллеров, скрепляемых косынками. Доставляют раму на монтажную площадку в разобранном виде. До сборки рамы размечают и вцравнивают места установки подкладок. Последние располагают симметрично по обе стороны анкерных болтов и в местах наибольшего сосредоточения нагрузки. Расстояние между

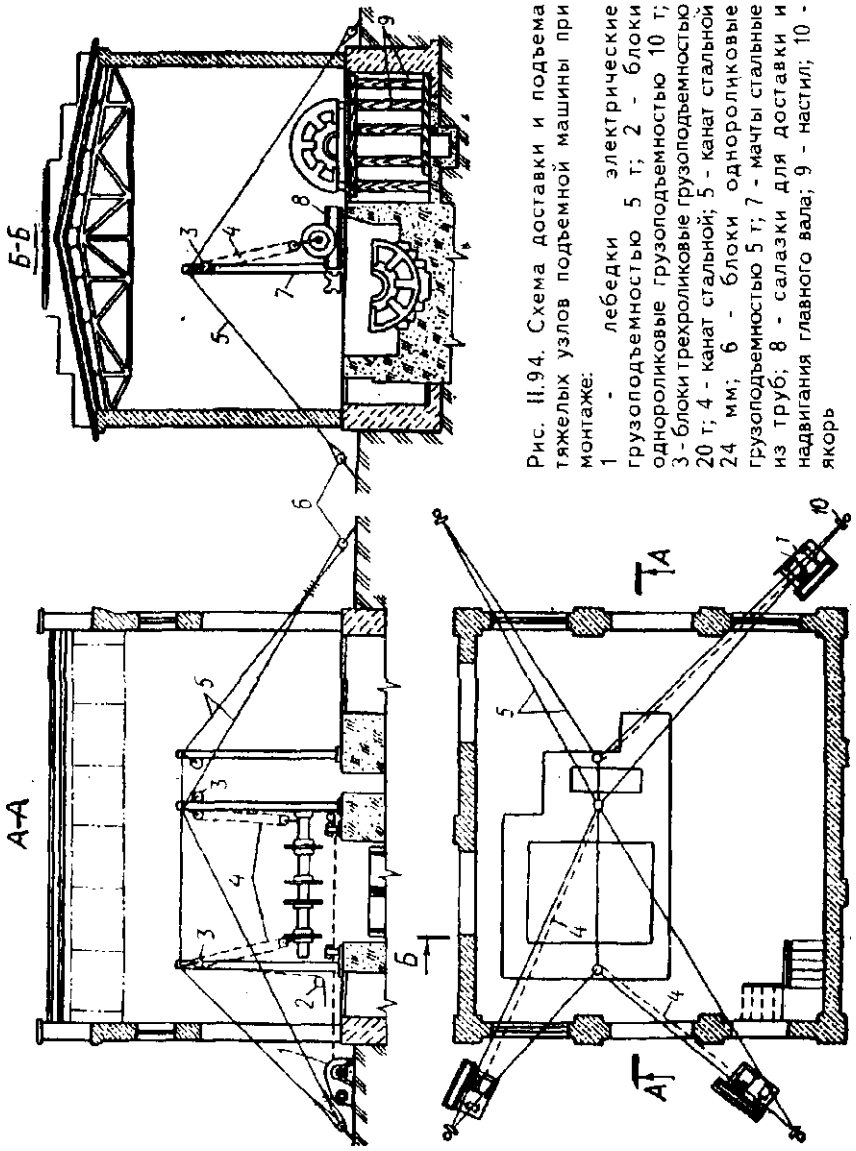


Рис. II.94. Схема доставки и подъема тяжелых узлов подъемной машины при монтаже:
1 - лебедки электрические грузоподъемностью 5 т; 2 - блоки однороликовые грузоподъемностью 10 т; 3 - блоки трехроликовые грузоподъемностью 20 т; 4 - канат стальной; 5 - канат стальной 24 мм; 6 - блоки однороликовые грузоподъемностью 5 т; 7 - мачты стальные из труб; 8 - салазки для доставки и надвигания главного вала; 9 - настил; 10 - якорь

подкладками обычно принимают 600-800 мм. Нижнюю часть кожуха редуктора, а также барабаны (в случае, если они разъемные, из двух частей) укладывают в проемы фундамента до сборки рамы (рис. 11.94).

Монтаж и выверка рамы. Для удобства последующей сварки или клепки раму собирают на подставках **из** брусьев или шпал высотой около 500 мм. При сборке руководствуются чертежами **и**

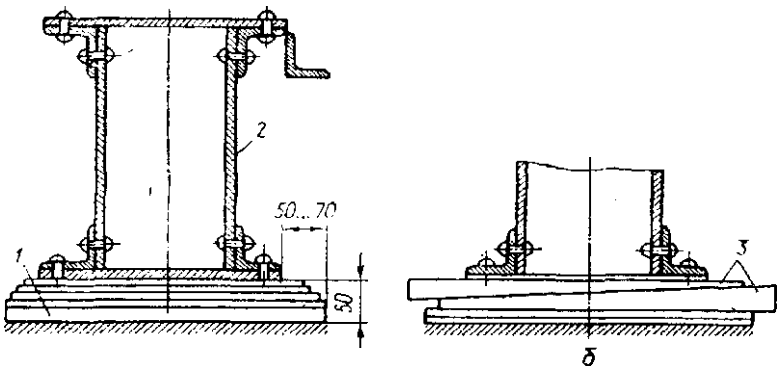


Рис. 11.95. Выверка рамы подъемной машины на подкладках (а) и клиньях (б): 1 - пакет подкладок; 2 - рама; 3 - клинья

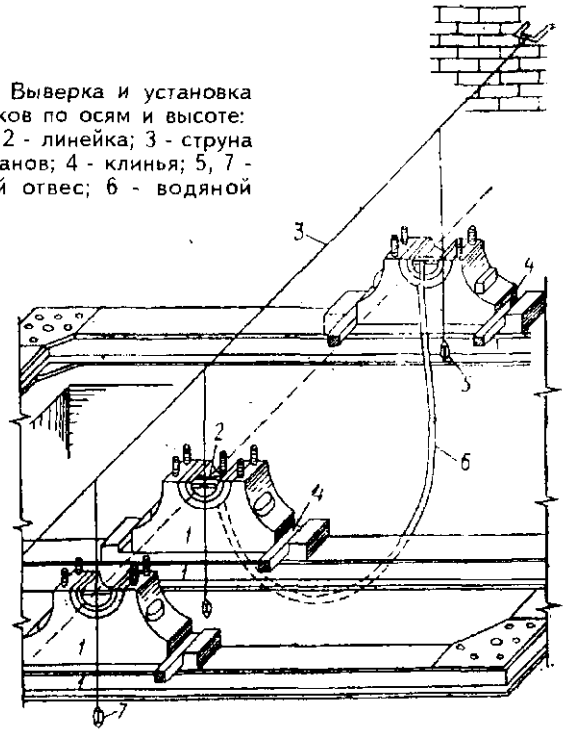


Рис. 11.96. Выверка и установка подшипников по осям и высоте: 1 - риска; 2 - линейка; 3 - струна оси барабанов; 4 - клинья; 5, 7 - центровой отвес; 6 - водяной уровень

заводской маркировкой. Взаимную перпендикулярность элементов рамы выверяют по обработанным местам стоек подшипников. Выверив и выправив раму, клепают стыки, снимая постепенно монтажные болты и следя за тем, чтобы не перекосить раму. При клепке и сварке руководствуются техническими условиями на монтаже металлических конструкций шахт. По окончании сварки и клепки раму вновь проверяют по основным размерам теми же способами и опускают на предварительном разложенные подкладки

и клинья (рис. 11.95), ширина которых около 80 мм, а длина превышает на 100 мм ширину рамы. Клинья имеют уклон 1 : 100.

Если после установки рамы болты крепления стоек подшипников, указателя глубины, тормозных устройств, анкерные болты с плинтами и т. д. завести невозможно, то эти болты ставят заранее.

Выставив раму и убедившись в ее горизонтальности, заводят анкерные болты с плитами и равномерно затягивают гайки. Выверка считается законченной, если общий наклон рамы вдоль оси вала не превышает 0,15 мм, а в поперечном направлении - 0,3 мм на 1 м длины.

Установка подшипников осуществляется на раме по заводским рискам 11, имеющимся на их стойках и на раме и совпадающим с осью вала (рис. 11.96). С натянутой по маркшейдерским отметкам оси барабанов опускают отвесы *5* и 7, которые должны точно совпасть с рисками на раме и на подшипниках и с обеих сторон подшипника одновременно забивают клинья *4*. Затем снимают крышки подшипников и при помощи уровня проверяют горизонтальность подшипниковых стоек. Точности при этом добиваться нецелесообразно, так как окончательно выверять подшипники приходится потом, вместе с валом. Горизонтальность вала проверяют водяным уровнем *6:* чем дальше отнебены визируемые точки, тем точнее получается результат.

Укладка и выверка коренного вала. Коренной вал машины доставляют в здание при помощи лебедок через монтажный проем в стене на специальных салазках (см. рис. 11.94) и располагают параллельно оси барабана против подшипников. Затем лебедками же его подкатывают к стойкам подшипников по наклонному деревянному настилу. Поднимают вал и укладывают в подшипники при помощи домкратов или полиспастов и монтажных мачт (см. рис. 11.94). Перед этим цапфы вала моют керосином и зачищают мелкой смоченной маслом наждачной бумагой №1; 0 и 00. Если есть следы коррозии, цапфы полируют отработанной наждачной бумагой, посыпанной мелко просеянным портландцементом.

По окончании полировки приступают к укладке вала в подшипники. Опускают вал всегда строго горизонтально. Особенно осторожно выполняют первое опусканик вала, так как может оказаться, что не все подшипники установлены точно. Поднимать вал надо также строго горизонтально, так как при перекосе его может заклинить в подшипниках и обмять края вкладышей. Главные валы подъемных машин имеют длину около 10 м и более. Опираются они чаще всего на три подшипника.

Горизонтальность уложенного на подшипники вала проверяют при помощи валового уровня. Измерения проводят на каждой цапфе вала. Подбивая клинья, отпуская и затягивая анкерные болты, добиваются того, чтобы уровень, поставленный на цапфу вала, давал одинаковые отклонения.

Цилиндричность цапф вала проверяют индикатором. Проворачивают вал на 360° валоповоротным устройством и одновременно следят за показаниями стрелки индикатора. До этого следует разбить торцевую часть окружности вала на шесть равных частей. Если показания индикатора в отмеченных шести точках получаются одинаковыми, цапфа вала правильная. Разные

показания свидетельствуют о наличии биения. Дальнейшая проверка заключается в следующем: вынимают вкладыши среднего подшипника и укладывают вал на два крайних подшипника, проверкой валя по уровню устанавливают, что вследствие учеличения стрелы прогиба одинаковые отклонения на обеих цапфах увеличились. Устанавливают индикатор по средней цапфе (свободной в данный момент) и проверяют биение вала. Если оно обнаружится, принимают необходимые меры, которые устанавливает специальная комиссия. Характерные способы правки валов (термический, механический, комбинированный) рассматриваются в специальных инструкциях. Во всех случаях прогиб не должен превышать 0,3 мм на 1 м длины вала.

Перпендикулярность вала по отношению к главной оси подъема проверяют следующим образом: по маркшейдерским осям натягивают проволоку, я на валу закрепляют рейсмус с такими расчетом, чтобы его острие почти прикасалось к натянутой проволоке. Зазор между острием и проволокой измеряют щупом. Затем вал поворачивают вместе с рейсмусом на 180°, пока острие не подойдет к проволоке в противоположной точке. Измеренная щупом разница зазоров в этих двух положениях показывает, насколько и в какую сторону надо сдвинуть вал, чтобы он принял положение, строго перпендикулярное к главной оси подъема. Рейсмус берут длиной более 1 м: чем он длиннее, тем точнее показания.

Монтаж подшипников. После выверки вала приступают к шабрению нижних и верхних вкладышей. Обычно вкладыши прибывают предварительно пришабренными с готовыми смазочными канавками. При монтаже лишь уточняют шабровку, выполняют так называемую "разбивку пятен". Чем точнее шабровка, тем больше пятен и тем меньше они по величине. Для обеих вкладышей главного вала (верхнего и нижнего) шабровка считается законченной после получения 3-5 пятен на 1 $см^2$. Ширина пришабренной поверхности должна составлять не менее 60° по окружности вкладыша и две трети по длине в средней его части.

Зазор Д, мм, между цапфой и поверхностью верхнего вкладыша (верхний зазор) в подшипниках с баббитовой заливкой при частоте вращения вала до 500 об/мин можно принимать

$$Д = kd$$

где к - численный коэффициент; d - диаметр цапфы, мм; для d > 50 - 120 мм к = 0,0010 - 0,0007; для d > 120 - 500 мм к = 0,0005 - 0,0004. Большие коэффициенты соответствуют меньшим диаметрам цапф.

Верхний зазор измеряют при помощи свинцовой проволоки и регулируют прокладками из тонкой листовой стали или фольги, укладываемыми в разъеме вкладышей. Тяжелые крышки подшипников при этом поднимают и сЗпускают талями, захватив крючьями за подвески, ввернутые в крышки.

После установки главного (коренного) вала раму, или постамент машины окончательно закрепляют анкерными болтами, а корпуса подшипников забивают клиньями и закрепляют болтами. Закрепив коренную часть машин, выверяют редуктор, устанавливают его на раму и выверяют электродвигатель. При этом центрируют валы редуктора с коренным валом машины и валом

электродвигателя, а затем редуктор и электродвигатель закрепляют анкерными болтами.

Одновременно с монтажом коренной части машины собирают и устанавливают механизм перестановки барабанов, Зубчатый венец которого прикрепляют к ступице переставного барабана точеными болтами. Тангенциальными шпонками зубчатую муфту закрепляют на коренном валу до его выверки. Параллельно с этим собирают и устанавливают кронштейны с рычажной системой и пневматический цилиндр механизма перестановки барабанов.

Монтаж барабанов осуществляют по заводским меткам. Нижние половины барабанов поднимают домкратами и скрепляют со ступицами коренного вала. После этого при помощи крана или монтажных мачт опускают на вал верхние половины барабанов и полностью собирают их. Между собой половины барабанов соединяют сборочными болтами, а со ступицами, установленными на валу, - точеными болтами.

Перед креплением холостого барабана к ступице со стороны механизма перестановки снимают зубчатый венец механизма перестановки, отводят его в сторону подшипника и закрепляют поршни в цилиндрах, чтобы последние не могли выпасть при выведении из зацепления зубчатого венца с зубчатой муфтой.

Проверив правильность установки барабанов, сваривают монтажные стыки. Ставят на место зубчатый венец механизма перестановки. Устанавливают на барабаны и пригоняют футеровку, закрепляют ее болтами с потайными головками, а отверстия над ними забивают деревянными пробками.

Собранную машину с барабанами, редуктором и электродвигателем выверяют по осям и высотным меткам, после чего подливают фундамент машины. По затвердевании цементного раствора протачивают тормозные ободы и нарезают канавки на деревянной футеровке барабанов. Протачивание обязательно в том случае, если биение барабана выше норм, приведенных в монтажном формуляре. Протачивание ободов и нарезание канавок выполняют при помощи специального приспособления, вращая барабаны от двигателя самой машины или от временно установленного двигателя. Если специального приспособления нет, для протачивания применяют суппорт от токарного станка, укрепленный на раме машины или тормозной балке. Протачивание делают резцом. Канавки на футеровке нарезают фасонной фрезой, которая приводится во вращение электродвигателем, установленным на специальной карете.

Монтаж тормозов, указателя глубины, аппаратуры и электрооборудования. Тормоз собирают на тормозном ободе и предварительно затягивают горизонтальными и вертикальными тягами. Шарнирные опоры со стойками, балки и рычаги устанавливают и точно выверяют по отношению к коренному валу и высотным отметкам. Затем шарнирные опоры закрепляют фундаментными болтами, а тормозные колодки освобождают и проверяют правильность прилегания их к ободам. В случае необходимости пригоняют тормозные колодки, устанавливают по отвесу стойки тормоза и проверяют шарнирные соединения. Шарнирные опоры и регулирующую стойку окончательно закрепляют анкерными болтами и подливают цементным раствором.

Привод тормоза устанавливают в подвальном помещении на



отдельной раме. После установки и проверки рычажной системы тормоза раму привода подливают цементным раствором.

Указатель глубины и узел управления машиной устанавливают: первый на постаменте, а второй на раме. Выверяют положение их по отношению к коренному валу машины, связанному с указателем глубины конической передачей. Собрав и выверив рычажную систему тормозов и установив редуктора, подливают цементным раствором постамент указателя глубины и раму узла управления машиной.

Профили на ретардирующих дисках указателя глубины подгоняют после окончания монтажа машины и нарезания футеровки барабанов. Воздушную и смазочную системы собирают и устанавливают, руководствуясь правилами монтажа компрессорных и насосных установок.

Электрооборудование подъемной машины поступает с заводов-изготовителей комплектно. Устанавливают его в соответствии с инструкциями. Чтобы обеспечить своевременную готовность электрической части машины, монтаж электрооборудования начинают одновременно с монтажом механической части.

Работы по монтажу подъемной машины записывают в монтажный формуляр, где указаны допускаемые отклонения. Рядом с ними заносят данные фактических измерений, свидетельствующие о качестве монтажа, а также результаты проверки различных узлов машины.

Заполнение монтажного формуляра обязательно!

После выполнения всех монтажных работ приступают к опробыванию и регулировке машины, а затем и всей установки, включая блокировку и сигнализацию. Опробование ведут сначала вхолостую, а затем (после навески канатов и подвески подъемных сосудов) - под нагрузкой с постепенным возрастанием грузоподъемности до максимума.

17.7. Монтаж механизированных комплексов в подземных выработках шахт

Выполняя монтажные работы в подземных выработках шахт, применяют различные технологические схемы и средства. В зависимости от схемы сборки, способа доставки и сложности процессов установки все механизированные комплексы можно разделить на 3 монтажные группы.

В **первую монтажную группу** включают механизированные комплексы, секции крепи которых до спуска в. шахту комплектуются в полной готовности к эксплуатации. В таком виде их доставляют к месту установки, где монтаж заключается в их развороте и внешних присоединениях. К этой группе относятся комплексы КМ87Э, КМ87ДН, КМ87П, КМ87ВМ, 1МКМ, КМ097, КСД, МКС и др.

В литературе [15, с. 167-186] монтаж механизированных крепей первой монтажной группы рассмотрен на примере комплекса КМ87Э. Работы выполняются по сетевому графику в такой последовательности: доставляются и собираются на штреке энергопоезд, насосные станции СНУ5, насос орошения НУМСЗО; устанавливается крепь для нижнего соединения; доставляется и монтируется головной привод забойного конвейера; доставляются и раскладываются по монтажной камере линейные рештаки

конвейера; прокладываются линейные рештаки конвейера с нижней холостой ветвью цепи, подборщиком и направляющими комбайна; доставляются и устанавливаются секции механизированной крепи; доставляются и устанавливаются борта кабелеукладчиков; монтируются электро- и гидрокоммуникации и траковая цепь; •укладывается верхняя рабочая цепь забойного конвейера; демонтируются и выдаются из лавы монтажные лебедки; доставляется и собирается комбайн; устанавливается крепь для верхнего соединения; устанавливается концевой привод забойного конвейера; выполняется освещение и громкоговорящая связь по лаве; подключается и проверяется на холостом ходу забойный конвейер; заводится тяговая цепь комбайна; демонтируется и выдается из лавы монтажное оборудование (лебедки, пускатели, средства пожаротушения, контейнеры с инструментами и др.); проводится комплексное испытание всех механизмов лавы.

Во **вторую монтажную группу** входят механизированные комплексы, секции крепи которых по условиям доставки подлежат неполной сборке; при монтаже выполняются по развороту секции^ подъему перекрытия, заведению гидростоек, внутрисекционнои разводке гидравлики и внешним присоединениям. К этой группе относятся комплексы ОКП, ОМКТМ, ОКП70, КТУ-2МКЭ, МК-75, 2МКМ и др.

Монтаж оборудования этой группы рассмотрен на примере наиболее распространенного комплекса ОКП Ц5, с. 186-199]. Этот комплекс состоит из механизидюванной крепи Т13К, ускозахватного комбайна КШ1КГ или КШЗМ, забойного конвейера СУОКП с кабелеукладчиком, крепи соединения лавы со штреком ТВК, двух насосных станций СНУ5 и гидроэлектрооборудования. Секция крепи содержит рештак забойного конвейера, который является составным элементом собранной секции.

Третья монтажная группа содержит механизированные комплексы КМ81, КМ130 и др., секции крепи которых по конструктивным особенностям и размерам доставляются к монтажу укрупненными элементами; в процессе монтажа выполняются сборка секции, подъем и стыковка с соседними секциями, внутренние и внешние подсоединения гидроразводки. Характерная особенность монтажа секции этой группы - необходимость их полной сборки в монтажной камере, подъем и установка в проектное положение с помощью специального монтажного крана.

В состав наиболее распространенного комплекса КМ81 входят: крепь механизированная 2М81Э, комбайн очистной КШ1КГ или КШЗМ, конвейер скребковый КМ81-02БМ с траковой цепью кабелеукладчика ЦТ4, крепь соединения 2М81СК лавы со штреком, оборудование энергопоезда [15 с. 199-222].

17.8. Испытания машин после сборки и монтажа

После ремонта и монтажа машины проходят соответсвующие испытания, а затем их сдают в эксплуатацию. Машины крупных стационарных установок - вентиляторы главного проветривания, мощные компрессоры и подъемные машины - испытывают на месте их постоянной работы. Смонтированную на фундаменте машину можно пускать в ход только после того, как все ее соединения тщательно осмотрены и проверены, подшипники и шарниры обильно смазаны, смазочные приспособления работают исправно, сальники набиты и подтянуты, система охлаждения (в компрессорах) проверена и т. п.

Все крупные машины после такой подготовки прежде всего

обкатывают без нагрузки, чтобы проверить правильность балансировки вращающихся деталей, тщательность сборки и пригонки подшипников. Продолжительность обкатки устанавливается для каждого типа машины и в среднем колеблется от 2 до 8 ч. Во время обкатки наблюдают за наличием и величиной вибрации, температурой подшипников, наличием и характером шума, производимого вращающимися деталями. По окончании обкатки машину останавливают, вскрывают подшипники и места с минимальными зазорами между вращающимися и неподвижными деталями и проверяют наличие или отсутсвие следов трения. После устранения обнаруженных при этом неточностей (так называемой доводки) машину вновь собирают и подвергают полному испытанию согласно специальной инструкции.

Центробежные насосы после сборки опробуют на испытательном стенде в мастерских. Сначала насосы подвергают гидравлическому испытанию на полуторное давление, при этом насос не должен давать течи. Затем его ставят на обкатку в течение 2 ч. При обкатке не должно быть заметных вибраций и шума. Работающий насос должен издавать равномерный гул без нарастаний и убываний звука. После обкатки и доводки центробежный насос испытывают согласно специальной инструкции на испытательном стенде мастерских или, если стенда нет, - на месте его постоянной работы.

Известно, что наиболее полные и точные испытания машин можно провести только на испытательном стенде. Поэтому на машиностроительных и рудоремонтных заводах, в ЦЭММ и в крупных шахтах мастерских, где часто собирают электродвигатели, врубовые машины, комбайны, конвейерные приводы, отбойные молотки и перфораторы, центробежные насосы и т. д., необходимо иметь испытательные стенды и соответствующее для них оборудование. Основная задача испытания - определение качества пригонки и надежности работы отдельных узлов и машины в целом. Испытание оформляют актом, в котором ^расписываются все лица, проводившие их. Результаты испытании заносятся в ремонтную книгу и в паспорт машины.

Испытания электрических машин. Объем и нормы испытаний электрических машин предусмотрены Правилами устройства электроустановок и Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах.

В асинхронных двигателях с фазным ротором испытание коэффициента трансформации позволяет проверить правильность выполнения обмоток ротора и статора, отсутсвие в них замыкания между витками. Правильность обозначения начала или конца статора проверяют последовательным соединением двух фаз обмотки и подключением к напряжению сети. Обмотка третьей фазы присоединяется к вольтметру. Если э. д. с. этой фазы равна нулю, то первые две фазы соединены вместе одноименными выводами (началами или концами).

Испытание вхолостую, кроме выработки подшипников, позволяет проверить существенные для работы двигателя величины. Ток холостого хода должен быть не выше паспортного и приблизительно одинаковым во всех трех фазах (допустимо отклонение не более 5 %). Повышение тока холостого хода указывает на: 1) увеличенный сверх нормального зазор между ротором и статором; 2) малое число витков в обмотке; 3) аксиальное смещение ротора. Различные значения тока холостого хода в фазах указывают на неправильное выполнение обмоток фаз, неверное их включение или эксцентриситет ротора. Повышенные потери холостого хода свидетельствуют о наличии межвиткового замыкания, заусенцев и повреждений в роторе, повышенного сопротивления в подшипниках.

">ОС

Во время холостой работы проверяют нагрев подшипников и активной стали. Мощность холостого хода измеряют после того, как температура подшипников установиться и не превзойдет температуру в помещении более чем на 20°С. Скольжение при холостом ходе не должно превышать 1-2 %.

После испытания холостого хода делают перерыв для охлаждения обмоток и стали. Остывший двигатель испытывают на прочность межвитковой изоляции напряжением 1,3 номинального в течение 5 мин. Статорную и роторную обмотки испытывают повышенным напряжением в течение 1 мин.

Опытом короткого замыкания по нагреву можно проверить в асинхронном двигателе качество пайки, соединений и заливки короткозамкнутых роторов. Если в заливке есть дефекты (трещины, незалитые пазы), то при поворачивании ротора ток короткого замыкания статора будет меняться.

Для машин постоянного тока, независимо от того, двигатель это или генератор, испытание холостого хода проводят в режиме работы двигателя. Повышенный расход мощности при холостом ходе может быть вызван: 1) межвитковым замыканием в якоре; 2) повреждением сердечника якоря; 3) повышенными потерями на трение вследствие чрезмерного давления щеток на коллектор или трением в подшипниках. Установившуюся температуру подшипника и коллектора записывают, якорь на отсутствие местных нагревов проверяют на ощуп. Мощность холостого хода следует измерять только после приработки подшипников.

Испытания на повышенную частоту вращения позволяет проверить качество бандажей, с горки коллектора и крепления обмотки. В машинах постоянного тока при испытании коротким замыканием, проводимым в генераторном режиме, можно отрегулировать коммутацию.

Наиболее надежно работоспособность машины проверяется при работее ее под нагрузкой. Испытания электродвигателей под нагрузкой проводят при номинальном токе в течение 2-3 ч. В начале испытания асинхронный двигатель опробуют в течение 1 мин с 180-250 %-ной нагрузкой, определяемой по току. Если двигатель останавливается при меньшей нагрузке, то его длительная мощность должна быть соответсвенно снижена с учетом требований стандарта о номинальном коэффициенте перегрузки 1,8 при 750 об/мин и ниже и 2,0 - при 1 ООО об/мин и выше.

Стенды для испытания электрических машин представляют собой сложные устройства с большим числом двигателей, генераторов и вспомогательных аппаратов. Они описаны в специальной литеартуре.

Испытание редукторов. Большие редукторы и узлы разрешается испытывать отдельно, но испытание их в сборе с изделием обязательно. В зависимости от типа нагружающих устройств применяют два способа испытаний - разомкнутый и замкнутый.

При *разомкнутом способе* испытывают один редуктор, соединенный с электродвигателем непосредственно (рис. П.97, *а)* или через ускоритель (рис. П.97, б). Нагрузка на редуктор создается тормозным устройством, соединенным с ведомым валом его последней ступени. Нагрузку на тормозе, а следовательно, и на редукторе измеряют динамометром. КПД редуктора

$$т_1 = М_1/иМ_2, \quad (312)$$

где М, - момент на ведущем валу; $М_2$ - момент на ведомом валу; и - передаточное число редуктора.

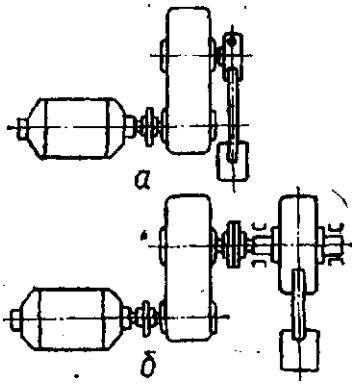


Рис. 11.97. Схемы испытаний редукторов разомкнутым способом при непосредственном (а) соединении с электродвигателем и через ускоритель (б)

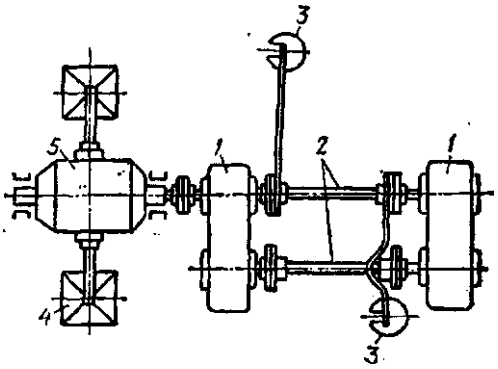


Рис. 11.98. Схема испытаний редукторов замкнутым способом:
1 - редукторы; 2 - валы; 3 - нагружатели; 4 - балансир; 5 - электродвигатель

При *замкнутом способе* одновременно испытывают не менее двух одинаковых редукторов 1 (рис. 11.98), ведомые валы которых соединены жестким промежуточным валом ***2.*** Между ведущими валами также соединенными между собой включают специальный нагружатель 3, создающий нагрузку на зубчатые колеса обоих редукторов. В качестве нагружателя можно применять упругий предварительно закрученный валик. Стремление валика раскрутиться создает давление на зубья, т. е. нагружает редукторы.

Замкнутым способом можно создавать высокие нагрузки при небольшой потребляемой мощности электродвигателя ***5*** и довольно точно определять КПД редукторов. Однако для этого способа необходимо изготовлять специальные ведущие и ведомые валы и применять вспомогательные редукторы. По замкнутому способу средний КПД каждого редуктора

$$\text{т|} = \sqrt{M_н/(M_н + M_т)}, \qquad (313)$$

где $M_н$ - момент создаваемый нагружателем; $M_т$ - момент на валу двигателя, равный моменту трения в системе. Создаваемый момент определяют динамометрами кручения или специальными балансирными электродвигателями.

Наибольшее распространение на рудоремонтных предприятиях получил разомкнутый способ испытания на специальных стендах. Редукторы горных машин подвергают испытаниям после предварительной обкатки. Начинают обкатку при низких частотах вращения ротора электродвигателя (не более 400 об/мин^ и повышают нагрузку до 100 % четырьмя ступенями. На каждой ступени редуктор обкатывают не менее 30 мин. По достижении установленного значения нагрузки частоту вращения повышают. Обкатку ведут до получения устойчивого температурного режима редуктора и требуемой степени прилегания зубьев. При этом проверяют качество сборки, правильность зацепления зубчатых

колес, температуру масла, нагрузку, частоту вращения, равномерность шума. Проверяют также, не течет ли масло в уплотнениях и фланцевых соединениях. После того как установится температурный режим редуктор дролжен работать при полной мощности 8 ч. В случае неудовлетворительных температурного режима и шумовой характеристики испытания прекращают и редуктор возвращают для устранения причин, вызывающих эти недостатки.

В начале обкатки применяют более жидкое масло или керосин, а к концу заливают рекомендуемый сорт масла. По окончании отбкатки картер и зубчатые колеса промывают для удаления металлической пыли. Детали тщательно осматривают, проверяют приработку рабочих поверхностей , устанавливают нет ли защемлений зубьев колес.

Испытания врубовых машин и комбайнов. После сборки комбайн испытывают на холостом ходу. При этом проверяют качество сборки и легкость хода редукторов исполнительного органа и механизма подачи, электродвигателя, режущей цепи, всех рукояток управления, а также смазочную систему машины. Окончательную проверку работоспособности комбайна проводят на стенде, который позволяет испытывать под нагрузкой одновременно редукторы исполнительного органа, механизма подачи и погрузчика, систему орошения и другие узлы машины.

Режимы испытаний по каждой машине различны, их устанавливают, руководствуясь специальными инструкциями. Машины, которые по условиям эксплуатации могут быть перемонтированы, испытывают на заводах при всех возможных вариантах сборки. Например, врубовые машины и угольные комбайны испытывают собраными для работы в правом и левом забоях.

Глава 18. СМАЗКА МАШИН

18.1. Основные сведения о смазочных материалах

Для смазывания машин применяют масла и пластичные смазки. Смазывание маслами дает меньшие потери на трение, чем смазками, но при условии применения масла хорошего качества, мало или совсем не загрязненного пылью и другими посторонними веществами. В противном случае лучшие результаты дает смазка и в особенности тогда, когда она подается под непрерывным легким давлением. Постепенно выдавливаясь, смазка почти закрывает зазоры, так что проникновение песка, пыли или грязи к трущимся поверхностям значительно затрудняется.

В настоящее время в качестве смазочных материалов при меняют почти исключительно минеральные масла, получаемые из нефти перегонкой. Если нефть нагревать, то от нее сначала отгоняются летучие, низкокипящие фракции типа бензинов, лигроинов и осветительных масел. При дальнейшем увеличении температуры отходят и все более тяжелые фракции с повышенными температурой кипения и плотностью. После отгонки легких бензино-лигроиновых фракций и осветительных масел остается мазут. Минеральные масла получаются перегонкой и химической обработкой мазута. При перегонке мазут выделяет масляные

дистилляты в такой последовательности: 1) легкие индустриальные масла; 2) средние индустриальные масла; 3) тяжелые индустриальные масла; 4) цилиндровые масла; 5) масляный гудрон.

Масляные дистилляты содержат вредные примеси, которые портят качество масла, понижают его устойчивость в эксплуатации и вредно\ отражаются на частях машин. Поэтому их очищают дополнительной химической обработкой серной кислотой, щелочью и специальными отбеливающитми глинами.

ОчиЩенные дистилляты смешивают в различных пропорциях и подвергают дополнительной обработке для придания маслам в зависимости^ от назначения специальных физических и химических свойств. В результате получают специальные масла: турбинные, моторные, компрессорные, консервационные и др.

При введении в масло небольшого количества присадок (добавок), обычно представляющих собой искусственно полученные продукты, улучшаются эксплуатационные свойства масел - повышаются вязкость и сопротивление масла окислению кислородом воздуха, понижается температура застывания и т, п. Моющие присадки, например, предотвращают отложение смолистых осадков и нагаров в двигателях и компрессорах, где масло работает при высоких рабочих температурах. Противокоррозионные присадки предотвращают коррозию подшипниковых вкладышей. Отечественная промышленность выпускает присадки, улучшающие одно какое-либо свойство масел, и комплексные присадки, улучшающие несколько их свойств.

18.2. Физико-химические свойства смазочных масел

Смазочные масла отличаются друг от друга своими физико-химическими свойствами: плотностью; вязкостью; температурами вспышки и застывания; содержанием кислот, щелочей, смолистых веществ, воды, золы и механических примесей; степенью очистки; коксуемостью; липкостью и стабильностью.

Плотность для качества масла имеет небольшое значение; она колеблется в пределах 0,89-0,96 и обычно определяется ареометром при температуре 15°С.

Вязкость - одно из важнейших физических свойств смазочных масел. Вязкостью называют внутреннее трение, возникающее между мельчайшими частицами жидкости (молекулами) при относительном их перемещении под влиянием внешней силы. Различают динамическую, кинематическую и условную (относительную) вязкость.

Динамическую вязкость измеряют силой внутреннего трения, Н, приходящейся на единицу площади, м^2, одной из двух горизонтальных плоскостей, находящихся на расстоянии друг от друга, равном единице (1 м), при условии, что одна из этих плоскостей неподвижна, другая движется со скоростью, равной единице (1 м/с), а пространство между ними заполнено исследуемым маслом. Таким образом, единица динамической вязкости г| в СИ будет паскаль-секунда (Па х с).

Отношение динамической вязкости г| к плотности р при той же температуре называется *кинематической вязкостью* v :

$$v = ц/р. \qquad (314)$$

В СИ единицей кинематической вязкости служит квадратный метр на секунду ($м^2/с$).

Динамическая и кинематическая вязкость определяются капиллярными вискозиметрами. В стандартах вязкости приведена при температуре 50"С, а для некоторых сортов масел - при 100"С. Подробный анализ дает возможность определить вязкость и при других температурах. Зависимости эти изображают в виде кривых, ординаты которых указывают вязкость, а абсциссы - температуру. Чем более полога кривая, тем лучше качество масла.

Условная вязкость по ГОСТ 20799-75 представляет собой отношение времени истечения 200 мл масла чери? отверстие вискозиметра типа ВУ при температуре испытания; ко времени истечения такого же количества дистиллированной воды при температуре 20"С. Число условных градусов обозначается ВУ,, причем индекс t означает температуру испытания. Условную вязкость вычисляют по формуле

$$ВУ_{50} = t_{50}/H_2O,\ t_M \quad или \quad ВУ_{)00} = t_{)00}/H_2O,\ t_{20}. \qquad (315)$$

В динамическую вязкость условную пересчитывают так:

$$т| = р\ (0.000716ВУ, - 0,000618/ВУ,). \qquad (316)$$

Для средних значений р = 0,92 кг/л формула (316) принимает вид

$$Л = 0,00066ВУ, - 0,00057/ВУ,. \qquad (317)$$

Формула для перевода условной вязкости в кинематическую:

$$v = 0,0731ВУ, - 0,0631/ВУ,. \qquad (318)$$

Для быстрого пересчета условной вязкости в кинематическую и динамическую пользуются следующими приближенными формулами:

$$v \text{ к } 0,0072\ ВУ,\ мм^2/с; \qquad (319)$$

$$v \text{ и } 0,0065ВУ\ Па \times с. \qquad (320)$$

Вязкость смазочного масла меняется не только от температуры, но и от давления. С увеличением давления вязкость растет. В зонах с малой толщиной масла, где создается высокое давление, эта зависимость способствует предохранению трущихся деталей от непосредственного контакта.

Температура вспышки масла - температура, при которой масло выделяет пары, воспламеняющиеся от поднесенного к ним огня. Температурой вспышки определяется содержание легкокипящих или легкоиспаряющихся частей, а также пригодность масла для работы в соприкосновении с сильно нагретыми поверхностями.

Температура воспламенения. масла - температура, при которой нагреваемое масло загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 с.

Температура застывания масла - температура, при которой

масло теряет свою подвижность. По мере охлаждения масло не замерзает, как вода, а постепенно застывает, причем вязкость его увеличивается. Температура застывания определяет пригодность масла\для использования его в определенных температурных условиях.

Липкость и маслянистость масла означает его способность в большей или меньшей степени прилипать к смазываемым поверхностям механизмов и смачивать их. Эта способность масла - чрезвычайно ценное его качество, препятствующее выдавливанию масла изузазора между трудящимися поверхностями. Масла, содержащие смолы, отличаются большей липкостью, чем хорошо очищенные продукты. Растительные масла и животные жиры обладают этой способностью в большей мере, чем нефтяные. Среди растительных масел наибольшей маслянистостью отличается касторовое, дз минеральных - цилиндровые масла.

Кислотность и щелочность указывают на степень промывки масла при ет̂А очистке. Наличие свободной кислоты или щелочи может вызватькоррозию металла. Кроме того, щелочь способствует образованию гдетого клейкого осадка, нарушающего правильность действия смазочной системы. Обычно кислотность масел выражают так называемым кислотным числом, которое представляет собой число миллиграммов едкого кали - (КОН), потребного для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла.

Содержа1ше золы в масле характеризует качество его очистки и степень загрязнения минеральными примесями. Определяют содержание золы медленным выпариванием 50 г масла в тигле и прокаливанием остатка до полного сгорания углерода. Количество оставшейся золы в процентах от первоначального количества называют *зольностью* масла.

Содержание смол в смазке нежелательно, так как они легко выделяют клейкие осадки, которые, отлагаясь на местах прохождения маслщ, могут забить фильтры, уменьшить диаметры маслопроводов и в результате уменьшить подачу масла на трущиеся поверхности.

Отсутсвие воды в масле обязательно, так как обводненность масла часто становится причиной образования вредных эмульсий, уменьшения вязкооти и липкости масла, а так же способствует окислению. Воду в масле можно обнаружить по его мутному виду или по водяным каплям, осевшим на дно либо повисшим на стенках сосуда. j

В процессе /работы качество и свойства масла постепенно изменяются и оно становится непригодным для дальнейшего употребления. В зависимости от характера использования масло в некоторых случаях подвергается очень глубоким изменениям. Обычно оно теряет более легкие составные части, температура вспышки его снижается, вязкость изменяется (понижается или повышается в разные периоды работы), увеличиваются кислотность и смолистость, изменяется цвет. Появление посторонних примесей так же изменяет масло. К числу таких примесей относятся частицы металла, появившиеся в результате изнашивания трущихся частей, пыль, влага и т/. п.

С маслом могут произойти изменения и до его употребления. Под воздействием кислорода воздуха колебаний температуры, световых лучей и впитывания влаги изменяется цвет масла, оно

теряет прозрачность, мутнеет, а свойства его могут измениться значительно. Больше всего изменениям подвержены плохо очищенные нестабильные масла. /

Правильно применить смазочные материалы и точно проанализировать влияние их качеств и свойств на работу машины можно лишь после проведения испытаний как свежих/так и эксплуатируемых масел и смазок в предусмотренном стандартами объеме. Полные испытания можно провести только в лабораториях с соответсвующим оборудованием. На крупных/горных предприятиях (тресты, рудоуправления, заводы) должны проводится сокращенные испытания поступающих свежих и находящихся в работе масел. Испытаниями определяют вязкость масел, содержание в них механических примесей и воды. Масла предназначенные для работы при высокой температуре (компрессорные/, должны испытываться и на температуру вспышки. Масла, предназначенные для работы при низкой температуре, испытывают также на температуру застывания. /

18.3. Выбор смазочных масел /

Смазочные масла должны иметь: низкий коэффициент внутреннего трения, хорошую роботоспособность при больших скоростях и высоких температурах, способность отводить тепло, высокую стабильность и чистоту. Обычные масла не всегда удовлетворяют этим высоким требованиям. Для повышения их/свойств в масла добавляют специальные присадки, повышающие вязкость и температуру вспышки, снижающие температуру застывания, уменьшающие отложения смолистых осадков и нагара в компрессорах и двигателях внутреннего сгорания] а также коррозию и др. Присадки жирных кислот типа олеиновой и других повышают нагрузочные способности масел. Эти присадкшв местах контакта соединений образуют адсорбированные пленки, способствующие выравниванию шероховатостей и созданию большей опорной поверхности.

Для маркировки масел применяют буквенные и цифровые сокращения. Буквы обозначают область применения и способ очистки масла: А - автотракторное или автомобильное; И - индустриальное; М - моторное; К - кислотной очистки; С - селективной очистки; З - загущенное, т. е. содержащее вязкостную присадку; п - с присадками. Цифра показывает среднюю кинематическую вязкость данного сорта масла при температуре 100 или 50°С. Кроме этого, с учетом международной классификации смазочные масла по эксплуатационным свойствам разделяют на 6 групп (А, Б, В, Г, Д, Е) и каждому сорту масла добавляют в скобках дополнительную маркировку. Например, смазочное масло АС-8 (М8Б) ГОСТ 10541-78 расшивровывается так: А - автомобильное, С : селективной очистки, 8 - средняя кинематическая вязкость равна 8 х 10'® м²/с при температуре 100°С; в скобкаЬс добавлено М - моторное, вязкость равна 8 х 10'® м²/с, группа Б. Марка масла АКЗп-6 (М6Б) читается так: автотракторное кислотной очистки загущенное с присадками вязкостью 6 х 10"⁶ м²/с (моторйое вязкостью 6 х 10'® м²/с группы Б).

Наиболее распростанены индустриальные масла. В горной промышленности широко применяют индустриальные масла общего

назначения (ГОСТ 20799-75).

Масло индустриальное ИС-12 (веретенное 2). Имеет вязкость (10 : 14) х 10® м²/с при температуре 50°С, характеризуется тщательной очисткой и температурой застывания не выше 30°С. Употребляется преимущественно для смазки подшипников скольжения маломощных генераторов и электродвигателей при частоте вращения 1000 об/мин и более, а также для смазки других механизмов, имеющих малую нагрузку и большие скорости, при кольцевой системе подачи масла.

Масло ИС-20 (веретенное 3) со средней вязкостью 20 х 10® м²/с при 50°С и температурой застывания -20°С. Применяется для смазки подшипников генераторов и электродвигателей мощностью свыше 100 кВт с частотой вращения менее 1000 об/мин, а также в других механизмах с аналогичными условиями, при которых смазка производится разбрызгиванием или масло проходит через фильтр.

Индустриальные масла ИС 30, ИС-45, ИС-50 применяют для смазки подшипников большинства машин, причем подшипники, воспринимающие большую нагрузку и с меньшей скоростью вращения или же работающие при более высоких температурах, смазывают более вязким сортом масла, и наоборот. Масла ИС-45 и ИС-50 применяют для врубовых машин и комбайнов, конвейерных приводов, откаточных и скреперных лебедок, центробежных насосов, электровозов, вентиляторов, трансмиссий, подшипников подъемных машин, для отбойных и рубильных молотков в смеси с керосином (при отсутствии турбинного масла) и ДР-

Масло индустриальное И-50А заливают в картеры редукторов крупных машин с централизованной системой смазки.

Для гидравлических систем различных машин применяют специальное высококачественное веретенное масло АУ (ГОСТ 1642-75) вязкостью (12 15) х 10'® м²/с при 50°С. Гидравлические системы экскаваторов заполняют маслом с вязкостью не менее 20 х 10'® м²/с, что предусмотрено специальными техническими условиями.

Турбинные масла (ГОСТ 32-74) обычно работают в циркуляционной системе смазки и подаются к смазываемым поверхностям под сильным давлением. Ввиду больших скоростей соединений, при которых применяют смазку турбинным маслом, на качество смазки обращают особое внимание. Турбинные масла имеют хорошую смазочную способность, минимальную кислотность, не дают почти осадков и выделений и хорошо противостоят образованию эмульсий с водой. Различают турбинное масло 22п (с присадкой ВТИ-1), турбинное 30 и турбинное 46, отличающиеся между собой вязкостью и температурой вспышки. Основное назначение их - смазка подшипников турбокомпрессоров, турбин различных мощностей и редукторов с большой частотой вращения. Эти масла применяют также для смазки отбойных и бурильных молотков.

Компрессорные масла используют для смазки цилиндров воздушных компрессоров и воздуходувных машин. По условиям работы этих механизмов смазочные масла подвергаются окисляющему действию воздуха, испытывают большие давления, нагревания до высоких температур и могут загрязняться посторонними примесями. Поэтому компрессорные масла состоят преимущественно из насыщенных углеводородов, наиболее

противостоящих окислению. Они хорошо очищены и имеют сравнительно большую вязкость при 100°С. В настоящее время компрессорное масло вырабатывается двух сортов - М и Т (ГОСТ 1861-73). Масло компрессорное М имеет температуру вспышки не ниже 216°С; применяется для компрессоров с давлением сжатия до 40 МПа. Маслокомпрессорное Т имеет температуру вспышки не ниже 240°С; применяется для многоступенчатых компрессоров высокого давления (до 20,0 МПа), тяжелых металлообрабатывающих станков, машин и механизмов, допускающих применение масел без присадок. Масло компрессорное из сернистых нефтей КС-19 (ГОСТ 9243-75) применяют как заменитель компрессорного Т.

Масла для паровых машин. Цилиндровые масла служат для смазки соединении в тяжелонагруженных узлах; работающих при высокой температуре и во влажной среде (цилиндровое 11, цилиндровое 24 и др.).

Моторные масла. Автомобильные и автотракторные масла применяются преимущественно для смазки соединений в двигателях внутреннего сгорания и представляет собой специальные сорта нефтяных масел [АС-6 (М6Б), АС-8 (М8Б), АС-10 (М10Б0, АКЗп-6 (М6Б), АКЗп 10 (МlОБ). ДС-8 (М8Б), ДС10 (М10Б)]. В горной промышленности их, кроме автотранспорта, применяют в машинах, работающих в трудных условиях, например: для заливки редукторов экскаваторов, подъемных машин и в смеси с другими маслами - для комбайнов, конвейерных приводов и в других машинах взамен индустриального масла. Авиационные масла получают из лучших сортов нефти. Это высококачественные, хорошо очищенные масла с температурой вспышки не ниже 200°С. Механических примесей, воды, водорастворимых кислот в них нет.

Трансмиссионные масла предназначены для смазки различных тяжелонагруженных передач. Они содержат большое количество смолистых веществ и обладают большой вязкостью (трансмиссионное летнее и зименее, для гипоидных передач, ТАп-10, ТАп-15, ТС-8, ТС-10, МТ-14П, МТ-16П). Осевые масла выпускают трех соротов: JI - летнее, З - зимнее и С - северное. Разница между ними заключается в вязкости и температуре застывания. Употребляют их для смазки зубчатых передач электровозов, букс и всевозможных грубых соединений.

Трансформаторное масло применяется для и.зроляции и охлаждения в трансформаторах, масляных выключателях и реостатах. Вязкость трансформаторного масла небольшая (9,6х10"® м^{г}/с). Температура вспышки не ниже 135°С. Для повышения диэлектрических свойств масло тщательно очищают от механических примесей, кислот, щелочей, солей, мыл и влаги. Кислотное число свежего масла не более 0,025-0,05 мг КОН на 1 г масла.

Выбор сорта масла. Выбирая определенный сорт масла, следует учесть индивидуальные особенности рассматриваемой машины. В зависимости от условий и характера работы машин для их смазки упротребляют масла различной вязкости, температуры вспышки и степени очистки. Для машин с большими давлениями и небольшой скоростью следует применять более вязкие масла, и наоборот, чем меньше давления и больше скорость, тем мейее вязкими должны быть масла. ^

Если по имеющейся технической документации (паспорт,

инструкции, чертежи, акты) установить, какой сорт масла требуется для действующей машины, нельзя, то его подбирают экспериментально. Для этого измеряют температуру подшипников после 15-20 минутной работы на различных сортах масла. Полученная минимальная температура соответсвует наиболее подходящей смазке для данной машины.

Потребную вязкость масла для смазки скользящих цапф ориентировочно (в известных пределах) можно определять по формулам, полученным преобразованием формул (189), (319) и (320):

$$Л = 4{,}75\ (cq/n)\ (A/d)^2; \qquad (321)$$

$$v = 0{,}53 \times 10^{r}\ (cq/n)\ (A/d)^2; \qquad (322)$$

$$ВУ, = 7{,}3 \times 10^{4}\ (cq/n)\ (A/d)^2, \qquad (323)$$

где q - давление на цапфу, Па; п - частота вращения цапфы, об/мин.

Если расчитанная по формуле (321), (322) или (323.) вязкость масла окажется слишком большой, это свидетельствует о том, что в данном соединении режим жидкостного трения не осуществим.

Выбирая смазочные масла для цилиндров компрессорных установок, двигателей внутреннего сгорания, паровых машин, турбин, руководствуются теми особыми требованиями, которые предъявляются к физико-химической характеристике смазочного материала (температуре вспышки, окисляемости, коксуемости). В этих случаях необходимо применять специально предназначенные сорта масел, а при их отсутсвии особенно осторожно выбирать заменители.

18.4. Пластичные смазки

Пластичные (консистентные) смазки представляют собой механические смеси минеральных масел (80-90 %) с загустителями (10-20 %). Загустителями служат натриевые, кальциевые, литиевые < и другие мыла, т. е. соли естественных и синтетических жирных кислот, а также твердые углеводороды (парафин, церезин, петролатум). Примером могут служить кальциевые пластичные смазки, широко известные под общим названием солидолы. Получают солидолы из минеральных масел путем загущения кальциевыми мылами. В состав этих смазок входит также 1-4 % воды.

Маркировка. Маркируют пластичные смазки пятью буквенными и цифровыми индексами, кратко характеризующими в установленном порядке назначение смазки, ее состав и свойства (ГОСТ 23258-78). На первом месте указывают группу и подгруппу в соответсвии с назначением смазки; на втором месте - загуститель; на третьем - округленно до 10°С дробью ориентировочный рекомендуемый температурный интервал применил. Приводят без знака минус уменьшенную в 10 раз в числителе минимальную температуру, а в знаменателе - максимальную. Например, запись 3/12 соответсвует температурному интервалу применения - 30,..120°С. На четвертом месте указывают дисперсность среды, наличие твердых добавок, смесь двух и более масел; на пятом -

индекс класса консистенции (густоты) смазки. Его обозначают арабскими цифрами 00; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7. Каждая цифра означает определенный интервал пенетрации по ГОСТ 5346-78. Индекс 00 соответсвует самому высокому интервалу пенетрации (400-430), а индекс 7 - самому низкому (ниже 70).

Подгруппы обозначаются следующими буквами: С - смазки общего назначения для обычных температур (солидолы); О - общего назначения для повышенных температур; М - многоцелевые; Ж - термостойкие; И - противоизностные и противозадирные; Н - морозостойкие; П - приборные; Х - химически стойкие; Т - редукторные (трансмиссионные); Д - приработочные (дисульфитмолибденовые, графитные и др.); Р - резьбовые; К - канатные.

Индексы загустители: Ал - Алюминиевое мыло; Ба - Бариевые; Ка - Кальциевое; Ли - Литиевое; На - Натриевое; Св - Свинцовое; Цн - Цинковое, Км - Комплексное; М - М - смесь мыл. Индексы других загустителей: Т - Твердые углеводороды; О - Органические вещества; Пг - Пигменты; Ур - Уреаты; Фу - Фторуглероды; Не - Неорганические вещества: Бн - глины (бентонитовые и др.); Сж - Сажа; Си - Силикагель.

Основные показатели качества пластичных смазок - однородность и отсуствие расслоения при хранении, пенетрация, температура каплепадения, отсутствие корродирующего действия на металл, содержание золы и некоторые другие.

Пенетрация - показатель густоты (консистентности) смазки - определяется пенетрометром по глубине погружения в смазку металлического конуса стандартных размеров и формы при определенной температуре в течение 5 с. Чем мягче смазки, тем глубже погружается конус и тем больше число ее пенетрации.

Температурой каплепадения называют такую температуру, при которой из небольшого количества нагреваемой смазки отделяется и падает первая капля. По температуре каплепадения определяют предел работоспособности смазки при ее нагревании в механизме: смазку можно применять при температуре на 10-20°С ниже ее температуры каплепадения.

Применение пластичных смазок. *Смазка СКа2/8 2* - смазка общего назначения для обычных температур (солидол); загущена кальциевым мылом; предназначена для применения при температурах 20...80°С; индекс дисперсности среды отсутсвует, значит смазка приготовлена на нефтяном масле 265-295 при 25°С. Предназначена для смазывания узлов трения различных механизмов и может применяться для трущихся деталей, которые работают во влажных условиях, так как не растворяется и не смывается водой.

Солидол С (синтетический) по ГОСТ 23258-78 обозначается СКА2/7-2. От предыдущего, жирового солидола отличается температурой каплепадения, приготовлен на искусственных жирах.

Смазка ОНа2/11-3 - общего назнабиения для повышенных температур (консталин-1); загущена натриевым мылом; предназначена для применения при температурах -20...-110°С; приготовлена на нефтяном масле; пенетрация 220-250 при 25°С.

Смазка ОНа2/114 (консталин-2) отличается от предыдущей пенетрацией (175-205 при 25°С). Натриевые смазки не пригодны для смазывания деталей, соприкосающихся с водой, так как растворимы в ней и сравнительно легко смываются с рабочих

поверхностей.

Смазка 1-13 - жировая; изготовляется загущением минерального масла двумя мылами - натриевым и калиевым. Поэтому она менее чувствительна к влаге, чем чисто натриевые смазки, и имеет более высокую температуру каплепадения (выше 120°С), чем чисто калиевая смазки. Применяется для средне- и высоконагруженных подшипниках качения при рабочей температуре не более 120°С.

Смазки *ЦИАТИМ 201, ЦИАТИМ203, ЦИАТИМ-205, трансмиссионная ЦИАТИМ-208 и ЦИАТИМ 221* имеют температуру каплепадения 170°0. Нерастворимы в воде. Роботоспособны при температуре -60...+150°С. Предназначены для различных узлов трения аппаратуры, подшипников закрытого типа и других деталей, работающих в условиях высоких нагрузок при широком диапазоне положительных и отрицательных температур.

Смазка КТб/5к-г4 - канатная; загущена твердыми углеводородами; предназначена для применения при температурах -60...-50°С; приготовлена на кремнийорганической жидкости; содержит графит в виде твердой добавки; пенетрация 175-205 при 25°С. Применяется для смазки проволочных канатов.

В ряде случаев применяют специальные смазки. Рессоры, грубые резьбовые соединения и ходовые винты, тяжело нагруженные открытые зубчатые передачи следует смазывать графитной смазкой (ГОСТ 3333-80). С течением времени графит заполняет все микроскопические поры, образуя гладкую зеркальную поверхность.

18.5. Расчет потребного количества смазочных материалов

Потребное количество определенного сорта масла в год на группу однотипных машин

$$q = a\ (п,сх + п_2у), \qquad (324)$$

где а - число однотипных машин; п, - сменная норма расхода данного сорта масла на одну машину, кг; с - число рабочих смен в сутки; х - число рабочих дней машины в году; $п_2$ - разовый расход масла при его замене, кг; у - число замен масла в течение года.

Суммированием определяют общую годовую потребность в данном сорте масла на все типы машин, кг:

$$Q_г = E\ q. \qquad (325)$$

Приняв определенный процент от годовой потребности данного сорта масла в виде постоянно пополняемого резерва, получим необходимую вместимость бака, л:

$$G = kQ_г, \qquad (326)$$

где к - коэффициент, равный при двухнедельном запасе 0,04, при месячном - 0,08, при сорокапятидневном - 0,125.

Время работоспособности масла в циркуляционных системах (картерах) при работе машины в одну смену принимают равным 4-6 мес для нормальных условий и 3-4 в условиях загрязненной среды, для подшипников качения - соответсвенно 6-6,5 мес и 4-4,5 мес.

Расход масла для зубчатых передач закрытого типа зависит от вместимости масляной ванны Q, л. Для редукторов, имеющих хорошо уплотненный корпус, суточный расход масла на долив, г/сут,

$$c^{\wedge} = k_p Q_B, \qquad (327)$$

где $к_р$ = 1,8 - 0,6 г/л (для ванны вместимостью Q < 20 л принимают $к_р$ = 1,8 г/л). С увеличением вместимости ванны коэффициент к уменьшается и при Q = 900 л и более $к_р$ = 0,6 г/л.

Открытые зубчатые передачи смазывают либо консистентной смазкой, либо высоковязким маслом. Потребное количество консистентной смазки q_r г, на одно смазывание зубчатого колеса ориентировочно можно определять по формуле

$$q_1 = 5 \text{ x } lO^{\wedge}db, \qquad (328)$$

где d - диаметр зубчатого колеса, мм; Ь - длина зуба, мм. Расход смазочного масла можно определить так же по формуле (328), но результат необходимо увеличить в три раза.

Для подшипников скольжения, работающих в условиях жидкостного трения, расход масла, г/ч,

$$q_4 = 4{,}6рД^3/ст1, \qquad (329)$$

где р - давление шипа, Па; А - диаметральный зазор в подшипнике, мм; с = l/d - отношение длины цапфы к ее диаметру; тр динамическая вязкость масла при рабочей температуре, Па с.

Расход масла для исправных подшипников скольжения при фитильной, игольчатой и капельной системах смазывания, г/ч,

$$q_4 = 3 \text{ x } 10''®dln, \qquad (330)$$

rfled - диаметр цапфы, мм; 1 - длина цапфы, мм; п - частота вращения вала, об/мин.

На зарядку колпачковой масленки № 9 - № 6 включительно расходуют в среднем 0,5-2 г/ч консистентной смазки в зависимости от номера масленки.

Для исправных подшипников с кольцевым смазыванием при диаметре вала d = 40 - 125 мм нужное количество масла г/ч,

$$q_4 = 06016d - 0{,}3. \qquad (331)$$

при неплотностях в подшипниках и несоблюдении нормального уровня расход масла резко возрастает.

Ориентировочный расход масла для подшипников качения, г/ч,

$$q_4 = 7{,}5 \text{ x } 10''^4db, \qquad (332)$$

где d - внутренний диаметр подшипника, мм; b - ширина подшипника, мм.

Суточный расход, г/с, консистентной смазки 1-13 на электродвигатель мощностью N, кВт, с подшипниками качения при

трехсменной работе с учетом потерь

$$q_c = 9\backslash/n. \qquad (.333)$$

Суточный расход масла на электродвигатели и генераторы с кольцевым смазыванием при трехсменной работе

$$q_{,.} = 8\ /N. \qquad (334)$$

Расход смазочных масел, г/ч, для цилиндров воздушных) компрессоров

$$q_4 = kdln, \qquad (335)$$

где к - коэффициент, равный для горизонтальных компрессоров 0,85, а для вертикальных - 0,68; D - диаметр цилиндра, м; 1 - ход поршня, м; п - частота вращения вала, об/мин.

Расход масла на одно смазывание, г, направляющих скольжения ориентировочно

$$q = kF, \qquad (336)$$

где F - площадь трения, мм^2; к - коэффициент, равный 1,6-0,8 для Горизонтальных направляющих и 2,4-1,4 для вертикальных. Наибольшие значения к соответствуют площади направляющих менее 50 ООО мм^2.

\ При циркуляционной системе смазки расход масла в 3-4 раза меньше, чем при ручном смазывании. Направляющие рекомендуется смазывать 3-4 раза в смену при постоянном режиме работы и 1-2 раза в смену при периодическом.

18.р. Масляное хозяйство горных предприятий

В связи с непрерывным ростом механизации добычи угля и руды в горной промышленности с каждым годом предъявляются все более жесткие требования к улечшению смазки машин и упорядочению смазочного хозяйства рудников и шахт.

| **Общие требования к организации масляного хозяйства.** Необходимо:

1) подвергать поступающие смазочные и изоляционные (трансформаторные) масла приемным контрольным испытаниям в объеме, предусмотренном соответсвующими нормами;

2) сохранять все смазочные материалы и изоляционные масла в специально оборудованных помещениях - кладовых, соответсвующих требованиям масляной техники, пожарной и санитарной безопасности;

3) подбирать для всех машин с соблюдением определенной методики наиболее приемлемые сорта смазки; устанавливать режимы смазки и нормы расхода смазочных материалов;

4) иметь в достаточном количестве рациональный смазочный инвентарь; разрабатывать и соблюдать мероприятия по доставке смазочных материалов на участки, по устранению потерь и загрязнения свежих масел;

5) разрабатывать и выполнять план испытания эксплуатируемых масел;

6) собирать все отходы масляного хозяйства (отработавшие

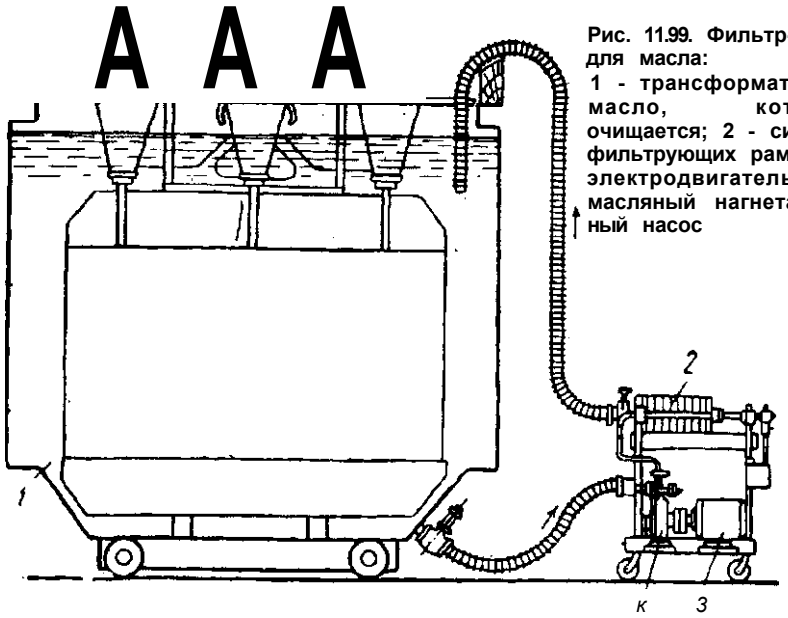


Рис. 11.99. Фильтр-пресс для масла:
1 - трансформаторное масло, которое очищается; 2 - система фильтрующих рамок; 3- электродвигатель; 4 - масляный нагнетательный насос

смазочные и изоляционные масла, обтирочные материалы), восстанавливать их первоначальные качества (регенерировать) и повторно использовать;

7) иметь в достаточном количестве и рационально использовать маслоочистительную аппаратуру (отстойники, фильтры, сепараторы, масловарки и т. п.);

8) иметь инструкции по смазке механизмов и масляному хозяйству; проверять выполнение этих инструкций;

9) систематически и строжайше контролировать выполнение норм расхода смазочных материалов непосредственно на производственных участках.

Первоначальные качества смазочных и изоляционных масел после их использования сравнительно легко восстанавливать. В соответствии с существующими правилами предприятия обязаны собирать 30 % потребляемого количества индустриальных масел для регенерации.

Масла, которые при работе не подвергаются длительному воздействию высокой температуры и сильному окислению, т. е. такие, у которых старение заключается в загрязнении механическими примесями и влагой, можно восстановить механической регенерацией (фильтрацией). Масла, применяемые для смазки холодных сочленений машин, обычно работают именно в таких условиях, следовательно, регенерировать их на шахтах вполне целесообразно. Собирать обработанные масла можно из многих механизмов, работающих на поверхности и в шахтах: из подшипников электродвигателей с кольцевой смазкой, лебедок откаточного типа, насосов (центрального и вспомогательного водоотлива), вентиляторов (главного и частичного проветривания), подъемных машин, механизмов сортировки, картеров конвейерных

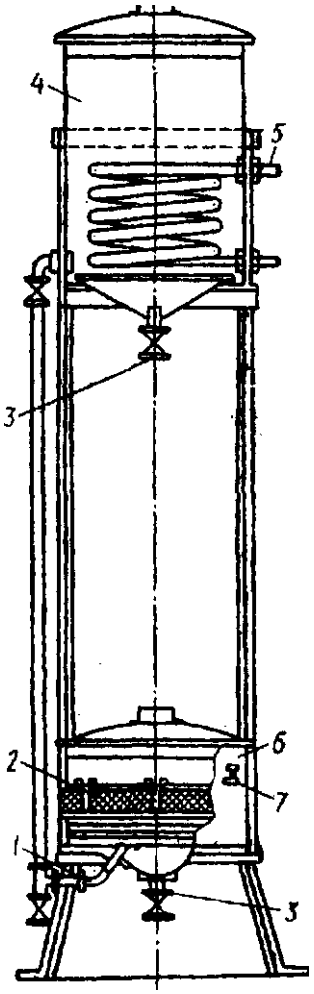


Рис. 11.100. Фильтр типа "Лилипут":
1 - подводящая трубка; 2 - фильтровальные диски; 3 - спускной кран; 4 - напорный бак-отстойник; 5- змеевик; 6 - фильтровальный бак; 7 - кран для выпуска чистого масла

приводов и врубовых машин во время ремонта, а также из других всевозможных редукторов и механизмов, работающих в шахте.

Сбор отработавшего масла необходимо проводить по каждому сорту и марке отдельно. Посуда для отработавшей смазки должна быть окрашена в различные цвета и иметь соответсвующие надписи сорта и марки. Посуду следует плотно закрывать, чтобы в масло не попадала пыль и грязь. Нельзя допускать, чтобы в отработавшее масло попадал керосин, смазка или другие примеси.

Хранение и отстой. Хранение отработавших смазочных материалов необходимо совмещать с процессом отстоя от грязи, воды и крупных механических примесей в особых отстойниках.

Фильтрация масла заключается в его процеживании через мелкопористые материалы - войлок, мелкие стружки, фильтровальную бумагу, фильтровальное полотно и др. Применяют два основных способа фильтрации: 1) под непосредственным давлением; 2) под действием силы тяжести самого фильтрующего маслам В первом случае примеси сравнительно быстро и эффективно полностыб отделяются от масла, но необходим специальный фильтр-пресс (рис. 11.99). Под действием собственной силы тяжести масло фильтруется менее эффективно, так как фильтрующий материал создает большое сопротивление для его прохода.

В условия шахтной кладовой проще всего механически очищать отработавшее масло при помощи фильтра типа "Лилипут" (рис. 11.100). Фильтра "Лилипут" состоит из двух основных частей - верхнего напорного бака-отстойника ***4*** и фильтровального бака ***6,*** расположенных по высоте на расстоянии 2 м друг от друга. В верхнем баке-отстойнике грязное масло подогревают до 60-80°С и по трубам пропускают в нижнюю камеру фильтра, откуда масло под давлением разности высот отстояника и фильтра проникает через фильтрующее устройство ***2*** в верхнюю камеру, освобождаясь от механических примесей. Из верхней камеры фильтра через кран 7 отфильрованное масло выпускают в подготовленную чистую посуду. Сильно загрязненное масло фильтруют несколько раз.

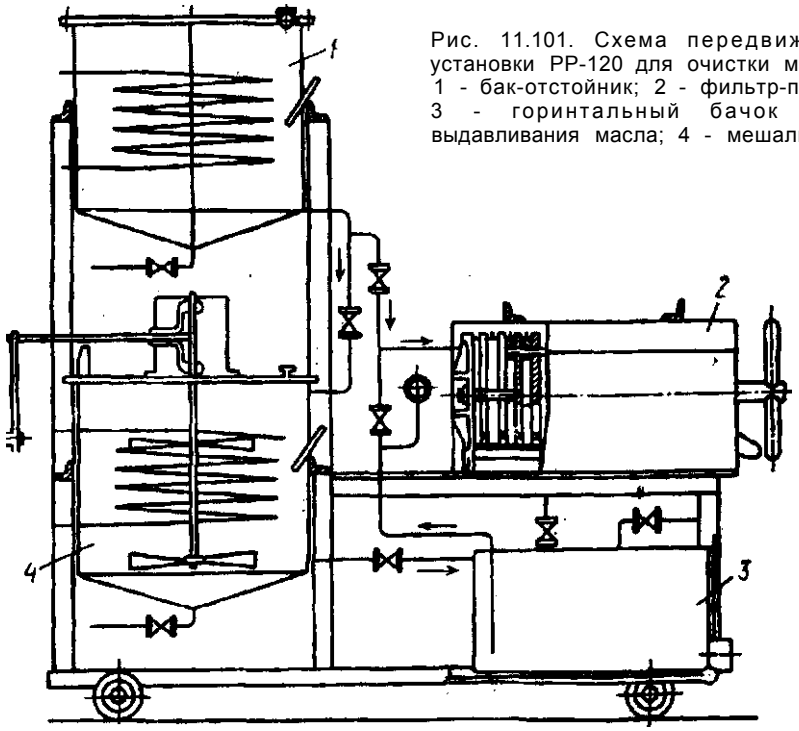


Рис. 11.101. Схема передвижной установки РР-120 для очистки масла: 1 - бак-отстойник; 2 - фильтр-пресс; 3 - горинтальный бачок для выдавливания масла; 4 - мешалка

Наилучшая фильтрующая среда для очистки минеральных масел - волокнистый асбест при плотности слоя 0,32 и высоте не менее 20 мм. Применяя многослойный асбестовый фильтр с плотностью слоев, возрастающей по направлению фильтрации, можно достаточно полно отделить от масла даже тончайшие примеси угля и пыли. Часто в качестве фильтрующего материала применяют также 4-6 рядов шинельного сукна или мелко измолотый древесный уголь слоем около 30 мм.

Недостатки фильтра "Лилипут" - его периодичность действия и небольшая производительность: 50 кг за один цикл, т. е. за 3-4 ч.

На рис. 11.101 показана схема передвижной установки РР-120 для очистки масел методом контактирования с отбеливающей глиной, обладающей способностью поглащать растворенные в масле посторонние включения и задерживать их на своей поверхности. В зависимости от эффективности отбеливающей глины и степени загрязнения масла ее расходуется 3-10 % массы масла.

В отстойник 1 заливают 120 кг оработавшего масла, подогревают его до 80°С и в течение 10-12 ч отстаивают. После этого отстоявшуюся воду и грязь спускают, а масло переводят в мешалку 4, нагревают до 100-160°С и смешивают с отбеливающей глиной. Затем смесь перепускают в бачок 3 и от туда насосом под давлением 0,3 МПа подают на фильтр-пресс *2*. Если очищать отработавшее масло отбеливающей глиной не предполагается, то

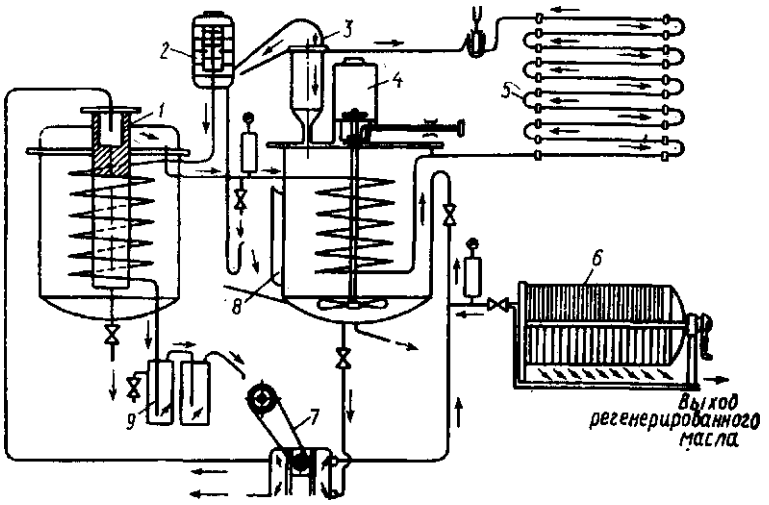


Рис. 11.102. Схема установки ВИМЭ-2:
1 - бак-отстойник со змеевиком подогрева и сетчатым фильтром; 2 - грязеуловитель; 3 - эвапоратор; 4 - сосуд для отбеливающей глины; 5- змеевик; 6 - фильтр-пресс; 7 - сдвоенный поршневой насос; 8 - контактная мешалка; 9 - приемники топлива, отделенного от масла

после отстоя, минуя мешалку *4, его* направляют в бачок *3, а* оттуда в фильтр-пресс ***2*** на фильтрацию.

На рис. 11.102 представлена схема установки ВИМЭ-2 непрерывного действия для регенерации отработавших масел с горячих установок (автомобильных, автотракторных и компрессорных). Отработавшее масло насосом *7* подается через сетчатый фильтр в теплообменный бак-отстойник и затем в змеевик контактной мешалки ***8.*** В контактной мешалке оно путем теплообмена с горячим маслом подогревается до 120-130°С и с этой температурой под давлением (0,3-0,4 МПа) поступает в змеевик 5, где подогревается уже до 300-325°С. Затем отработавшее масло поступает в эвакоратор 3, где топливо (керосин) отделяется, а масло направляется в контактную мешалку *8* для обработки отбеливающей глиной. Далее масло прокачивается насосом через фильтр-пресс *6*. Производительность установки 20-22 кг/ч.

Регенерация изоляционных масел. Для восстановления изоляционных масел можно применять механический или химический способы регенерации.

Механическую регенерацию производят обычно при помощи фильтра-пресса, центрифуги, масловарки или вакуум-аппарата. В каждом из этих аппаратов регенерация происходит отдельно. Желательно, чтобы при восстановлении масла проходило последовательно не менее двух процессов, например масловарку и центрифугу.

Химическая регенерация трансформаторных масел из-за сложности этого процесса непосредственно на рудниках и шахтах не применяется. Установку для химической регенерации масла

можно оборудовать в масштабе всего комбината.

Оценка качества регенерированного масла. Чтобы установить пригодность масла для повторного использования после регенерации, нужно подвергнуть масло анализу в лаборатории для определения его кислотности, вязкости, температуры вспышки и отсутсвия в нем воды. Если лаборатории по испытанию масел на шахте нет, пробы для испытания отсылают в соответствующую лабораторию комбаната.

Глава 19. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

19.1. Особенности системы организации обслуживания и ремонта горного оборудования

Совокупность мероприятий по обслуживанию и ремонту машин и оборудования принято называть *системой планового ремонта.* Начало развития системы планового ремонта оборудования связано с упорядочением ремонтного хозяйства в промышленности, созданием и внедрением различных методов ремонта оборудования.

Различают три основных метода организации ремонта: 1) послеосмотровый; 2) периодический; 3) стандартный.

Метод послеосмотровых ремонтов основан на обязательных осмотрах машины не в строго постоянные сроки. Цель осмотров - установить состояние машины для предупреждения непредвиденного выхода ее из строя. При этом методе машину поддерживают в работоспособном состоянии, проводя текущие ремонты, различные по объему. Точное число деталей, подлежащих замене, устанавливают осмотром механизма. Недостаток послеосмотрового метода заключается в том, что трудно планировать ремонты на длительный срок, так как нельзя заранее установить время остановки машины на ремонт и длительность последнего.

Метод периодических ремонтов заключается в том, что время работы машины между очередными осмотрами и сопровождающими их ремонтами устанавливают заранее с учетом сложности ее конструкции и режима работы. Однако замену каких-либо узлов и деталей также заранее не планируют, а осуществляют в соответсвии с фактической необходимостью, определяемой в процессе осмотра и ремонта. Следовательно, при методе периодических ремонтов также нет достаточных данных для предварительного подсчета объема ремонта, потребного количества рабочей силы, инструментов и станочного оборудования.

Метод стандартных ремонтов, называемый иначе *планово-принудительным,* основан на обязательном периодическом обновлении машины единовременной сменой части деталей и узлов. Заблаговременно устанавливают точный перечень сменяемых деталей и объем работ для каждого из ремонтов. Назначенные к замене детали и узлы меняют в предусмотрительный планом срок независимо от состояния. В виде исключения оставляют те детали, которые в момент замены оказались настолько исправными, что гарантируют нормальную службу вплоть до следующего ремонта.

Таким образом, при методе стандартных ремонтов срок службы детали указывает, когда ее необходимо сменить, **а** при периодическом - когда надо деталь осмотреть.

Рассмотренные особенности каждого из методов организации ремонта определяют области их применения. Послеосмотровый и периодический методы очень гибки и дают широкую возможность усилить наблюдение за правильной эксплуатацией машин. Поэтому их рекомендуется применять к машинам, работающим в переменном режиме нагрузки и обслуживаемым недостаточно квалифицированным персоналом. Метод стандартных ремонтов наиболее применим к оборудованию, работающему при установившемся режиме. Его применяют также к машинам, бесперебойность работы которых имеет особо важное значение для предприятия в целом (например, подъемные Машины, вентиляторы).

Комбинированная система организации обслуживания и ремонта. В горной промышленности применяют комбинированную систему организации обслуживания и ремонта, состоящую из элементов послеосмотрового, периодического и стандартного методов ремонта. Рациональное совмещение элементов этих методов позволяет обеспечить для передвижного и стационарного шахтного и карьерного оборудования наиболее длительный промежуток времени между ремонтами, увеличить срок службы оборудования и снизить расходы на его содержание.

Комбинированная система планово-предупредительного ремонта (система ППР) состоит из следующих основных элементов: 1) межремонтное техническое обслуживание машин: ежесменное обслуживание и осмотр (О); ежесуточная проверка (П) правильной эксплуатации и технического состояния оборудования; ежемесячные ремонтные осмотры (РО) (для электрооборудования введены РОС - полумесячные ремонтные осмотры); периодическая замена передвижных и съемных шахтных машин (комбайны, насосы и др-);

2) плановые ремонты: текущий ремонт (Т); средний (С) ремонт оборудования карьеров и разрезов; полугодовые и годовые наладки и ревизии (для сложного и уникального оборудования) (НРП и НРГ); капитальный ремонт(К).

Ежесменное техническое обслуживание (О) заключается в уходе за оборудованием закрепленными за ним лицами обслуживающего и дежурного персонала (машинистами, мотористами, дежурными электрослесарями). Осуществляется О в течение смены, между сменами или в периоды технологических простоев оборудования. Объем работ по О содержится в инструкциях по ежесменному техобслуживанию, составленных заводом-изготовителем оборудования.

[4] *Ежесуточная проверка правильной эксплуатации и технического состояния оборудования* (П) осуществляется механиками и помощниками начальников участков, горными мастерами, сменными мастерами в рабочие смены и слесарями-ремонтниками в ремонтные смены. Проведение П является важнейшим мероприятием в системе межремонтного техобслуживания для предупреждения внезапного и преждевременного выхода оборудования из строя.

Инструкции по П составляются заводами-изготовителями и содержат правила проверки, порядок исполнения и приемки работ, перечень показателей, необходимых для совместного составления в конце месяца оценки правильной эксплуатации и технического состояния оборудования, а также организационных и технических

мер по устранению недостатков и повышению уровня эксплуатации оборудования.

Ежемесячные ремонтные осмотры (РО) выполняются по специальным инструкциям завода-изготовителя силами ремонтных бригад производственного предприятия или его участков. Работы РО происходят в ремонтную или ремонтно-подготовительную смену и содержат: осмотр всех доступных элементов оборудования; замену наиболее быстро изнашивающихся деталей, срок службы которых не менее одного месяца; забор проб смазки или ее замену; восстановление контактных поверхностей и зазоров до значений, допускаемых правилами безопасности; восстановление необходимых уплотнений и креплений; устранение возможных мелких неисправностей.

Замена узлов машины непосредственно на месте ее работы в шахте допустима только в больших стационарных установках или в открытых и несложных механизмах, например, в шахтных лебедках всех видов. В закрытых и сложных передвижных машинах заменяют износившиеся узлы непосредственно на месте их работы не допускается - помимо того, что разборка такой машины связана с простоем и потерей добычи, качество ремонта, выполненного при плохом освещении и в неприспособленных условиях, очень низкое. Поэтому требующие ремонта машины заменяют заранее отремонтированными, поврежденные же направляют на рудоремонтные заводы, в ЦЭММ или механические мастерские шахт для соответствующего ремонта.

Затраты на О, П и РО отдельно в специальных статьях баланса предприятия не отражаются. А относятся за счет эксплуатационных расходов.

19.2. Виды ремонта горного оборудования

Сгруппировав соединения с одинаковыми межремонтными сроками, получают несколько различных по объему и содержанию ремонтов, которым машину подвергают в течение ремонтного цикла, т. е. за время от одного до другого капитального ремонта. В горной промышленности приняты два вида ремонта - текущий и капитальный. В некоторых случаях применяют и средний ремонт.

Текущий ремонт (Т) предназначен для поддержания в исправном и работоспособном состоянии, главным образом, наружных частей оборудования. При текущем ремонте заменяют небольшое количество изношенных деталей, износостойкостью которых определяется межремонтный период, и регулируют механизмы оборудования, обеспечивающие его нормальную эксплуатацию до очередного ремонта по плану.

При наличии в оборудовании деталей и узлов с большой разницей в износостойкости вводят порядок проведения текущих ремонтов, разных по объему, т. е. текущие ремонты первый ($Т_1$), второй ($Т_2$), третий ($Т_3$) и др. Календарные сроки проведения текущих ремонтов предусматривают графиками. Работы выполняют силами ремонтных бригад предприятия или участка на месте работы оборудования или в специально отведенных местах.

Ведут текущие ремонты по специальным инструкциям, составленным заводами-изготовителями совместно с проектно-конструкторскими и научно-исследовательскими институтами,

представителями производственных и ремонтных предприятий. Все работы по текущему ремонту оплачивают за счет эксплуатации по следующим элементам затрат: "Заработная плата с начислениями", "Материалы", "Прочие денежные расходы" (услуги вспомогательных цехов). В бухгалтерском учете основной деятельности предприятия затраты на работы по текущим ремонтам относят к статье расходов "Текущий ремонт".

Средний ремонт (С) на карьерах заменяет сложные текущие ремонты.

\ **Капитальный ремонт** (К) полностью восстанавливает нормальное состояние и работоспособность машины. Всякая машина, проработавшая определенный срок, приходит, наконец, в такое состояние, при котором восстановить ее работоспособность простой регулировоки или заменой деталей не представляется возможным. Потребуются полная проверка и капитальный ремонт всех ответственных узлов и корпусных деталей. В процессе капитального ремонта разбирают все узлы машины, тщательно проверяют все детгуш, направляют или заменяют новыми все изношенные части (50 *%t* и более всего числа деталей).

I Капитальный ремонт угольных и проходческих комбайнов, врубЬвых машин, электродвигателей, комплексов механических крепей выполняют на рудоремонтных заводах, комбинатов, а углепогрузочных (породопогрузочных, буро-сбоечных машин, приводов скрепковых и ленточных конвейеров) - в ЦЭММ. Текущий и капиальный ремонты остального участкового оборудования могут выполняться в механических мастерских шахты. Стационарные установки ремонтируют на месте их работы и только некоторые узлы выдают на рудоремонтные заводы, в ЦЭММ или механические мастерские шахты для ремонта и выверки. Электровозы, как правило, ремонтируют в депо шахты. Аккумуляторы электровозных батарей капитально ремонтируют на специализированных рудЬремонтных заводах.

\ Ремонт рудничного оборудования повышенной надежности или во взрывоискробезопасном исполнении, связанный с заменой или ремонтом деталей, которые могут повлечь за собой нарушение взрывобезопасности, допускаются только в ЦЭММ или на рудоремонтных заводах, соответственно оборудованных и имеющих на ремонт разрешение объединения или треста. Затраты на капитальный ремонт берут из аммортизационных отчислений, определенную часть которых переводят на особый счет предприятия в Госбанке для использования именно на капитальный' ремонт оборудования. Счета на выполнение капитального ремонта оплачиваются Госбанком в пределах его сметной стоимости.

Помимо рассмотренных плановых ремонтов иногда на предприятиях производят **аварийные ремонты,** вызываемые неожиданными повреждениями машины. По своему объему аварийные ремонты могут иметь характер текущих или капитальных. Затраты на аварийный ремонт относятся за счет расходов по статье "Текущий ремонт", т. е. входят в состав накладных расходов и влияют, таким образом, на стоимость выпускаемой продукции. Исключение представляет собой только крупный аварийный ремонт, вызванный стихийным бедствием (пожар, наводнение и т. п.), который относится к **восстановительному ремонту** и финансируется за счет специальных ассигнований.

19.3. Наладка и ревизия стационарного оборудования

Чтобы обеспечить безопасность работы, сократить аварии и простои, а также улучшить показатели по эксплуатации и ремонту шахтных стационарных установок, необходимо регулярно и в строго определенные сроки проводить, наладки, ревизии и технические испытания оборудования, механизмов и устройств установок подъемных, вентиляторных главного и флангового проветривания, водоотливных, оборудованных насосами производительностью 100 м^3/ч и более, компрессорных станций производительностью более 30 м^3/мин, оборудованных компрессорами производительностью 10 м^3/мин и выше, электродвигателей, аппаратуры автоматизации и дистанционного управления, а также другого уникального оборудования.

Наладки и ревизии полугодовые (НРП) шахтного стационарного оборудования обычно проводят ЦЭММ, а годовые (НРГ) - рудоремонтные заводы. Поэтому в ЦЭММ трестов имеются специализированные лаборатории и бригады для проведения наладок и ревизий указанных шахтных стационарных установок, а на рудоремонтных заводах - специализированные цехи, участки и бригады по проведению технических наладок, ревизиц и испытаний контрольно-измерительных приборов (КИП) и средств автоматики.

Наладки и ревизии НРП и НРГ выполняют на мест/; установки и работы оборудования, руководствуясь соответствующей инструкцией завода-изготовителя или другой специальной организации. Инструкции содержат указания по наладке/и испытанию оборудования, в том числе о порядке установления оптимального режима, определения резервов, выполнения и устранения скрытых причин ненормальной работы, составе и оснащении ремонтных бригад.

Затраты на НРП оплачиваются производственным предприятием с отнесением расходов по статье "Текущий ремонт", а затраты на НРГ относятся на сч^т капитального ремонта оборудования.

19.4. Межремнтные периоды шахтного оборудования

Ремонтные осмотры, текущие ремонты и испытания, а также своевременная чистка и смазка механизмов занимают основное место в системе ухода за оборудованием шахт и рудников. Обслуживающий машину персонал осуществляет осмотр во время сменных перерывов в соответсвии с нормативами и разработанной для каждого типа машины инструкцией.

Для проведения ремонтных осмотров, текущих ремонтов и замены работающих машин резервными каждый участок работы имеет установленные ремонтные смены или определенные часы. В соответсвии с этим ремонтные смены и организация работ в шахте строятся так, чтобы для каждой установки, даже обслуживающей шахту в целом или несколько ее участков (лебедки уклонов, трансформаторы), имелось время для плановых осмотров и ремонтов.

Ремонтный цикл и его структура. При нормальных условиях эксплуатации износ деталей машины зависит от продолжительности ее работы. Зная эту зависимость можно

установить средние промежутки времени между смежными ремонтами машины и определенную последовательность в чередовании ее ремонтов.

Ремонтным циклом принято называть промежуток времени работы машины от одного капитального ремонта до другого, а для нового оборудования - промежуток времени эксплуатации от пуска до первого капитального ремонта. *Структурой ремонтного цикла* называют чередование ремонтов в определенной последовательности и через определенные промежутки времени. Структура ремонтного цикла зависит от типа машины и может быть установлена на основании данных в табл. 10, в которой приведены ремонтные нормативы на основное горное оборудование. Так для врубовой машины "Урал-33" промежуток времени между ремонтными осмотрами РО, текущими ремонтами $T_г$ Т , T_3 и T_4 и капитальными К соответственно равен 1; 3; 6; 9; 12 и 15 мес. Ремонтный цикл в данном случае имеет структуру: К - 2РО - Т. - 2РО - Т, - 2РО - Т, - 2РО - Т - 2РО - К.

Для двухбарабанной подъемной машины с барабаном диаметром 6 м ремонтный цикл равен 48 мес, а его структура такова: К - 5РО - Т. + НРП - 5РО - Т, + НРГ - 5РО - Т, + НРП - 5РО - $T_г$ + + НРГ - 5РО - Т, + НРП - 5Р0 - Т, + НРГ - 5РО - Т, + НРП - 5РО - - К + НРГ.

19.5. Длительность ремонта оборудования

Длительность ремонта оборудования (и связанный с этим простой), сут,

$$t = T/Admk, \qquad (337)$$

где Т - трудоемкость выполнения ремонта данной установки, чел.-ч (см. табл. 6); А - число ремонтных электрослесарей, работающих в одну смену; d - продолжительность смены, ч; m - число смен работы электрослесарей; к - коэффициент выполнения нормы времени электрослесарями.

Из формулы (337) следует, что для сокращения простоя оборудования в ремонте необходимо уменьшить трудоемкость ремонта, увеличить число одновременно работающих электрослесарей, увеличить число смен работы и повысить коэффициент выполнения норм времени за счет освоения ремонтными электрослесарями рациональных технологических процессов ремонта и внедрения передовых методов работы, т. е. осуществить мероприятия, уменьшающие числитель и увеличиющие знаменатель формулы.

Допустимая длительность t ремонтного осмотра, ревизии и наладки, текущего и капитального ремонта шахтного оборудования предусматривается нормативами [18].

19.6. Особенности обслуживания и ремонта оборудования карьеров и разрезов

Разработка полезных ископаемых открытым способом отличается большим разнообразием климатических условий на севере и юге СССР. Температура воздуха зимой понижается до -70°С на севере и

повышается летом до -t-50°С на юге страны.

В карьерах и разрезах широко применяются высокопроизводительные добычные и транспортные машины различных конструкций - экскаваторы, перегружатели, конвейеры, отвалообразователи, транспортно-отвальные мосты и другое специальное оборудование [5, 21]. Существенно отличаясь конструктивным исполнением и технологией применения, эксплуатируется оборудование, в основном, комплексно и требует особого подхода к техническому обслуживанию и ремонту. Материалы по эксплуатации, технические характеристики и принципиальные особенности конструкций машин, применяемых на карьерах, приведены в специальной литературе [5, 23]. Особенность же технического обслуживания машин и оборудования карьеров заключается в том, что их профилактические осмотры и различные виды ремонта зависят от конструктивных особенностей и условий эксплуатации машин.

Вскрышные машины средних моделей [5] каждую смену в течение 1 ч проходят осмотр (О), общее время которого за сутки составляет 3 ч. Один раз в месяц каждую машину останавливают на 2-4 сут для ремонтного осмотра (РО). Добычные машины средних моделей ежесменно обслуживают 1 ч (за сутки 3 ч), через каждые 10 сут машины обслуживаются одну смену, т. е. за месяц одни сутки; для РО машину останавливают ежемесячно на 2-4 сут.

Крупные машины производительностью 3000-8000 $м^3$/ч останавливают реже, но трудовые затраты на осмотры бывают больше. Техническое обслуживание выполняет экипаж машины и дежурный персонал.

Техническое обслуживание включает в себя следующие основные виды работ: очистку механизмов, сма.зку узлов, регулировку и наладку тормозных и других устройств, устранение мелких неисправностей, осмотры приводов, канатных подвесок, электрооборудования, гидросистем, металлоконструкций, грузоподъемных средств и сосудов с целью определения объема и характера предстоящих ремонтов.

При ежемесячном техническом обслуживании (РО) осматривают и проверяют "на краску" зубчатые передачи приводов. В глобоидных червячных передачах пятно контакта зубьев должно располагаться не менее чем на 607» по длине и высоте. Шабровка зубьев червяка не допускается.

Ремонтный цикл для машин средней производительности составляет 4-5 лет (часто с одним промежуточным средним ремонтом), а для мощного оборудования и машин большой производительности 6…8 лет. Промежутки между ремонтами устанавливают по срокам службы деталей и услов в календарном времени или же, более точно, - в наработке миллионов кубометров горной массы. Промежутки времени между всеми текущими ремонтами детали машины, как правило, одинаковы, а межремонтные периоды могут быть разными. Во втором и третьем ремонтных циклах межремонтный период на 10-20 % меньше, чем в первом.

Иногда, кроме текущих и капитальных ремонтов (ГОСТ 18322-78), применяют и средний ремонт (С). Восстанавливают эксплуотационные характеристики изделия, заменяя или ремонтируя изношенные или поврежденные детали и узлы. При

этом может осуществляться и капитальный ремонт некоторых частей. Полностью разбирать механизмы при среднем ремонте не требуется. Выполняют средний и капитальный ремонты за счет аммортизационных отчислений.

По данным УкрНИИпроекта для горно-транспортных машин непрерывного действия на разрезах принято четыре структуры ремонтных циклов:

1-я структура ремонтного цикла (РЦ): К - 7Т, - $Т_2$ - $7Т_1$ - С - - 7Т - Т - 7Т - К назначается для роторных экскаваторов типа СРС-280, ЭГРВ-630, ЭРГ-400Д, СРС(К)-470, ЭР-1250, ЭР-1250Д, ЭРП-1250; перегружателей и отвалообрапователей типа ПЛГ-1200, П-1600 - 50/17, ОШ-1500/105; ленточных конвейеров - забойного КЛЗ, отвального КЛО, магистрального КЛМ.

2-я труктура РЦ: К - ЮТ, - $Т_2$ - ЮТ - С - ЮТ, - $Т_2$ - ЮТ - К назначается для роторных экскаваторов РС-350, ГС-600, К-300.

3-я структура РЦ: К - 7Т, - $Т_2$ - 7Т, - $Т_2$ - 7Т, - С - 7Т - Т - -7Т - Т - 7Т - К применяется к роторным экскаваторам типа СРС(К)-2000, ЭРП-2500, ЭРШР-1600, ЭРШРД, ЭРП-5250;, к отвалообразователям и перегружателям СПУ-5000, ПМК-2500/27, ПГ 2500 60. ПМК-5000/27, ПМК-5250/60, ПГ-5250/60, СШР-5000/95, 01ПР-5250/90, ПГ-5250/120, ОШР-5250/l90; к ленточным конвейерам: забойному 5000 $м^3$/ч, отвальному 5000 $м^3$/ч, торцевому 5000 $м^3$/ч, телескопическому 5000 $м^3$/ч.

4-я структура РЦ: К - 7Т, - $Т_2$ - 7Т, - $Т_2$ - С - 7Т - $Т_2$ - 7Т, - $Т_2$- - К применяется для транспортно-отвальных мостов (ТОМ) и цепных экскаваторов - Вербовозовского ТОМ с экскаваторами ДС-1500 22/27; Балаховского ТОМ с экскаваторами Д-1200 0/18, Д-1200 16/0; Морозовского ТОМ с экскаватопами ДС-1500 26/27, Д-1000 20/23; Бандуровского ТОМ с экскаваторами ДС-1000 20/23, Д-600 0/23; цепного экскаватора РС-400.

Нормативы межремонтных сроков, периодичность и трудоемкости ремонтов машин непрерывного действия и другого уникального оборудования для разрезов и карьеров приведены в справочниках [5].

Техническое освидетельствование устройств, приборов и приспособлений осуществляется в соответсвии с действующими правилами Гостехнадзора.

19.7. Подготовка и планирование ремонтных работ

Обеспечить ремонтные работы всеми необходимыми материалами, првильно расставить рабочих и регулярно проводить осмотры и ремонты оборудования можно лишь при условии тщательной подготовки и планирования этих работ. Подготовка заключается в следующем: 1) соответствующим образом оформляется техническая документация по учету оборудования, его работы и ремонтов; 2) систематически инструктируются исполнители; 3) организуется необходимая материально-техническая база.

Текущий учет наличия и инвентарного движения машин весьма важен и ведется по форме единой инвентарной карточки учета основных средств с указанием даты поступления, первоначальной стоимости, места нахождения, перемещений и затрат на капитальный р-монт. Оборудование, выданное участку, записывают в карточку основных средсв, числящихся за этим

участком на ответсвенном хранении у механика или начальника участка. Карточку на оборудование, переданное в ремонт, переставляют из раздела этого участка в раздел "Сдано в ремонт". Оборудование, сдаваемое в ремонт на рудоремонтный завод (РРЗ) или в ЦЭММ, должно сниматься с баланса шахт и передаваться на баланс рудоремонтных баз.

Паспартизация оборудования. На все дуйствующие и резервные машины, а также на линии передач, трубопроводы, кабельную сеть и прочее заводят эксплуотационные паспарта. Паспорт - это сборник технических данных: техническая характеристика производительности на разных режимах работы, спецификация сменных деталей, акт испытания, перечень инструмента, принадлежностей и сменных частей, прилагаемых к новой машине и др. Заводы-поставщики присылают паспорта вместе с машиной. На шахтах паспартизацию оборудования поручают технику, а если шахта небольшая (менее трех производственных участков) - одному из помощников главного механика шахты.

На оборудование, которое в данном агрегате не работает постоянно (электродвигатели, пускатели, реостаты и т. п.) и после ремонта может быть направлена на другой агрегат, составляют вспомогательный паспорт, который вкладывают в паспорт основного агрегата.

Своевременно и аккуратно заполненные паспарта представляют собой ценный материал для контроля за состоянием машины, ее работой и изнашиванием в данных условиях эксплуатации.

Учет работы и ремонта машин обычно разделяют на два вида: 1) первичный - в виде сменного рапорта машиниста, заполняемого по установленной форме, и журнала учета работы и ремонтов машины, в котором машинист во время смены вносит записи о работе машины, ее простоях и их причинах;

2) вторичный - в виде ежемесячных и годовых отчетов о работе установок шахты, представляемых по установленной форме в трест и комбинат.

Составление планов ремонта горного оборудования. Планирование должно охватить весь комплекс работ по ремонту, подлежащих проведению на всех участках и в ремонтых мастерских шахты. Различают перспективное и текущее планирование.

Задача *перспективного планирования* заключается в том, чтобы предварительным технико-экономическим расчетом определить в годовом разрезе: 1) виды й объем работ; 2) сроки их выполнения; 3) потребность в рабочей силе и ее состав по квалификациям; 4) потребность в материалах, запасных частях, станочном оборудовании и инструментах; 5) стоимость всех ремонтых работ. *Текущее (оперативное) планирование* должно уточнить перспективные планы в соответствии с конкретными условиями, выявившимися к моменту выполения производственных заданий на участке и в ремонтных мастерских шахты в данном квартале и месяце. Таким образом, перспективное планирование производится на год и больше, а оперативное - на месяц и квартал.

Годовые и месячные планы ремонта шахтного электромеханического оборудования составляют по типовым формам на основании положений, разработанных в нормативах ремонта. При составлении планов ремонта должны быть предусмотрены

8. Определитель работ сетевого графика капитального ремонта для породопогрузочной машины ППН-7

Шифр работы	Название работы	Трудоемкость работы, чел.-ч	Количество занятых рабочих n, чел.	Норма времени, ч	Продолжительность выполнения работы, ч		
					максимальная	минимальная	средняя
0-1	Чистка и мойка машины	7	4	1,7	2	1,6	1,7
1-2	Демонтаж транспортного устройства	7	4	1,7	2	1,6	1,8
2-3	Отсоединение приводной части	4	2	2	2,2	1,8	2
3-4	Отсоединение тележки	4	2	2	2,2	1,8	2
2-6	Разборка транспортного устройства	8	2	4	4,2	3,8	4
6-11	Ремонт транспортного устройства	52	3	17,3	18	17	17,4
11-13	Сборка транспортного устройства	15	3	5	5,5	4,5	5
5-7	Демонтаж рычажно-ковшовой части	7	2	3,5	4	3	3,5
• 3-5	Разборка приводного устройства	7	2	3,5	4,5	3	3,5
7-9	Разборка лебедки и редуктора	28	4	7	7,2	6,8	7
7-15	Ремонт рычажно-ковшовой части	60	2	30	33	27	30
9-12	Ремонт лебедки и редуктора	55	4	13,7	15	13	14
12-14	Сборка лебедки и редуктора	16	4	4	4,5	3,5	4
14-16	Монтаж лебедки и редуктора с двигателем на тележку. Установка рычажно-ковшовой части	20	4	5	6	4	5
4-8	Демонтаж гидравлической части с тележки	10	4	2,5	3	2	2,5
8-10	Разборка гидравлической части	20	4	5	6	4	5
10-17	Ремонт гидравлической части	300	4	75	76	73	74,5
17-18	Сборка гидравлической части *и* опробование	40	4	10	11	9	10
18-19	Монтаж гидравлической части на тележку	10	4	2,5	3	2	2,5
19-20	Монтаж машины	17	4	4,2	4,5	4,1	4,3
20-21	Сборка и наладка схемы автоматики управления машиной	80	3	26,6	29	20,9	25
21-22	Испытание машины, снятие характеристик	6	2	3	3,5	2,5	3
22-23	Окрашивание машины, сдача ОТК	4	2	2	2,5	1,5	2

последовательность осмотра и ремонта, и равномерность распределения ремонтых работ, Основой плана являются структура ремонтного цикла и межремонтные сроки каждого вида

оборудования. Годовым планом должно быть предусмотрено: 1) в какой месяц года намечается постановка машины на ремонт и вид ремонта (текущий или капитальный); 2) потребное количество материалов и инструментов, необходимых для текущего и капитального ремонта и для изготовления запасных частей по всем видам ремонта, в том числе и ремонтного осмотра: 3) пострebное количество запасных частей по всему парку машин для выполнения всех видов ремонта, в том числе и ремонтного осмотра; 4) потребное число рабочих (по месяцам), необходимое для производства текущего и капитального ремонтов и для изготовления запасных частей по всем видам ремонта.

На основании такого перспективного плана, составляемого с учетом равномерной загрузки механических мастерских, уточняют сроки замены машин по каждому участку и составляют для механических мастерских шахты месячный план ремонта оборудования.

Сетевое планирование и управление при производстве ремонтных работ. В практике производства и ремонта машин и оборудования все шире применяются сетевые методы планирования и управления (СНУ), в которых используется так называемая динамическая сетевая модель.

Для разработки сетевого графика ремонта машины необходимо знать: 1) пооперационный перечень ремонтных работ; 2) время затрачиваемое на выполнение каждой операции; 3) число работающих, занятых на выполнении каждой работы; 4) очередность работ при выполнении ремонта.

Пример. Рассмотрим основные принципы разработки и постоения сетевого графика на примере проведения капитального ремонта породопогрузочной машины ППМ-7.

Разработку сетевого графика начинают с составления определителя (табл. 8) по форме.

Пользуясь данными определителя, строят на бумаге сетевой график ремонта машины (рис. 11.103). Порядок расположения линий на графике соответсвует технологической последовательности выполнения каждой работы с учетом условий равномерной загрузки всех работающих по сменам. Продолжительность, ч, выполнения каждой работы

$$t \sim A / k + x + y + z , \qquad (338)$$

где x - перерывы на обед, ч; y - перерывы между сменами, ч; z - продолжительность ожидания ремонта; связанная с невозможностью начать ремонт всех узлов и агрегатов при данной программе, ч.

Продолжительность каждой работы (операции) наносят на сетевой график сплошной линией (стрелкой), проведенной под любым углом, но с соблюдением масштаба времени, отложенного по оси абсцисс. Шифр работы проставляют в кружочках, с центрами которых совпадают ее начало и конец.

Аналих сетевого графика, представленного на рис. 11.103, *а,* показывает, что здесь наибольшая длительность выполнения работ (критический путь) составляет 134 ч (около 17 смен). Через 48 ч все узлы, кроме гидравлической части, готовы и ожидают монтажа машины 54 ч.

Целесообразно оптимизировать график, т. е. ликвидировать длительные простои отремонтированных-узлов и укоротить критический путь. Сократить последний можно так:'после демонтажа гидравлической

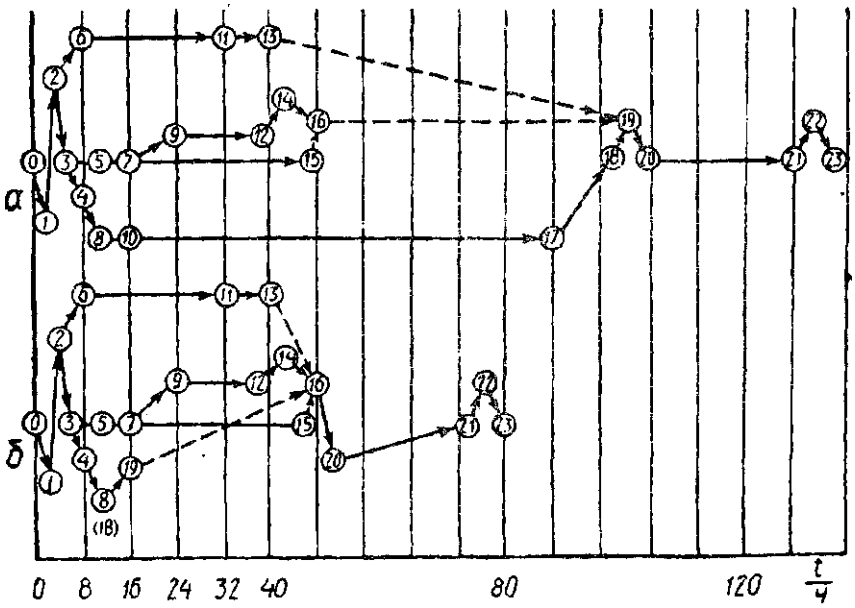


Рис. 11.103. Сетевой график ремонта машины ППН-7:
а - до оптимизации; б - после оптимизации

части (работа *4-8)* смонтировать ранее отремонтированную или резервную гидривлическую часть (рис. 11.103, б, работа *18-19).* Снятую гидравлическую часть ремонтирует отдельная бригада по своему сетевому графику. Тогда из графика рис. 11.103, о и из табл. 8 выпадают работы *8-10* "Разборка гидравлическокй части", *10-17* 'Ремонт гидравлической части" и ***17-18*** "Сборка гидравлической части".

Шифр работы "Монтаж машины" на рис. 11.103, б изменился на *16-20.* Критический путь сократился до 80 ч, и машина выйдет из ремонта на 54 ч раньше, чем по графику до его оптимизации. Уменьшение простоя машины в ремонте на 54 ч окупает затраты, связанные с содержанием резервной гидравлической части.

19.8. Сдача в ремонт и приемка отремонтированного оборудования

Для передачи машины в ремонт механик участка составляет заказ по установленной форме с указанием перечня основных работ и направляет его главному механику. Если ремонт данного агрегата предусмотрен графиком, главный механик дает разрешение. Если ремонт внеплановый, то разрешение, на ремонт выдается только после осмотра агрегата на месте работы главным механиком или его помощником и установления необходимости ремонта.

В срок, определенный разрешением главного механика, такелажная бригада, находящаяся в ведении механика шахты, выдает машину на поверхность и вместе с заказом сдает по акту в ремонт начальнику шахтных мастерских, ЦЭММ или рудоремонтному заводу. В акте на основании предварительной

проверки указывают состояние машины, отсутствующие части и принадлежности к ней. Подписывают акт представители участка и начальник мастерских, а хранят в книге ремонтов машин шахтных мастерских, ЦЭММ или рудоремонтного завода.

После сдачи машины в ремонт ее разбирают и составляют дефектную ведомость, на основании которой выписывают наряд на производство ремонта. В наряде указывают, какие части надо заменить или отремонтировать, срок и стоимость ремонта. Наряд записывают в книгу ремонта и выдают рабочей бригаде для исполнения.

После окончания ремонта бригада испытывает машину вхолостую и под нагрузкой и устраняет обнаруженные дефекты. Затем мастер обрабатывает все записи испытаний и в форме акта вписывает их в книгу ремонтов.

Из ремонта машину принимают по акту согласно инструкции. На рабочее время машину доставляет такелажная бригада. Требующуюся на месте работы сборку агрегата производит обслуживающая его бригада под руководством механика участка.

19.9 Порядок списания оборудования, пришедшего в негодность

Списанию подлежит оборудование, пришедшее в полную негодность вследствие изнашивания после установленного срока службы или преждевременного изнашивания основных частей машины (корпуса или рабочего органа), а также вследствие поломки (аварии), если ремонт машины технически нецелесообразен.

Для обследования технического состояния подлежащего списанию оборудования на каждой шахте назначают постоянно действующую комиссию в следующем составе: начальник шахты (председатель), главный инженер, главный механик (энергетик), главный бухгалтер и начальник участка (цеха). Комиссия ежемесячно обследует оборудование и составляет акты утвержденного образца о техническом состоянии каждой машины, пришедший в негодность и подлежащий списанию. Один экземпляр каждого акта постоянно хранится в бухгалтерии шахты.

На основании утвержденных трестом или комбинатом актов пришедшее в негодность оборудование списывают с баланса в бухгалтерском учете. Полученные при разборке части оборудования, пригодные для использования, оценивают и передают на склад, а лом в установленном порядке сдают на переработку.

Оборудование, акты на списание которого не утверждены, восстанавливают.

Глава 20. РЕМОНТНЫЕ СРЕДСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

20.1. Подземные ремонтные средства шахты

Современные шахты имеют много всевозможных механизмов, расставленных по большому фронту работ. Поэтому система ремонтных средств должна быть достаточно разветвленной и максимально приближенной к местам работы агрегатов. Всю систему ремонтных средств шахты обычно разделяют на следующие элементы: 1) инструментальные сумки электрослесарей и машинистов; 2) рабочее место участкового электрослесаря,

закрепленного за крупными машинами (бремсберговая лебедка, конвейер) или за комплектами машин; 3) подземные участковые кладовые и масстерские-кладовые для хранения смазочных материалов, запасных частей, инструментов и пр.; 4) общешахтные подземные ремонтные мастерские; 5) поверхностные механические мастерские шахты.

Инструментальными сумками с комплектами наиболее часто требующихся инструментов снабжаются кроме дежурных и ремонтных слесарей и машинисты машин. Сумки позволяют выполнять мелкий ремонт.

Рабочее место электрослесаря на участке. Для хранения громоздких инструментов и приспособлений, потребных при разработке и сборке машин (лом, стяжные скобы, кувалда и др.), а также запасных частей, которые часто изнашиваются или теряются (болты, шпонки, гайки и др.), электрослесарю отводится рабочее место - на штреке, вблизи лавы или штрека так, чтобы оно не мешало откатке. Рабочее место оборудуют верстаком. По мере продвигания лавы его переносят на новое место.

Подземные участковые кладовые и мастерские-кладовые. Для нормальной и безаварийной работы забойных механизмов на всех участках оборудуют подземные участковые кладовые для хранения запаса наиболее изнашиваемых деталей и узлов комбайнов, врубовых машин, скребковых конвейеров, а также слесарного инструмента. На больших участках, имеющих более одного комбайна или врубовой машины и пяти конвейерных установок, в соответствующих камерах^ устраивают участковые мастерские-кладовые.

Ремонтную мастерскую-кладовую располагают на пути к рабочим местам в непосредственной близости от участка и предназначают для обслуживания одновременно нескольких участков, если расстояние от них до этой мастерской-кладовой не превышает примерно 500 м В ремонтной мастерской-кладовой хранят необходимый набор быстро изнашивающихся запасных частей, инструменты и материалы. Потребное количество оборудования, инструментов, запасных частей и материалов для оснащения участковой мастерской-кладовой и порядок ее обслуживания принимают в соответствии с установленными нормативами.

Рядом с мастерской-кладовой размещают участковую кладовую смазочных материалов, имеющую огнестойкую камеру около 4 м .

Общешахтные подземные ремонтные мастерские. Для шахт годовой производительностью свыше 500 тыс. т предусмотрено устраивать в специальных камерах подземные ремонтные мастерские. Центральную подземную мастерскую размещают в околоствольном дворе (рис. 11.104) или на квершлаге.

В подземных мастерских могут выполняться: плановые текущие ремонты машин, связанные с пригонкой деталей, ремонт электровозов; срочные ремонты оборудования, производимые в шахте с выдачей на поверхность деталей, которые требуют обработки, невыполнимой средствами подземных мастерских (обработка на металлорежущих станках, сварка и др.); заправка ремонтного инструмента. Ё некоторых конкретных условиях перечень работ, производимых в подземных мастерских, может быть

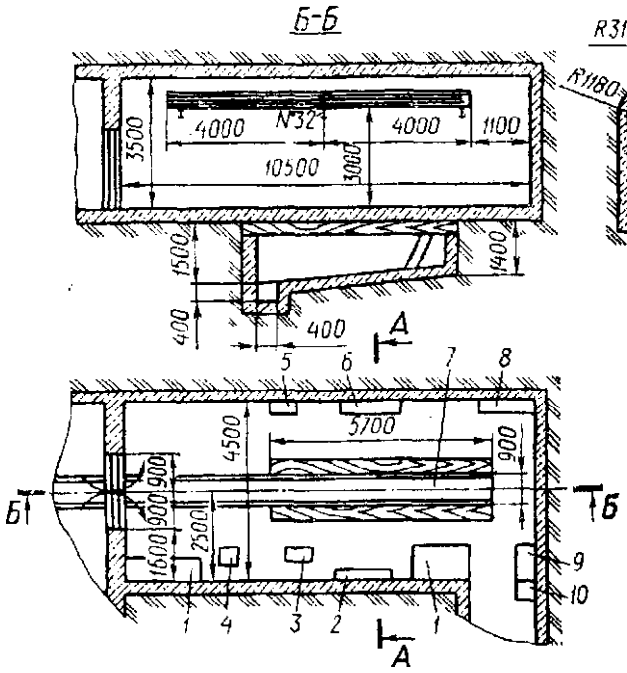


Рис. 11.104. Ремонтная мастерская на шахтном околоствольном дворе: 1 - верстаки с тисками; 2 - полка для деталей; 3 - точильный станок; 4- вертикальный сверлильный станок; 5 проверочная плита; 6 - шкаф; 7 - яма для осмотра электровозов; 8 - шкаф для запасных деталей; 9 - шкаф для инструментов; 1Q электродрель

дополнен по согласова нию с соответствующими отделами объединения, ведающими вопросами безопасности.

20.2.. Ремонтные мастерские на поверхности шахт и рудников

Основное назначение поверхностных механических мастерских Шахт - выполнять текущий и капитальный ремонты оборудования. Обычно шахтные мастерские не имеют литейных цехов. Необходимые стальные, медные и чугунные отливки изготовляют центральные мастерские треста и заводы горного машиностроения. При этом крупные детали, которые из-за малых размеров станков нельзя обработать в шахтных мастерских, доставляют на шахту готовыми. Шахтные мастерские, как правило, не изготовляют запасных деталей, а получают их в достаточном количестве из центральных механических мастерских и с заводов, занимающихся производством запасных частей.

В связи с изложенным в составе электромеханических мастерских шахты имеются следующие цеховые подразделения: 1) кузнечное; 2) котельно-сварочное; 3) слесарно-механическое; 4) электроремонтное; 5) инструментальное; 6) отделение по ремонту , забойных механизмов; 7) контора; 8) кладовая для запасных частей. Кроме того, -на шахтах с откаткой аккумуляторными электровозами должно быть отделение для ремонта аккумуляторов.

Для производства котельных работ на открытом воздухе на шахтном дворе предусматривают свободную площадку 200 - 500 м. В самом здании мастерских прокладывают узкоколейную железную

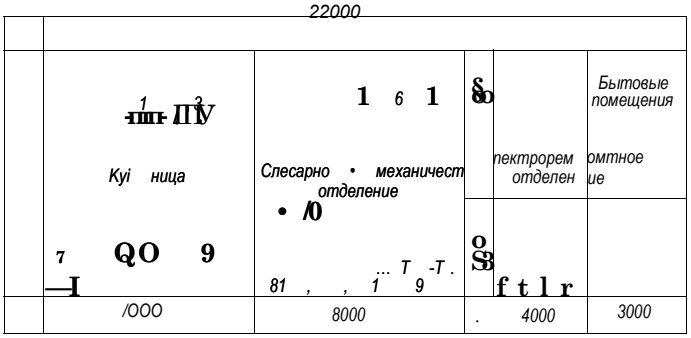


Рис. 11.105. Ремонтная мастерская участка на открытых разработках:
1 - верстаки (3 шт.); 2 - кузнечный горн двухместный; 3 - наковальни; 4 - вентилятор; 5 - сверлильный станок; 6 - токарный станок; 7 - шкафы (3 шт.); 8 - верстак на одни тиски; 9 - верстак на двое тисков; 10 - точильный станок; 11 - круглый горн; 12 - правильно-гибочная плита

дорогу для транспортирования и монтажа ремонтируемого шахтного оборудования, а также продольные и поперечные балки для подвешивания талей или устанавливают ручной однобалочный мостовой кран грузоподъемностью Я т. В слесарно-механическом отделении над станками и монтажной площадкой обычно устанавливают электроталь грузоподъемностью 1 т. С шахтой или рудником мастерские связаны узкоколейной железной'дорогой, а с обогатительными фабриками и объектами ремонта, а также с расположенными поблизости мастерскими других предприятий железной дорогой с широкой (нормальной) колеей [25].

Участковые ремонтные мастерские на открытых разработках размещают непосредственно у разреза. Их устраивают в тех случаях, когда более мощные мастерские разреза или ЦЭММ расположены далеко от разреза. Участковые мастерские на открытых разработках состоят обычно из кузнечного, слесарно-механического и электроремонтно.го отделений, кладовой, бытовых, и прочих обслуживающих помещений (рис. 11.105). В таких мастерских проводят ремонтный осмотр оборудования и мелкий текущий ремонт с заменой готовыми запасными частями.

Ремонтные мастерские рудников и в особенности обслуживающие их центральные механические мастерские должны иметь, кроме обычного оборудования, специальные станки и кузнечно-прессовое оборудование (зуборезные металлорежущие станки, паровоздушные ковочные молоты, прессы и др.), позволяющие ремонтировать крупные детали. Для более полной загрузки ремонтных средств эти мастерские обычно объединяют в одном здании с помещениями для ремонта железнодорожного тягового и подвижного состава.

Передвижные ремонтные мастерские на открытых работах. В условиях открытых горных работ в качестве передвижных ремонтных средств служат мастерские-вагоны или мастерские, оборудованные на автомобилях. Мастерские-вагоны устраивают в крытом товарном железнодорожном вагоне или в специальном закрытом автомобильном прицепе в частично

откидными стенками. Мастерскую снабжают токарно-винторезным станком, наждачным точилом, электродрелью и слесарным верстаком. Для выполнения кузнечных работ имеются переносной горн и наковальня. Кузнечный горн для работы выносят из мастерской. На автомобильном прицепе предусмотрены приспособления для газовой сварки и резки (баллоны с кислородом и ацетиленом, шланги, горелки, резаки и пр.), в железнодорожном вагоне - передвижной сварочный аппарат (обычно сварочный трансформатор). Мастерские снабжают также необходимыми грузоподъемными устройствами - домкратами, талями, ручной лебедкой (при необходимости) и пр.

Мастерская, оборудованная на прицепе, обычно имеет самостоятельный силовой агрегат, состоящий из дизеля мощностью 10-12 кВт, генератора постоянного тока мощностью 6-8 кВт и распределительного щита. На силовую нагрузку расходуется 4-5 кВт, остальная мощность идет на освещение мастерской и площадки работ. Для снабжения электроэнергией мастерской, устраиваемой в железнодорожном вагоне, предусматривают гибкий кабель, подключаемый к распределительной сети на территории работ.

20.3. Расчет ремонтных мастерских предприятий

Определить объем ремонтных работ и выбрать ремонтное хозяйство предприятия можно по укрупненным показателям на основании исходных данных: 1) полной стоимости шахтного оборудования; 2) количества и трудоемкости ремонта оборудования; 3) количества и массы оборудования, подлежащего ремонту.

Расчет объема ремонтных работ ценностным методом. В основу метода положена полная стоимость оборудования предприятия. От нее берут установленный процент отчислений на ремонты и в соответствии с ним определяют годовую стоимость ремонтных работ. Последняя и служит исходной для дальнейшего проектирования ремонтного хозяйства предприятия.

Общий порядок расчета ремонтного хозяйства по ценностному методу сводится к следующему:

1) определяют общую стоимость А, крб., оборудования, обслуживаемого ремонтами:

$$A = \sum_{1}^{I} па, \qquad (339)$$

где i - число типов машин; п - число однотипных машин; а - стоимость машины; руб.;

2) находят годовую стоимость $А_р$, крб., ремонтных и монтажных работ:

$$А_р = (0{,}09 - 0{,}11)\ А; \qquad (340)$$

3) устанавливают полную стоимость работ $А_м$, крб., производимых мастерскими:

$$А_м = аА_р, \qquad (341)$$

где а - коэффициент, который изменяется от 1,7 до 2,4;

4) определяют общий фонд заработной платы $А_з$, крб., производственных рабочих:

$$A = O,ЗА \ ; \qquad (342)$$

5) приняв часовую стоимость производственной заработной платы Р из расчета средней тарифной ставки по 5-му разряду, вычисляют общий годовой фонд рабочего времени, ч:

$$К = A_з/Р; \qquad (343)$$

6) находят штат производственных рабочих мастерских:

$$М = К/рD_р, \qquad (344)$$

где р - коэффициент выполнения норм рабочим; $D_р$ - годовой фонд рабочего времени одного рабочего, ч/год:

$$D_р = [С (365 - В - П - О) - СД]*). \qquad (345)$$

Здесь С - продолжительность рабочей смены, ч; В, П, О - число выходных, праздничных и отпускных дней в году соответственно; С, - продолжительность укороченного рабочего дня в предпраздничные дни; $П_1$ - число предпраздничных дней в году; т|= =0,97 - коэффициент, учитывающий болезни и пр.;

7) ориентировочно определяют штат производственных рабочих, %, по профессиям:

слесари и электрослесари	70
токари и станочники	10
кузнецы, прессовщики, зубо- и бурозаправщики	8
электрогазосварщики	5
прочие (бригады контрольного осмотра и др.)	7

Число такелажников, подсобных рабочих и обслуживающего персонала устанавливают дополнительно к штату производственных рабочих. В среднем оно составляет: такелажники и подсобные рабочие - 10 % штата производственных рабочих; обслуживающий персонал (заведующий, мастера смен, счетный работник) - 8 % штата производственных рабочих.

Следовательно, общий штат мастерской

$$М_{0ЫЦ}=1.18М; \qquad (346)$$

8) вычисляют потребное число станков:

$$n_{СТ} = SK/mDr), \qquad (347)$$

где 8 - коэффициент станочных работ, его значения можно принимать от 0,2 до 0,35; m - число смен; D - годовой фонд рабочего времени станка, ч/год:

$$\cdot \quad D = 0,95[С (365 - В - П - О) - С,]!,]. \qquad (348)$$

Здесь т| = 0,5 - 0,9 - коэффициент использования станка;

9) распределяют станки по их типам, %, пользуясь следующими приближенными данными:

токарно-винторезные 25-30
сверлильные 25-20
точильно-обдирочные 10-15
поперечно-строгальные, универсально-фрезерный, зубозаправочный, бурозаправочный, бурозаточный Остальное

Расчет объема ремонтных работ методом нормативной трудоемкости. Для расчета составляют таблицу, куда вносят все оборудование, подлежащее ремонту силами механической мастерской предприятия в течение рассматриваемого года. Число ремонтов в этой таблице проставляют на основании годового графика ремонта. Трудоемкость одного ремонта принимают по нормативам. Затраты труда на ремонты получают умножением числя ремонтов на соответствующие трудоемкости и записывают в виде знаменателей. Подсчитывая общие затраты труда, виды ремонтов, выполняющиеся вне мастерской и без ее участия, не учитывают и в соответствующих графах ставят прочерк.

Полный объем, трудовых затрат механической мастерской предприятия за год, чел.-ч,

$$L = (ET, + ET_2 + ET_3 + ET_4 + ET_5 + EK)y, \qquad (349)$$

где у -затраты труда по видам ремонтов (табл. 10); y = 2,4 - 1,7 - коэффициент, учитывающий ремонт неучтенного оборудования, выполнение срочных заказов и т. д.

В общем количестве трудовых затрат станочные работы, станко-ч,

$$L_{CT} - (£T,ст + £T_{2CT}\ 4\ >:т_{эст} + ET_{4ст} + ET_{5CT} + Ж_{ст})_{7ст}, \qquad (350)$$

причем коэффициент неучтенных работ у можно принимать равным 1,5-2,0.

Зная L и L_{CT}, можно рассчитать штат работающих и станочное оборудование механической мастерской предприятия.

Расчет объема ремонтных работ весовым методом наиболее точен. На основании устновленных сроков службы различных деталей для каждого типа машин определяют массу сменяемых за год видовизделий и материалов (отливок, поковок, сортового материала и т. д.). Затем, суммируя различные виды работ по всему обслуживаемому ремонтами оборудованию, получают годовую программу работы цехов.

Недостаток данного метода - необходимость выполнять громоздкие расчеты. Поэтому оправдать себя он может только при проектировании ЦЭММ или крупных рудоремонтных заводов.

Расчет ремонтных средств на ЭВМ. Применение автоматической системы управления производством (АОУП) в ремонтных работах позволяет разработать и внедрить подсистему "Ремонтная служба предприятия", улучшить оптимальное использование системы планово-предупредительного ремонта (ППР), улучшить организацию ремонтных работ и повысить качество ремонтов.

Подробную информацию об оборудовании и машинах, применяемых на данном предприятии, вводят 6 память: ЭВМ (оперативную или магнитную), а машина на основе специальной рабочей программы выдает исходную информацию по обслуживанию и ремонту оборудования, необходимым затратам труда на ремонт,

суммарным затратам труда на выполнение слесарных и станочных работ, а также данные для расчета штатов и необходимого количества станков.

Расчет площадей и планировка здания ремонтных мастерских. Площадь ремонтных мастерских предприятия состоит из основной (производственной), вспомогательной и административно-бытовых помещений. Общую производственную площадь мастерских определяют суммированием площадей цехов и отделений. Составляющие площади цехов и отделений рассчитываются по количеству и типам устанавливаемого ремонтного оборудования и необходимой площади на каждую единицу с учетом количества производственных рабочих, выполняющих ремонтные работы на этих площадях.

20.4. Выбор оборудования и его расстановка в ремонтных мастерских

Основное станочное оборудование шахтных механических мастерских сосредоточено в механо-сборочном и электроремнтном отделениях. Станки устанавливают на бетонные, а иногда на деревянные фундаменты. Легкие станки (сверлильные, болторезные) при хорошем настиле часто закрепляют непосредственно на полу. В зависимости от размеров и вида станка для него требуется площадь 1-12 м^2.

Выбирая станки и оборудование, следует руководствоваться: 1) простотой работы и обслуживания; 2) низкой стоимостью станка; 3) прочностью; 4) размерами обрабатываемых частей. Необходимые данные о станках приводятся в соответствующих справочниках.

Площадь слесарно-механического отделения определяют из расчета 10-12 м^2 на одного слесаря. Слесарные верстаки устанавливают вдоль стен сборочного отделения с расстоянием между тисками 1000-1500 мм. Площадь под разметочную плиту принимают равной 6 м^2.

В электромеханическом отделении размещают столы для сборки и разборки электродвигателей, верстаки с тисками для ремонтных работ, настольный сверлильный станок (при надобности) истенд для испытания отремонтированных двигателей. Площадь электромеханического отделения устанавливают из расчета 8-10 м^2 на одного электрослесаря.

Кузнечный цех оборудуют горнами, наковальнями, кузнечным инструментом, ваннами с водой для закалки, ящиками для угля и при тяжелых больших поковках - пневматическим молотом М-412 и фрикционным прессом Ф-935. Площадь под кузнечный горн на два огня с двумя наковальнями принимают равной 24-26 м^2, под кузнечный горн на один огонь с одной наковальней - 12...15 м^2; под пневматический молот в 250 кг требуется 22-25 м^2, а под молот в 100 кг - 15...18 м^2; под круглый горн требуется 6-10 м^2, под правильно-гибочную плиту - 12... 15 м^2; под нефтяную нагревательную печь надо 15-18 м^2.

Детальное, указание по выбору оборудования для рудоремонтных баз имеются в специальной литературе.

Основные правила расстановки станков. Минимальные расстояния между станками от стен или колонн принимают в зависимости от габаритных размеров станка, причем для

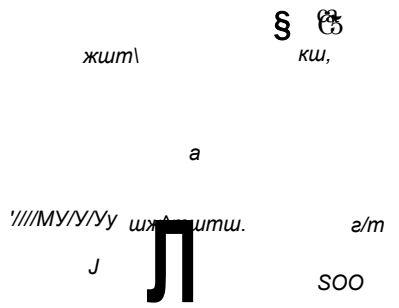


Рис. 11.106. Расположение станков у стены:
а - с движущимися частями; б - малогабаритных без движущихся частей



Рис. 11.107. Схемы расположения станков и расстояния между ними:
а - у колонн; б - у стены с отопительными приборами; в - расстояние между задней и передней сторонами станков при обслуживании одним рабочим; г - расстояние между сторонами станков при их обслуживании двумя рабочими

движущихся частей или стола включают наибольший их размах как в одну, так и в другую сторону.

Расстояние от стены или сплошной перегородки до задней стороны станка должно быть не менее 500 мм (рис. 11.106, а). Допускается установка станков вплотйую к стене, т. е. на расстоянии 100-200 мм от стены (рис. 11.106, б), при габаритных размерах, не превышающих 500 х 1000 мм, при условии, что позади станка нет движущихся частей и расстояние между станками не менее 500 мм.

Если станок устанавливается у колонны или стойки, необходимо соблюдать следующие минимальные расстояния (рис. 11.107, а): 1) между задней, боковой сторонами станка и колонной - не менее 200-500 мм; 2) между колонной и передней стороной станка - не менее 400-500 мм.

При расположении рабочего между стенкой и станком допускается расстояние не менее 1000 мм (рис. 11.107, б). Расстояние между передней и задней стороной смежных станков должно быть не менее 1000 мм (рис. 11.107, *в),* а между передними сторонами при обслуживании двумя рабочими - не менее 1500 мм (рис. 11.107, *г),* при обслуживании одних станков одним рабочим - не менее 800-1000 мм.

Поперечные расстояния междустанками менее 500 мм должны быть ограждены цепочками или перилами, чтобы не было прохода. Можно в этом месте поставить шкафчик или тумбочку, и тогда заграждения не потребуется.

Одноименные станки, по возможности, устанавлйвают группами. На наиболее хорошо освещенных площадях цеха располагают токарные станки. Сверлильные станки должны иметь вокруг достаточно места для обработки громоздких деталей. Расставлять станки необходимо с учетом последовательности обработки и минимального транспортирования деталей.

Чтобы определить минимальные размеры проходов для движения тележек, к ширине нагруженной тележки с обеих ее сторон прибавляют по 700-800 мм на каждое место рабочего. При

одностороннем движении ширина прохода равна ширине тележки плюс 800 мм на рабочее место и 300 мм от тележки до задней стенки второго ряда станков. При встречном движении сохраняют те же составняе данные плюс 300 мм между тележками. Если вместо тележек в проходах имеются другие виды транспорта (подвесные устройства, конвейеры и т. п.), размеры прохода определяют аналогично, т. е. к габаритным размерам транспортного устройства прибавляют указанные размеры.

Организация рабочего места. Чтобы повысить коэффициент использования станка, в основу организации рабочего места нужно положить принцип наименьшего отрыва рабочего от станка. Для этого необходимо, чтобы наряд, чертеж, заготовка, инструменты и приспособления доставлялись к рабочему месту и принимались от рабочего непосредственно у станка. При этом, по возможности, следует комплектовать серийные или сходные детали. Мастер должен инструктировать рабочего на месте работы, заточка инструментов производится централизованно. Расчеты, связанные с настройкой станка, следует по возможности прилагать вместе с нарядом, чтобы не отвлекать рабочего от непосредственной работы. Кроме изложенного, нужно сохранять определенный порядок в расположении инструментов и приспособлений у рабочего места, что не только организует работу, но и предохраняет рабочего от несчастных случаев.

20.5. Методы организации ремонта горно-шахтных машин в мастерских и на рудоремонтных заводах

При ремонте машин в мастерских применяют индивидуальный, узловой или поточный методы.

Индивидуальный метод ремонта состоит в закреплении машины за одной ремонтной бригадой, которая выполняет все работы по разборке, ремонту, сборке и испытанию машины.

Недостатки индивидуального метода ремонта: 1) значительный простой машины в течение срока, потребного на ремонт отдельных деталей, а при отсутствии последних - на их изготовление; 2) нерациональное использование высококвалифицированных рабочих, так как каждый слесарь бригады выполняет разнообразные работы, иногда не требующие высокой квалификации.

Узловой метод заключается в том, что машину разбирают на отдельные комплекты (части) или узлы, которые передают **для** ремонтав специализированные бригады. Последние разбирают поступившие к ним комплекты, ремонтируют их, собирают и сдают в отремонтированном и проверенном состоянии на склад мастерских. Сборочная бригада не ожидает получения из ремонта комплектов или узлов именно этой разобранной машины, а ставит готовые соответствующие части из оборотного запаса мастерских.

Преимущество узлового метода перед индивидуальным состоит в рациональном использовании рабочей силы по квалификации и в специализации бригады на ремонте определенных частей, вследствие чего улучшается качество ремонта, сокращается его срок и понижается стоимость.

Поточный метод состоит в полном обезличивании не только узлов, но и деталей машин. Прибывшую в ремонт машину разбирают

на основные узлы, а затем на детали, которые промывают и сортируют. Годные к установке детали отправляют на склад, а детали, требующие ремонта, - в соответствующие цехи, откуда в отремонтированном виде также направляют на склад. Непригодные к ремонту детали идут на лом. Таким образом, при поточном методе машину собирают из обезличенных деталей, поступающих непосредственно на склад.

Такой метод ремонта можно применять лишь при большом числе однотипных машин со взаимозаменяемыми узлами и деталями, которые без всякой пригонки должны устанавливаться на собираемых машинах одного типа и марки. Поточный метод требует обеспечения соответствующих производственных усилий и обязательного соблюдения принципа взаимозаменяемости.

Большое разнообразие типов горных машин, поступающих в ремонт, при ограниченном числе однотипных машин причина того, что в условиях шахты поточный метод не применяется, несмотря на явные преимущества его перед индивидуальным методом. Поэтому для сокращения простоя машин в ремонте следует максимально внедрять метод узлового ремонта, обеспечивая при этом машины одного типа комплектами узлов и запасных деталей. На рудоремонтных заводах и в центральных мастерских районного значения, куда может поступать для ремонта значительное число однотипных машин, целесообразно применять поточный метод ремонта.

20.6. Назначение и харакретистика центральных электромеханических мастерских и рудоремонтных заводов

В связи с ростом механизации процессов добычи угля и руды и внедрением в горную промышленность большого числа новых сложных машин значительно повысилась роль и значение ЦЭММ и РРЗ.

ЦЭММ организуют в каждом комбинате для осуществления централизованного капитального и среднего ремонта оборудования, изготовления запасных частей, металлических изделий, горного и слесарного инструмента, а также несложного индивидуального и несерийного оборудования. Являясь ремонтной базой нескольких шахт, ЦЭММ служат для создания запаса горношахтного оборудования и оказания технической помощи шахтам.

Все сложные работы по монтажу стационарного оборудования выполняют в централизованном порядке ЦЭММ, например, такие:

1) монтаж механического оборудования подъемных машин, копров, вентиляторов, сортировок, компрессоров, насосов, лебедок для уклонов и откаток бесконечным канатом;

2) монтаж подстанций общешахтного значения на поверхности и центральных высоко- и низковольтных подземных подстанций;

3) монтаж электрических линий передачи общешахтного значения.

На открытых разработках центральные ремонтные мастерские обслуживают несколько резервов с некрупным масштабом работ или один большой механизированный разрез и комплекс сопряженных с ним предприятий - дробильную, обогатительную и агломерационную фабрики, развитое складское

хозяйство и пр.

Рудоремонтные заводы находятся в ведении угольных и горнорудных объединений. Это наиболее крупные ремонтные базы в горной промышленности. Назначение РРЗ в основном такое же, как и ЦЭММ, однако их цехи оснащены значительно лучше и обслуживают они весь регион. РРЗ выполняют также заказы капитального строительства.

Большую часть работ по капитальному и среднему ремонту горношахтного оборудования ЦЭММ и РРЗ выполняют в своих цехах и только ремонт подъемных машин, компрессоров, вентиляторов, подстанций и другого стационарного оборудования производят на месте его работы.

Состав оборудования ЦЭММ и РРЗ зависит от масштаба их работы и условий, в которых они находятся. Относительно небольшие ЦЭММ создают при малом масштабе работ и распределении мастерских непосредственно на промышленной площадке обслуживаемых ими предприятий.

20.7. Учет и анализ простоев горного оборудования *

Система учета и анализа простоев оборудования шахт, карьеров и обогатительных фабрик на базе ЕС ЭВМ разработана и внедрена в горнодобывающей промышленности.

Основной целью системы является получение объективной информации о всех случаях отказов и простое для управления технической эксплуатацией оборудования. Данные о простоях оборудования могут быть введены в ЭВМ в ручном режиме или автоматически.

При ручном вводе информации о количестве и длительности простоев диспетчер предприятия в течение смены непрерывно фиксирует остановку оборудования. В специальном журнале диспетчер записывает причину простоя, наработанное машинное время, количество и суммарное время простоев. Сведения о работе оборудования за сутки передается в ИВЦ производственного объединения для дальнейшей обработки и анализа.

При наличии технического обеспечения АСУ ТП на горных предприятиях информация о состоянии оборудования автоматически от датчиков поступает в ЭВМ, накапливается и предварительно обрабатывается в подсистеме АСУ ремонт. Дополнительная информация для анализа полученных данных вводится с помощью видеотерминалов. Вывод информации о работе оборудование и анализ его состояния осуществляется на дисплеи и печатающие устройства.

Для управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования, оценки его технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса необходимо, чтобы содержащие информации и периодичность ее отбора позволяли получить следующие данные.

1. Наработку машинного врмени на отказ, количество отказов и их причины, суммарное время простоев при ликвидации отказов.

2. Суммарный отработанный ресурс оборудования и

* Материал подготовлен доцентом В. И. Холошей.

отдельных узлов.

3. Вывод оборудования и узлов на ремонт, движение и использование оборудования на предприятии.

4. Сроки замены оборудования и узлов, выполнение графика планово-предупредительного ремонта, сроки сдачи в капитальный ремонт, продолжительность капитальных ремонтов, контроль состояния оборудования.

Эти данные позволяют учитывать также трудоемкость и стоимость технического обслуживания и ремонта оборудования, расход запасных частей, материалов и смазочных масел.

Обработка полученных данных на ЭВМ позволяет установить закономерности отказов и их причины, определить с высокой степенью достоверности узлы и детали оборудования с недостаточной долговечностью. Полученные результаты используются технической, энергомеханической службами горного предприятия, а также предприятиями изготовителями оборудования для разработки мер по устранению причин отказов, уменьшению потерь рабочего времени и увеличению эффективности работы горного оборудования.

Сведения о простоях оборудования за смену могут быть представлены в виде таблицы 9. Периодичность обработки таких данных смена, сутки, декада, месяц. По этим данным определяется число простоев, их продолжительность, потери добычи или переработки полезного ископаемого. При анализе потерь рабочего времени от простоев производится сравнение полученных данных с нормативами или производственными данными работы такого оборудования на других участках. В результате анализа потерь рабочего времени разрабатываются мероприятия по сокращению потерь машинного времени работы и добычи.

Потеря добычи определяется по формуле:

$$ДБ = (D_п/T_п)T_В \quad [т],$$

где $D_п$ - плановая производительность в сутки, т; $T_п$ - плановое время работы оборудования, ч; $T_в$ - средняя продолжительность простоя за сутки, ч.

Потеря добычи или переработки полезного ископаемого являются общим показателем, характеризующим качество технического обслуживания и ремонта оборудования и правильность технической эксплуатации.

При анализе выполнения работы по плану ППР данные по оборудованию и узлам могут быть сведены в таблицу 10 и оперативно выведены на дисплей. По этим данным уточняется график ППР и корректируется порядок вывода оборудования на ремонт и проведения мероприятий межремонтного технического обслуживания по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии.

Суммарный ресурс отработанный оборудованием или отдельными узлами при обработке на ЭВМ может быть представлен в виде таблицы 11. Эти данные позволяют прогнозировать остаточный ресурс работы по сравнению с нормативным ресурсом.

Энергомеханическая служба горных предприятий ведет учет и анализ наличия, движения, состояния и использования оборудования. Эта информация необходима для планирования **Мероприятий** технического обслуживания и ремонта исходными

Таблица 9

Сведения о простоях оборудования

Участок	Инвентарный №	Наименование и тип оборудования	Машинное время, мин	Время простоев, мин	Причины отказов
№ 4	330	Конвейер ленточный	80	10	Пробуксовка ленты
			80	41	Отключение эл. энергии
			63	17	Сход ленты
			53	16	Отказ ролика
			276	84	

Таблица 10

Оборудование для вывода на ремонт

Участок	Инвентарный №	Наименование оборудования и узлов	Наработка, ч		±
			по нормативам	фактически	
№ 4	330	Конвейер ленточный	48000	6150	-41850
		Конвейерная лента	15000	6150	-8850
		Ролики	6000	6150	+150

Таблица 11

Ресурс оборудования

Участок	Инвентарный №	Наименование оборудования и узлов	Ресурс, ч	
			фактически	по номативам
№ 4	330	Конвейер ленточный	6150	48000
		" Барабан приводной	6150	36000
		Барабан натяжной	6150	36000
		Электродвигатель	6150	30000
		Редуктор	6150	48000

данными является информация об оборудовании, местах его установки и состоянии. Информация о каждой машине хранится в памяти ЭВМ в виде файлов содержащих: инвентарный номер, наименование и тип оборудования, место установки, состояние оборудования, даты установки и изменения ростояния (рис. 11.108). На основе учета основных средств информация о состоянии оборудования вводится для всех типов машин установленных в производственных подразделениях и хранящихся на складах.

Состояние оборудования характеризуется определениями: монтаж, демонтаж, работа, резерв, ремонт, капитальный ремонт, списано и т. п. Информация о смене состояния оперативно вводится в память ЭВМ с указанием даты и может быть выведена на дисплей или распечатана. Отчет о движении горного оборудования, его состоянии составляется ежемесячно.

20.8. Задачи и дальнейшее совершенствование ремонтных служб горных предприятий

Задача ремонтной службы - обслуживание основного производства. Поэтому все мероприятия по повышению собственно ремонтных показателей оценивают исходя из того, как они улучшают качество обслуживания основного производства. Совершенствование ремонтной службы предполагает: 1) сокращение общего объема ремонтных работ путем повышения культуры эксплуатации и текущего ремонта горного оборудования, а также отличного содержания оборудования; 2) уменьшение трудоемкости и стоимости каждого ремонта; 3) сокращения простоя оборудования из-за ремонта; 4) ускорение оборачиваемости части оборотных средств предприятия, выделяемых для приобретения .запасных частей и материалов; 5) повышение технико-экономических показателей ремонтной службы за счет аттестации рабочих мест.

Сокращение общего объема ремонтных работ достигается плановым проведением мероприятий, которые снижают изнашивание деталей и оборудования и увеличивают межремонтные периоды машин. Эти мероприятия должны охватить прежде всего профилактические работы, выполняемые обслуживающим персоналом. Если машинисты, слесари и электрослесари, обслуживающие и ремонтирующие агрегаты на месте установки, своевременно выполняют работы, предупреждающие нарастание чрезмерного износа машины, это уменьшает простои оборудования и увеличивает гарантию длительной и бесперебойной работы машины.

Обеспечение отличного содержания оборудования требует наличия инструкций для обслуживающего и дежурного персонала на каждую электромеханическую и энергетическую установку. В такой инструкции дается заранее продуманный и разбитый по частям перечень всех работ по осмотру и ремонту: 10 названия узлов машины или частей агрегата; 2) содержание осмотра; 3) неисправности, их признаки и способы обнаружения; 4) перечень работ по устранению неисправностей; 5) специальность и квалификация исполнителя. Полная инструкция состоит из нескольких разделов и включает в себя описание работы: 1) машинистов - ежесменное или ежесуточное; 2) дежурного персонала электрослесаря, электрика, слесаря) - ежесменное или ежесуточное;) ремонтного персонала - в течение одной плановой остановки. Составленные на основании проверенных данных инструкции дисциплинируют обслуживающии персонал, облегчают ему правильное выполнение работ.

В ремонтной практике горного оборудования необходимо шире применять технические условия и типовые карты на ремонт деталей, разборку и сборку машин. В технических условиях излагаются общие требования к ремонту однотипных машин, узлов

и деталей, а также общие нормативы разборки, сборки, испытаний и выверки машин. В отличие от них типовые ремонтные карты составляются на каждую деталь отдельно. Наличие типовых ремонтных карт помогает ремонтному персоналу определять вид, форму и степень повреждений и объем работ по восстановлению деталей. Ремонтные карты позволяют установить общий порядок в соблюдении ремонтных размеров деталей, облегчить пользование техническими условиями на ремонт и повысить качество ремонта.

В практику горного оборудования необходимо решительнее внедрять передовые методы восстановления изношенных деталей (наплавку, вибродуговую наплавку, наплавку твердым сплавом, металлизацию напылением, хромирование, осталивание и др.), позволяющие не только восстанавливать размеры деталей до номинальных, но и повышать их износостойкость.

Следует шире внедрять передовые методы термической и термохимической обработок деталей, упрочнение поверхностей электроискровым способом, поверхностную закалку токами высокой частоты и весьма простой и дешевый способ поверхностной закалки деталей при нагреве газовым пламенем,упрочнение взрывом.

Необходимо значительно больше уделять внимания отделке трущихся поверхностей деталей. Имеется положительный опыт передовых предприятий по окончательной доводке поверхностей на обычных токарных и сверлильных станках с применением специальных приспособлений.

Сократить трудоемкость и стоимость ремонта можно широкой механизацией ремонтных работ. Следует иметь в виду, что попытки "экономить" за счет невыполнения ремонта недопустимы. Ремонт можно и необходимо предупреждать, следует всячески добиваться уменьшения потребности в нем и сокращения расхода на него, но если возникла потребность в ремонте, он должен быть выполнен в объеме, обеспечивающем полное восстановление оборудования и поддержание его технического состояния на надлежащем уровне.

Сокращение простоев оборудования из-за ремонта и монтажа достигается внедрением скоростных методов работы, что подтверждается опытом работы передовых предприятий. Заблаговременная тщательная подготовка к работе, подробный инструктаж исполнителей об объеме и характере работы, наличие и рациональное размещение материалов, инструментов и оборудования не только сокращают простои оборудования из-за ремонта или монтажа, но и уменьшают стоимость ремонта при одновременном повышении заработка исполнителей.

Успешное проведение ремонта и монтажа скоростными методами возможно только при широкой пропаганде таких методов среди исполнителей, бригад и ИТР за выполнение поставленных задач.

Ремонтная служба может рассматриваться как своеобразное самостоятельное производство, имеющее свою определенную программу, план ремонта оборудования, основные средства производства - оборудование ремонтных мастерских.

Основные технико-экономические показатели ремонтной службы:

1) выполнение плана ремонта и монтажа оборудования (в процентах);

2) число неплановых ремонтов, включая и аварийные;

3) простои оборудования в ремонте (в процентах к календарному фонду времени и к отработанному времени);

4) средняя продолжительность выполнения ремонта основных видов оборудования (в календарных сутках);

5) стоимость текущих и капитальных ремонтов и межремонтного обслуживания;

6) стоимость парка запасных частей и заготовок на складе и их оборачиваемость;

7) мощность ремонтных баз и коэффициент использования их оборудования ;

8) степень обеспеченности оборудования альбомами чертежей и типовыми ремонтными картами.

Задачи работников предприятий по производству, ремонту и монтажу горных машин заключаются в повседневном улучшении технико-экономических показателей работы, в разработке и внедрении планов научной организации труда (НОТ). Эти планы составляются по результатам изучения и анализа состояния организации труда на рабочих местах и представляют собой разработку организационных и технических мероприятий, направленных на устранение недостатков в организации труда, улучшение условий труда, снижение затрат рабочего времени на единицу продукции, повышение производительности труда.

Разработка планов НОТ и аттестация рабочих мест осуществляются творческими бригадами под руководством начальников цехов и отделов предприятия, в которые входят рабочие и инженерно-технические работники.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А
Акимова станок 304
Алитирование 198
Анализ спектральный 215
Анионы232
Анодирование 198

Б
База 49
- вспомогательная 50, 55
-, выбор 56, 57
- действительная 49
- измерительная 50
- - скрытая 50
- - черновая (первичная) 55
- - чистовая 55
- - явная 50
- конструкторская 50, 54
- направляющая 50
- опорная 50
- основная 50
- проектная49
- технологическая 50
- установочная 50, 51
Базирование 49, 53-56
Базирования схема 53
Балансировка 296
- вращающихся деталей 294-313
- динамическая 300-314
- - вращающихся тел в подшипниках 311, 312
- -, контроль качества 312
- -, способ максимальных отметок 301-303
- -, - обхода грузом 303, 304
- -, способы 301-311
- статическая 296
- -, контроль 299
дисках или роликах 298
призмах 296
Безотказность 175

В
Вал 103
- гладкий, обработка 104-106
-, отделка 110-113
- ступенчатый, обработка 106-108
- тяжелый, обработка 108-110
установка и выверка 285-287
Взаимозаменяемости принцип 381
Взаимозаменяемость полная 277
Восстановление деталей механической обработкой 243-248
- - наплавкой вибродуговой 225
твердыми сплавами 226
- электрической обработкой 248-254
- - электролитическим покрытием 132-241
Воронение 198
Время калькуляционное 19
- подготовительно-заключительное 19
- штучное 19
Втулка 103
Втулки, обработка 121-124
Выкрашивание (питтинг) 191
Выход по току 233
Вязкость динамическая 339
- кинематическая 339
- условная 340

Г
Гамма-дефектоскопия 212
Головки делительные 71
График сетевой ремонта 364

Движение (элемент приема) 10
Детали, мойка 206-208
-типовые 103, 104
—, технология производства 103-138
Деталь 6
-, измерение 209
-, контроль 209
Дефектации способы 209-215
Дефектация 208
Дефектоскопия гамма-212
- магнитоакустическая 211
методы 210-215
- рентгеновская 211
- ультразвуковая 210
- электромагнитная 212
Дисбаланс 295, 296, 299, 307, 308, 309
Диск 103
Диски, обработка 120
Документация технологическая 24
Долговечность 101, 176
Дорнование 119

Ж
Жесткость системы СПИД 83

З
Заводы горного машиностроения 5
-, производственный состав 15
Заготовка, выбор 28, 35, 36
- для зубчатых колес 34

- из металлокерамики 34
- - пластмасс34
- - поковок 29
- - проката 29
- исходная 28
- комбинированная 34
- литая 32
-, предварительная обработка
- . стоимость 35, 36
- черновая 28
- штампованная 30
Заедания устранение 205
Зажимы 61-64
- винтовые 61
- гидравлические 63
- гидропластные 63
- клиновые 62
- магнитные и электромагнитные 63
- механические 63
- пневматические 63
- эксцентриковые 62
Зазор боковой и радиальный между зубьями, проверка 288
Закон нормального распределения 78, 79
Закрепление заготовки 54
Зубчатые колеса 139
- -, долбление гребенкой 146
- -, - резцовыми головками 143
- -, изнашивание 191-193
- - конические, нарезание 147-150
- методы нарезания 141-150
- накатывание зубьев 146
- -, нарезание круглыми долбяками 145,146
- -, - фрезами 142, 143, 144
- -, обработка 140-159
- -, протягивание 144
- передачи, проверка на краску 292

И
Изделие 6
Измерения способ абсолютный 209
- - относительный210
Изнашивание абразивное 179
- гидроабразивное 195
- зубчатых колес 191-193
- машин и оборудования 174-203
-, методы замедления 202, 203
-, - определения 199-202
- подшипников качения 189-191
- - скольжения, зазоры 187, 188
- трением второго рода 179
- - первого рода 179
- - химическое и электрохимическое 196-198
- цилиндров, поршней, поршневых колец 193-195
Изнашивания коэффициент 193
Износ, виды 176
- естественный (нормальный) 176
- инструмента 85, 86
- механический 178-196
- окислительный 180
- преждевременный (аварийный) 176
- -, причины 176
Интервалы ремонтные 245
Испытание оболочек на взрывобезопасность 272
Испытания машин 334-338
- - врубовых и комбайнов 338
- - электрических 335
-редукторов 336

К
Карта изменений 25
- маршрутная 24, 25
- операционная 24
- сводная технологического процесса 25, 26
- согласования обработки 25
- технологического контроля 25
- эскизов 24
Катионы 232
Ковка, методы 31
Комплект 6
Комплекс 6
Кондукторы 70,71
- кантуемые 71
- накладные 71
Контроль активный , средства 78
- деталей 209
- обработки зубчатых колес 153-155
Копирования метод 141
Коррозия 196
-, методы защиты 197, 198
- химическая 197
- электрохимическая 197
Коэффициент изнашивания 193
- режима 312, 313
- трения 193

Л
Литья методы 33
Люнеты неподвижные 69, 104
- подвижные 69

M
Макронеровности 94, 95

Масла для паровых машин 344
- индустриальные 342, 343
- компрессорные 343
- моторные 344
- смазочные 338, 339
- -, выбор 342, 344, 345
- -, свойства 339-342
- трансмиссионные 344
- трансформаторные 344
- турбинные343
Масло, оценка качества 352
-, сбор, хранение, фильтрация 350-352
Масляное хозяйство 349-353
- -, организация 349
Материалы смазочные 338, 339
- -, расчет количества 347-349
Меднение 240
- в электролите кислом 240
основном 241
пирофосфорном241
Место рабочее 7
—, организация 380
Металлизация плазменная 253
Металлоемкость 101
Метод весовой 371
- нормативной трудоемкости 371
- ремонта индивидуальный 380
- - поточный 381
- - узловой 380
- ценностный 369-371
Микронеровности 94, 95
Мойка деталей 206-208
Монтаж механизированных комплексов в шахтах 333, 334
- оборудования 314-338
- -, общие принципы 314, 315
- подъемной машины 324-333
- поршневого компрессора 321-326
- ротационных машин 319-321
Мощность дуги эффективная тепловая 218

Н

Нагрев ТВЧ 248
Надежность эксплуатационная 101, 175
Наращивание деталей электроискровое 251
Неуравновешенность, виды 294-

- динамическая 295
-, общий случай 295
- скрытая 297
- статическая 294
- явная 296
Никелирование 241
Норма времени 17
- выработка 17
- -, упрощенные методы определения 21
Нормирование техническое 17, 19
- -, метод аналитический 18
- -, - опытно-статистический 18
- - суммарно-сравнительный 19

О

Обжатие ротационное 112
Обкатка зубьев 151
Откатки метод 141
Оборудование, расстановка в мастерских 378-380
-, сдача в ремонт 364, 365
Обработка анодно-механическая 248-250
- валов 104-114
- - гладких 104-106
- -, примеры 113, 114
- - ступенчатых 106-108
- - тяжелых 108-110
- втулок 121-124
- - из пластмасс 124
прутка 121
трубы 121
- - конических 124
- - металлокерамических 124
- - небольших партий 122
- - цилиндрических из литой заготовки 123
- групповая 15
- дисков 120
- зубчатых колес 140
- корпусов 133-139
- -, плоских поверхностей 135
- окончательная, выбор баз 57
- отверстий 114-120
- плазменная 251-254
- плоскостей 124-133
- - строганием 124-127
- - фрезерованием 127-131
- предварительная, выбор баз 56, 57
- резьбовых и винтовых поверхностей 163-172
- ультразвуковая 254
- шлицевых соединений 161-163
- шпоночных пазов 159-161
- электроискровая 250-252
Оксидирование 198, 242
Операция технологическая 7, 8
Опоры вспомогательные 60
- основнные 60
Оправки жесткие 68
- консольные 68
- конусные 68

- концевые 72
- разжимные 68, 69
- центровые 68, 72
- цилиндрические 69
- шлицевые 69
Определитель работ 364
Осмотр наружный 209
Осталивание (железнение) 237
Отверстие глубокое 114
- глухое 114
- ступенчатое 114
- шлицевое 114
Отделка валов 110-113
- зубьев закаленных 151
- - незакаленных 150
- плоскостей 131-133
Отказ 175
Отклонение среднеквадратичное 79
Отход заготовительный 28
- технологический 28
Оцинковка 198

П

Партия деталей 19, 78-81
Паспортизация оборудования 361
Пасты ГОИ 246
Патроны 70,72
Пенетрация 346
Переход вспомогательный 8
- технологический 8
Питтинг (выкрашивание) 191
Планирование ремонта перспективное 362
- - сетевое 362, 363
, пример 363, 364
- - текущее (оперативное) 362
Планшайбы 70
Поверхности волнистые 95
- свободные 48
- шероховатые 95
Погрешность базирования 76
- деформации системы СПИД 83
- закрепления 76
- измерения 82
- настройки 75
- обработки 75
- положения заготовки 77
- систематическая74
- - закономерно изменяющаяся 74
- - постоянная 74
- случайная 74
- станка, приспособлений, инструмента 82
- суммарная 87, 88
- температурных деформаций 86, 87
- установки детали 75
Податливость упругой системы 84
Подшипники, изнашивание 187-191
Позиция 8
Покрытие хромом гладким 233
- - пористым 237
Поле рассеивания (размаз распределения) 79
Полирование 112
Правило шести точек 53
Прием рабочий 10
Приема элемент (движение) 10
Припуск на обработку 43
- общий 43
- операционный 43
- -, определение 44-46
- -, опытно-статистический метод 46
- -, -, расчетно-аналитический метод 46-49
Приспособления 57
- вспомогательные 71, 72
- для захвата, перемещения и перевертывания 58
- - сверлильных станков 70
- - токарных станков 65
- - установки и закрепления рабочего инструмента 58
- - фрезерных станков 71
- контрольные 58
- корпус 64
- -, последовательность разработки 73
- соорочные58
- специализированные 58
- специальные 58, 70, 72
- станочные 57
- универсальные 58, 71
- -, системы 59
-, экономическая целесообразность 59, 60
-, элементы 60-65
-, - зажимные 61-64
-, - направляющие64
- установочные 60,61
Притирка 112, 117, 153
Проба 213
Производство единичное|I3j -массовое^тП V/' серийное i121
Протягивание 110, 115, 131
Процесс вспомогательный 7
- производственный 7
- технологический 7
- - единичный 22
- -, описание маршрутное 22
- -, - маршрутно-операционное

22
- - операционное 22
- - перспективный 22
- -, проектирование 22-24, 56
- - рабочий 22
- -, типизация 14
- - типовой 22
Прошивание 116

Р
Работа вспомогательная^
- заключительная 17
- машинная 17
- машинно-ручная 17
- основная 16
- подготовительная 17
Рабочего места организация 380
Разборка машины 204
Развертывание 115
Размеры ремонтные 243
- - свободные 243
- - стандартные 243
Разрушение, виды 177
-вязкое 177
- усталостное 177
- хрупкое 177
Раскатывание роликами 119
Растачивание 115
- основных отверстий корпусов 136-138
- тонкое 116
Режима коэффициент 312, 313
Резьба крепежная 163
- - коническая 163
- - цилиндрическая 163
дюймовая 163
круглая163
метрическая 163
трубная 163
часовая163
-, нарезание внутренних резьб169
-, пластическим деформированием 170-172
-, - - наружных резьб 165
-, вихревое 167
-, накатыванием 169
-, резцами и гребенками 165
-, фрезерованием 166
-, шлифованием 168
-, способы нарезания 164
- ходовая 163
- - трапециедальная 163
- - упорная 163
Ремонт 173
- аварийный 357
- валов 257, 258
- восстановительный 357
- деталей пусковой и распределительной аппаратуры
- добавочными деталями 246
- зубчатых колес и шкивов 255
- капитальный 356
- клеянием 242
- колекторов и щеткодержателей 270
- корпусов 259
- металлизацией напылением 229
, нанесение покрытия 231
, обкатка после металлизации 232
, подготовка поверхности 231
, проволока231
, свойства покрытий 230
- подшипников качения 257
- - скольжения 256
- поршневых колец и поршней 260
- резьб 258
- сваркой 216-225
- средний 356
- текущий 356
- трансформаторов 269
- химической обработкой 241
- цилиндров 259
- шлицевых соединений 258
- шпоночных пазов 258
- электрических машин 261-272
, роторов и якорей 264-267
, статоров 261-264
Ремонта виды 356, 357
- длительность 358, 359
- организация 353-366
- -, методы 380, 381
- -, системы 353-355
- подготовка и планирование 361-364
- - конструкторская 204
- - технологическая 204
- примеры 255-261
- трудоемкость 372-377
- этапы 204
Ремонтное обслуживание карьеров 359, 361
Ремонтные средства 366-384
- - наземные 367-369
, расчет на ЭЦВМ 371, 378
, - потребности 369
- - подземные 366, 367
Ремонтный цикл 358
- -, структура 358, 360, 361
Ремонтных служб показатели 384
- - совершенствование 382-384
Ремонтопригодность 101, 176

Ресурс 176
- межремонтный 176

С
Сборка деталей и узлов, виды 277-279
- и выверка валов 285-287
зубчатых передач 287-292
конических 291
цилиндрических 287-291
червячных передач 292-294
- машин 272-294
- неподвижных соединений 279-282
, запрессовка 281
на болтах и шпильках 282
с охлаждением вала 280
разогревом отверстия 280
- общая 273
- подшипников 282
- - качения 283
- - скольжения 282
- селективная 277
- с компенсаторами 278
- - подбором деталей 278
- - полной взаимозаменяемостью 277
- - пригонкой деталей по месту 279
- стационарная 273
- стационарная поточная 274
, нормирование 275-277
, организационные формы 273
, такт 274
-, технологический процесс 273, 274-277
- узловая 273
Сборочная единица 6, 205
Сварка, виды работ 216
-, подготовка 216
- под флюсом 222-224
автоматическая 223
диффузионная в вакууме 224
полуавтоматическая 222
- сталей 219
- холодная и горячая 218
- чугунов 220
- - горячая 221
- - холодная 220
- электроды 217
Сверление 114
Сдача в ремонт 364, 365
Себестоимость 27
Сетевой график ремонта 364
Система СПИД, жесткость 83-85
Слой поверхностный, изменения при обработке 99
Смазка машин 338-353
Смазки пластичные 345-34?
- -, выбор 346
- маркировка 345
Солидолы 345, 346
Спецификация оснастки 25
Списание оборудования 365
Сплавы твердые 226-228
- - литые 227
- - металлокерамические 227
- - способы наплавки 228
- трубчатые 228
Средства ремонтные 366-384
- - наземные 367-369
, расчет на ЭЦВМ 371-378
, - потребности 369
- - подземные 366, 367
Срок службы 176
- - межремонтный 176
Стандартизация 102, 103
Станки балансировочные 304-311
Станкоемкость 17
- расчетная 17
- фактическая 17
Станок Акимова 304, 305
Столы поворотные 72
Суперфиниширование 112

Т
Такт сборки 274
Технологический процесс сборки 273
Технологичность конструкции 100-103
- -, показатели 101
Тиски машинные 71
Точка опорная 53
Точность обработки 74, 75, 88-90
- - достижимая 89
- -, метод опытно-статистический 78-82
- -, - расчетно-аналитический 82, 83
- -, способы достижения 77, 78
- - экономическая 89, 90
Трение граничное 184
- жидкостное 181-183
- полужидкостное 183, 184
- полусухое 184
- сухое 184
Трения коэффициент 193
Трудоемкость 17, 101, 102
- ремонтов оборудования 372-377
- расчетная 17
- фактическая 17

У
Узел (см. Сборочная единица) 205
Узлы взаимозаменяемые 277
Унификация 102, 103
Установ 8
Установка деталей 51
- - в стандартизованных приспособлениях 52
- - непосредственно на станке 51
- - при помощи специальных приспособлений 52
Устройства поводковые 67

Ф
Фреза модульная дисковая 142
- - пальцевая 143
Фрезерование непрерывное 130
- параллельное 130
- параллельно-последовательное 130
- позиционное 130
- последовательное 130
- тонкое 110
Фундамент машины 315-319
-, проверка 315-318
-, - на опрокидывание 318
-, - - резонанс 317
-, - размеров 316, 317
-, устройство 318, 319

Х
Ход вспомогательный 10
- рабочий 10
Хон 117
Хонингование 111, 117
Хромирование осадка 236
- - блестящие 236
- - молочные 236
- - серые 236

Центр 65
Цепь размерная 90
- ветвь замыкающая 91
- - основная 91
- звено замыкающее 90
- - уменьшающее 90
- - увеличивающее 90
- -, звенья 90
- - линейная 90
- - плоскостная 90
- - простая 90
- - пространственная 90
- -, расчет 92-94
- - сложная 90
Цикл ремонтный 358
- -, структура 358, 360, 361
ЦЭММ характеристика 381

Ч
Частость 78, 80
Червяки, изготовление 155-157
Червячные колеса, изготовление 157-159
Чертеж детали 24

Ш
Шабрение 133
Шевер дисковый 150
- плоский 150
Шевингование зубьев 150
Шерардизация 198
Шероховатость поверхности 95
- -, влияние технологических факторов 97-99
- -, назначение (выбор) 100
- оценка 96, 97
- -, параметры 96, 97
Шлифование 110
- внутреннее 116
- зубьев 151-153
- плоскостей 131-133
- - периферией круга 132
- - торцом круга 131
- поперечной подачей 110
- продольной подачей 110
- установленным кругом 111
Шлицевые соединения, обработка 159-161
Штамповка в закрытых штампах 30
методы 31
- облойная 30
Шум в машинах 314

Э
Эквивалент электрохимический 232
Электроды для износостойкого покрытия 228
- - ремонта сваркой 217
Электролиз 232
Эскиз операционный 24

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин. - М.: Высш. шк., 1981.-344 с.
2. Государственные стандарты Союза ССР. Смазки: В 2 ч. - М.: Изд-во стандартов, 1982.-510 с.
3. Горовой А. И. Справочник по горнотранспортным машинам непрерывного действия. - М.: Недра, 1982. -192 с.
4. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. /Под ред. В.Д. Мягкова. - 5-е изд. - Машиностроение, 1978.-1032 с.
5. Лавриненко М.З. Технология машиностроения и техн ческие основы автоматизации. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1982.-320 с.
6. Негруцкий Б.Ф. Интенсификация монтажа оборудования угольных шахт. - М.: Недра, 1983.-321 с.
7. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. - К.; Вища шк. Головное изд-во, 1985.-255 с.
8. Русихин В. И. Эксплуатация и ремонт механического оборудования карьеров. - М.: Недра, 1982.-214 с.
9. Солод В. И., Русихин В. И. и др. Технология машиностроение и ремонт горных машин. М.: Недра, 1986.-422 с.
10. Справочник технолога машиностроителя. Т. 1, 2., М.: Машиностроение, 4-е изд. 1985.-393 с.
11. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора - Л.: Машиностроение, 1983.-464 с.
12. Шилов П.М. Технология производства и ремонт горных машин. - 2-е изд. К.: Вища шк. 1986.-398 с.
13. Шилов П.М., Дидык Р. П., Метелин Е. П. Технология горного машиностроения - М.: Машиностроение, 1986.-224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

ЧАСТЬ I. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ 5

Введение 5

Глава I. Технология производства горных машин и комплексов. Основные понятия 7

1.1. Производственный, технологический и вспомогательный процессы в машиностроении 7
1.2. Структура технологического процесса 8
1.3. Типы производств 12
1.4. Типовые технологические процессы и групповая обработка 16
1.5. Производственный состав машиностроительных и рудоремонтных заводов 17
1.6. Технико-экономический анализ технологического процесса машиностроительного производства 18
1.7. Понятие о техническом нормировании в машиностроительном производстве 20
1.8. Последовательность разработки технологического процесса производства изделий 25
1.9. Технологическая документация 28
1.10. Определение экономически оптимального варианта процесса изготовления детали 29

Глава 2. Выбор заготовок. Припуски на обработку 32

2.1. Общие сведения 32
2.2. Виды заготовок 33
2.3. Выбор способа получения заготовки 40
2.4. Предварительная обработка заготовок 41
2.5. Припуски на обработку 49
2.6. Определение операционных (переходных) припусков и допусков на них 50
2.7. Опытно-статистический и расчетно-аналитический методы определения припусков на обработку 52

Глава 3. Базирование детали и виды приспособлений, применяемых при механической обработке 56

3.1. Основные понятия 56
3.2. Виды установки деталей 58
3.3. Базирование и закрепление заготовки 60
3.4. Выбор черновых и чистовых баз 64
3.5. Классификация приспособлений, применяемых при механической обработке 65
3.6. Элементы приспособлений 68
3.7. Приспособления для механической обработки на металлорежущих станках 74
3.8. Последовательность разработки приспособления 82

Глава 4. Точность механической обработки 84

4.1. Основные сведения 84
4.2. Виды погрешностей изготовления деталей 84
4.3. Опытно-статистический метод установления точности обработки 87
4.4. Расчетно-аналитический метод установления точности обработки 92
4.5. Жесткость технологической системы 94
4.6. Размерный износ инструмента 96
4.7. Погрешности, вызываемые температурными деформациями 97
4.8. Определение суммарной погрешности обработки 98
4.9. Точность при различных способах обработки 99
4.10. Образование размеров деталей при механической обработке. Анализ размерных цепей 101

Глава 5. Качество обработанной поверхности 105

5.1. Общие сведения 105
5.2. Оценка шероховатости поверхности 107
5.3. Влияние технологических факторов на шероховатость поверхности 108
5.4. Физические изменения поверхностного слоя 110
5.5. Назначение шероховатости поверхности для различных соединений 111
5.6. Технологичность конструкций машин и их деталей 112

Глава 6. Технология производства типовых деталей . . . 114

6.1. Технологическая характеристика деталей, имеющих форму тел вращения 114
6.2. Обработка гладких и ступенчатых валов 116
6.3. Обработка тяжелых валов 119
6.4. Способы отделки наружных поверхностей вращения . . . 121
6.5. Примеры обработки деталей горных машин типа валов . 125
6.6. Обработка отверстий 126
6.7. Обработка деталей типа дисков 132
6.8. Обработка деталей типа втулок 132
6.9. Обработка плоскостей строганием 137
6.10. Обработка плоскостей фрезерованием 139
6.11. Отделочные операции при обработке плоских поверхностей 143
6.12. Основные требования, предъявляемые к обработке корпусных деталей 146
6.13. Механическая обработка корпусов 147

Глава 7. Технология производства зубчатых колес 151

7.1. Общие сведения 151
7.2. Обработка заготовок зубчатых колес под нарезание зубьев 152
7.3. Методы нарезания зубьев зубчатых колес 154
7.4. Нарезание зубьев цилиндрических колес методом копирования 155
7.5. Нарезание зубьев цилиндрических колес методом обкатки 157
7.6. Нарезание конических колес 160
7.7. Отделочная работа зубьев 164

7.8. Контроль обработки зубчатых колес 167
7.9. Изготовление цилиндрических и глобоидных червяков . . 169
7.10. Изготовление червячных колес 171

Глава 8. Обработка шпоночных пазов и шлицевых соединени 174

8.1. Обработка шпоночных пазов 174

8.2. Обработка шлицевых соединений 175

Глааа 9. Обработка резьбовых и винтовых поверхностей . 178

9.1. Общие сведения 178
9.2. Нарезание наружных резьб 179
9.3. Нарезание резьбы вращающимися резцами 182
9.4. Шлифование резьб 183
9.5. Накатывание резьб 184
9.6. Нарезание внутренних резьб 184
9.7. Образование внутренних резьб пластическим деформированием 185
Глава 10. Обработка деталей с применением станков с программным управлением и роботов 187

10.1. Общие сведения 187
10.2. Общие сведения о промышленных роботах и системах управления ими 192
10.3. Особенности проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ 194
10.4. Выбор технологической оснастки 196
10.5. Установление режимов резания и нормы времени 199
10.6. Технологическая переработка чертежей и расчет координат 201
10.7. Способы представления программ и кодирование информации 204
10.8. Разработка управляющих программ для токарных станков. 209
10.9. Автоматизированная подготовка программ 216
10.10 Проектирование технологических процессов в условиях гибких производственных систем 219

ЧАСТЬ II. РЕМОНТ И МОНТАЖ ГОРНЫХ МАШИН ЮБОРУДОВАНИЯ 221

ГЛава 11. Изнашивание машин и оборудования 221

11.1. Основные понятия и определения 221
11.2. Механическое изнашивание 224
11.3. Влияние смазки на изнашивание соединения 227
11.4. Поступательное движение смазанных деталей с наклонными поверхностями 231
11.5. Зазоры, допускаемые при изнашивании подшипников скольжения 234
11.6. Изнашивание подшипников. Расчет срока службы подшипников 236
11.7. Изнашивание зубчатых колес 238
11.8. Изнашивание цилиндров, поршней и поршневых колец . . 240
11.9. Гидроабразивное изнашивание деталей горного оборудования 242

11.10 Химическое и электрохимическое изнашивание металлических деталей 243
11.11. Методы определения износа и неисправностей в машинах 245
11.12. Мероприятия по замедлению изнашивания деталей машин 249

Глава 12. Подготовка машин к ремонту 251

12.1. Общие сведения 251
12.2. Разборка машины 251
12.3. Мойка деталей 253
12.4. Дефектация и маркирование деталей 255
12.5. Способы дефектации деталей 255

Глава 13. Технология ремонта основных деталей горных машин и оборудования 262

13.1. Способы восстановления изношенных деталей . . 262
13.2. Ремонт деталей горного оборудования сваркой . . 262
13.3. Механизированная наплавка и сварка под слоем флюса 269
13.4. Восстановление деталей вибродуговой наплавкой . . 271
13.5. Восстановление деталей наплавкой твердыми сплавами 273
13.6. Ремонт деталей металлизацией напылением . . 276
13.7. Восстановление деталей электролитическим покрытием 279
13.8. Ремонт деталей химической обработкой 289
13.9. Применение клея для ремонта деталей 289
13.10. Восстановление изношенных деталей механической обработкой 290
13.11. Восстановление деталей электрическими способами обработки металлов 295
13.12. Ультразвуковой способ обработки деталей . . 301
13.13. Примеры ремонта деталей горного оборудования . . 303

Глава 14. Ремонт электрических машин и аппаратов 308

14.1. Общие сведения 308
14.2. Ремонт статорных обмоток машин переменного тока . . . 309
14.3. Ремонт роторных и якорных обмоток 311
14.4. Пропитка и сушка обмоток 312
14.5. Ремонт трансформаторов 314
14.6. Ремонт коллекторов и щеткодержателей 317
14.7. Ремонт деталей пусковой и распределительной аппаратуры 318
14.8. Испытание оболочек на взрывобезопасность 319

Глава 15. Сборка машин 320

15.1. Общие сведения 320
15.2. Разработка технологического процесса сборки машин . 322
15.3. Виды сборки деталей и узлов 324
15.4. Влияние температурного режима на величину натягов и зазоров при сборке 327
15.5. Сборка неподвижных соединений 327

15.6. Сборка подшипников 331
15.7. Установка и выверка валов 334
15.8. Сборка и выверка передач зубчатыми колесами 335
15.9. Сборка и выверка червячных передач 341

Глава 16. Балансировка вращающихся деталей и узлов . . . 343

16.1. Общие сведения 343
16.2. Виды неуравновешенности 343
16.3. Статическая балансировка 345
16.4. Динамическая балансировка 349
16.5. Способы динамической балансировки 351
16.6. Балансировка вращающихся тел в подшипниках 361
16.7. Контроль качества динамической балансировки 363
16.8. Оценка шумов, производимых машинами 364

Глава 17. Монтаж горного оборудования 365

17.1. Общие принципы монтажа оборудования 365
17.2. Проверка фундамента 365
17.3. Устройство фундамента 368
17.4. Монтаж и выверка ротационных машин 370
17.5. Монтаж поршневого компрессора 372
17.6. Монтаж подъемной машины 377
17.7. Монтаж механизированных комплексов в подземных выработках шахт 383
17.8. Испытания машин после сборки и монтажа 384

Глава 18. Смазка машин 388

18.1. Основные сведения о смазочных материалах 388
18.2. Физико-химические свойства смазочных масел 389
18.3. Выбор смазочных масел 392
18.4. Пластичные смазки 395
18.5. Расчет потребного количества смазочных материалов . . 397
18.6. Масляное хозяйство горных предприятий 399

Глава 19. Организация ремонта горных машин и оборудования 404

19.1. Особенности системы организации обслуживания и ремонта горного оборудования 404
19.2. Виды ремонта горного оборудования 406
19.3. Наладка и ревизия стационарного оборудования 408
19.4. Межремонтные периоды работы шахтного оборудования . 408
19.5. Длительность ремонта оборудования 409
19.6. Особенности обслуживания и ремонта оборудования карьеров и разрезов 409
19.7. Подготовка и планирование ремонтных работ 411
19.8. Сдача в ремонт и приемка отремонтированного оборудования 415
19.9. Порядок списания оборудования, пришедшего в негодность 416

Глава 20. Ремонтные средства горных предприятий 416

20.1. Подземные ремонтные средства шахты 416

20.2. Ремонтные мастерские на поверхности шахт и рудников 418
20.3. Расчет ремонтных мастерских предприятий 420
20.4. Выбор оборудования и его расстановка в ремонтных мастерских 423
20.5. Методы организации ремонта горно-шахтных машин в мастерских и на рудоремонтных заводах 425
20.6. Назначение и характеристика центральных электромеханических мастерских и рудоремонтных заводов . 426
20.7. Учет и анализ простоев горного оборудования 427
20.8. Задачи и дальнейшее совершенствование ремонтных служб горных предприятий 430

Предметный указатель 433

Список рекомендуемой литературы 440

Д'|дик Р.П., Забара В.М.,|Шилов П.М.1

Д44 Технолопя виробництва та ремонт прничих машин: Пщручник.-Джпропетровськ:Пороги, 1996.-440 с.

ISBN 966-525-015-9

Розглянуп основи технологи виробництва, ремонту, монтажу прничих машин та обладнання для шахт, Кар'epiB і збагачувальних фабрик. Наведет комплексы технолопчн! процеси механжчного оброб1тку типових деталей прничих машин. На вщмшу вщ попереджх видань до третього включен! елементи проектування технолопчних процеав для станюв з ЧПУ і викладеж принципи програмування для р1зних тиш'в верстатного обладнання. Розглянут1 технолопчжсть прничих машин та деталей, елемент!в технолоп'чного нормування, складання та монтажу прничих машин і комплексов. Викладен!' заходи nofliamocTH4i, тдготовц|" машин і комплексов до ремонту, сучасж методи вщновлення зношених деталей. Подана в тдручнику орган1зац1я ремонту та обслуговування прничих машин і обладнання включае НОВ! BiflOMOcTi з автоматизацнуправлшня ремонтом на прничих шдприемствах.

Для студент прничих вуз!в та факультелв.

2501000000-031
96

ББК 34.7