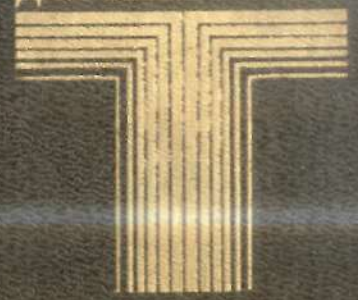
ЛЕГПРОМБЫТИЗДАТ

М.И. Худых. РЕМОНТ И МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ



М.И. Худых

РЕМОНТ И МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

М.И. Худых

РЕМОНТ И МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Издание третье, переработанное и дополненное

Допущено Министерством легкой промышленности в качестве учебного пособия для средних специальных учебных заведений легкой промышленности

Москва
Легпромбытиздат
1987

677.05
ББК 37.2
Х 98
УДК 67.05.002.72.004.67 (075.32)

Рецензенты: *В. А. Зикеев* (Минлегпром), *В. Б. Дегтярев* (Вышневолоцкий механико-технологический техникум)

УК 1819
Библиотека
ТИТЛП

Худых М. И.

Х 98 Ремонт и монтаж оборудования текстильной и легкой промышленности: Учеб. пособие для средн. специальных учеб. заведений легкой пром-сти. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Легпромбытиздат, 1987. — 304 с.

Даны основы технологии и организации ремонта оборудования, а также монтажа машин. Описаны виды неисправностей машин и отдельных деталей, способы их выявления. Рассмотрены современные методы восстановления деталей, сборки узлов и машин.

По сравнению со вторым изданием (1974 г.) учтены изменения, происшедшие в технологии ремонта и монтажа оборудования.

Х $\frac{3101020000-065}{044(01)-87}$ 65—87 ББК 37.2

© Издательство «Легкая индустрия», 1974.
© Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание», 1987, с изменениями.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На XXVII съезде перед легкой промышленностью была поставлена задача — обеспечить выпуск высококачественной разнообразной продукции, пользующейся спросом. Эта задача решается путем повышения темпов и эффективности развития экономики отрасли на базе ускорения научно-технического прогресса, перевооружения и реконструкции производства, интенсивного использования созданного производственного потенциала, совершенствования системы управления хозяйственным механизмом.

Как известно, эффективность производства во многом зависит от состояния оборудования. Работоспособность парка машин поддерживается с помощью системы ремонта и технического обслуживания, основанной на принципе планомерного проведения профилактических мероприятий, предупреждающих возникновение разладок в машинах, возрастающий износ и поломку их деталей и узлов. Такая система ремонта и ухода называется планово-предупредительной.

Из-за недостаточной надежности и долговечности оборудования объем работ по его ремонту и уходу за ним очень велик. Так, весь парк машин текстильной промышленности 2—3 раза в году подвергается среднему ремонту и почти одна четверть, а в некоторых производствах до половины всего оборудования, ежегодно проходит капитальный ремонт. На проведение таких работ затрачивается много времени и труда, большое количество разнообразных конструкционных материалов, запасных частей, инструментов и значительные денежные средства.

Ремонтными работами занято очень большое количество ремонтников, механиков, слесарей, станочников, кузнецов, сварщиков и рабочих других специальностей.

В ремонте оборудования участвуют центральные или цеховые мастерские, а также заводы, изготовляющие запасные части для машин. Большой штат рабочих занят уходом за машинами и их техническим обслуживанием (смазчики, чистильщики, слесари, электрики и др.).

Снижение затрат времени на ремонт и техническое обслуживание оборудования, а также сокращение простоев машин достигаются путем использования прогрессивной технологии и рациональной организации труда.

В связи с изложенным становится понятной необходимость изучения дисциплины «Ремонт и монтаж технологического оборудования», предусмотренной учебным планом для техникумов текстильной и легкой промышленности.

Несмотря на большое разнообразие оборудования, которым оснащены предприятия различных отраслей текстильной и легкой промышленности, существуют общие основы технологии и организации его ремонта. Изучив эти основы, можно затем в необходимых подробностях изучить технологию и организацию ремонта оборудования отдельных отраслей.

ГЛАВА 1

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИН И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Техническое состояние машины характеризуется совокупностью значений ее основных параметров. К ним относятся: производительность, качество выпускаемой продукции, потребляемая энергия, безотказность, экономный расход сырья, точность работы механизмов и узлов, их износостойкость, прочность и др. Каждый из этих параметров в ходе эксплуатации должен находиться в пределах, указанных в технической документации на машину (паспорт, технические условия и требования, стандарты и др.).

В процессе длительной эксплуатации машины ее параметры постепенно ухудшаются, главным образом из-за износа, остаточных деформаций, поломок и коррозии деталей, узлов и механизмов. Машина, техническое состояние которой заметно ухудшилось, подлежит ремонту с целью восстановления ее функций. Безотказная длительная работа машины обеспечивается прежде всего надежностью и долговечностью ее деталей, узлов и механизмов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИН

Термины. ГОСТ 27.002—83 определяет термины надежности, основные из которых приведены ниже.

Надежность — есть свойство объекта (машины, механизма, узла, детали) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения, транспортирования.

Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетаний свойств (долговечность, ремонтопригодность и др.).

Долговечность — свойство объекта сохранить работоспособное состояние до наступления предельного состояния при

установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Срок службы — календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

Технический ресурс — наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

Ремонтопригодность — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтопригодность представляет собой совокупность технологичности при техническом обслуживании и ремонтной технологичности объекта. Важнейшими показателями технологичности являются доступность, легкосъемность, контролепригодность и взаимозаменяемость деталей и узлов машины.

Работоспособное состояние (работоспособность) — состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

Неисправное состояние — состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и конструкторской документации.

Отказ — событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Это признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической и конструкторской документации.

Предельное состояние — состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Признаки (критерии) предельного состояния устанавливаются нормативно-технической документацией на данный объект.

Наработка — продолжительность или объем работы объекта. Объект может работать непрерывно (за исключением вынужденных перерывов, обусловленных возникновением отказа и ремонтом) или с перерывами, не обусловленными изменением технического состояния объекта. Различают непрерывную и суммарную наработку. Измеряют наработку в единицах времени или объема выполненной работы (например, в килограммах пряжи и т. п.). Наработку объекта наблюдают от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа, а для восстанавливаемых объектов также между отказами, т. е. наработку объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа.

Важными показателями надежности объекта (машины) являются коэффициент ее готовности ($K_г$) и коэффициент технического использования ($K_{т.и}$). Коэффициент готовности характеризует вероятность того, что машина находится в работоспособном состоянии в произвольный момент в промежутках между плановыми процессами восстановления, и определяется по формуле

$$K_г = T/(T + T_в),$$

где T — время исправной работы; $T_в$ — время восстановления.

Коэффициент технического использования показывает долю, которую составляет время безотказной работы машины от суммарного времени, расходуемого на исправную работу, процессы восстановления и профилактики ($T_п$), вызванные одним отказом:

$$K_{т.и} = T/(T + T_в + T_п).$$

Коэффициент $K_{т.и}$ численно характеризует вероятность того, что в данный момент времени машина работает, а не находится в ремонте. Чем выше значения этих показателей, тем выше оценивается надежность объекта, и наоборот.

Характеристика отказов. Работоспособность машины или ее элементов нарушается под влиянием отказа. В общем случае под отказом понимается непредвиденный останов машины или ее автономного органа. Так, в пневмомеханической прядильной машине отказ редуктора приводит к останову всей машины, а отказ любого прядильного устройства (автономного органа) приводит к останову только этого устройства, а вся машина продолжает работать. В ткацком же станке отказ любой детали приводит к останову всего станка. Более того, обрыв уточной или основной нити приводит к кратковременному отказу (сбою) всего станка. Итак, понятие об отказе довольно широкое, поэтому в каждом случае целесообразно рассмотреть признак и вид отказа. Ниже приведена классификация отказов машин и их элементов по разным признакам.

Условия возникновения отказа	Нормальные Анормальные
Причины возникновения отказа	Конструкционные Технологические Эксплуатационные
Характер возникновения отказа	Постепенный Внезапный
Степень влияния отказа на работоспособность объекта	Частичное Полное
Связь между отказами	Зависимый отказ Независимый отказ
Последствия отказа	Опасные, безопасные, тяжелые, лёгкие
Возможность устранения отказа	Устранимый Неустранимый

Способ устранения отказа	Замена детали, регулировка, чистка, смазка
Степень сложности устранения отказа	Сложная Несложная
Частота возникновения отказа	Единичный Систематически повторяющийся
Природа происхождения отказа	Естественный отказ Неестественный отказ
Время возникновения отказов (период)	Испытания и приработка машин Нормальная эксплуатация Завершение эксплуатации

Значительная часть отказов связана с износом трущихся поверхностей и поломками элементов оборудования. Например, в современных бесчелночных ткацких станках до 40 % всех отказов возникает из-за износа деталей и примерно 8—10 % из-за поломок. Отказы машин вызываются и другими причинами: обрывностью нитей; намотами волокнистого материала на валы, рифленые цилиндры, нажимные валики и др.; забиванием волокном зубчатой и игольчатой гарнитуры; ослаблением болтовых и других неподвижных соединений; засорением смазочных, пневматических и гидравлических систем; замасливанием рабочих поверхностей тормозов, муфт и фрикционных передач; окислением и ослаблением электрических контактов и др. Особенно большое влияние на снижение показателей надежности оказывает обрывность пряжи. Так, коэффициент технического использования ($K_{т.и}$) для кольцевой прядильной машины без учета обрывности равен 0,982, а с учетом обрывности его значение снижается до 0,935.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Техническое состояние объекта (машины, механизма или узла) оценивают количественными значениями структурных параметров. Структурные параметры — это физические величины, характеризующие, например: геометрические размеры (линейные, площади, объемы), механические (давление, частота вращения, амплитуда колебаний, усилие затяжки), акустические (уровень шума), термические (теплота трения, температура), электрические (ток, напряжение, мощность).

Структурные параметры бывают (рис. 1.1): номинальные (S_0), допустимые ($S_д$) и предельные ($S_{пр}$).

Номинальное значение структурного параметра, являясь начальным, соответствует параметру нового изделия (объекта). Допустимое значение структурного параметра является границей неисправности. При допустимом значении параметра объект считается неисправным, хотя он еще работоспособен и может работать до очередного ремонта, но с пониженными эксплуатационными свойствами. Остальные состояния объекта (I, II, III) ясны из рисунка.

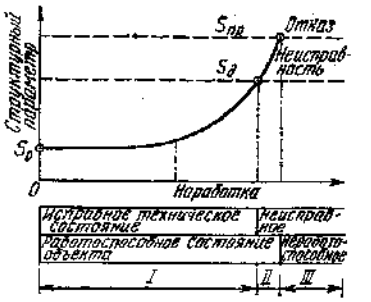


Рис. 1.1. Изменение структурного параметра в зависимости от наработки

Предельное значение структурного параметра соответствует такому снижению эксплуатационных свойств объекта, при котором дальнейшая эксплуатация машины технически и экономически недопустима (нецелесообразна), а также случаю, когда машина становится неработоспособной из-за отказа одного или нескольких ее элементов (деталей).

Отказы могут возникать постепенно или внезапно. Например, постепенные отказы чаще всего возникают вследствие износа трущихся деталей, а внезапные — из-за постепенного накопления в деталях усталостных микротрещин. В табл. 1.1

Таблица 1.1

Детали и узлы	Причины и характер типичного отказа	
	постепенного	внезапного
Валы	Износ трущихся поверхностей цапф и шеек; прогиб	Поломка от усталости или перегрузки
Подшипники скольжения	Износ трущихся поверхностей	Схватывание; выплавление антифрикционного сплава
Подшипники качения	Смятие и выкрашивание; износ рабочих поверхностей колец, шариков или роликов	Заклинивание шариков; поломки колец, шариков и сепараторов
Шестерни	Износ и смятие зубьев; выкрашивание	Поломка зубьев; заедание
Шлицы и шпонки	Износ и смятие рабочих поверхностей	Поломка
Резьбовое соединение	Ослабление затяжки	Срыв резьбы; обрыв болтов
Трубопроводы, маслопроводы и шланги	Засорение, смятие	Закупорка, обрыв

приведены причины и характер типичных отказов деталей и узлов общего назначения, используемых в машинах.

Рассмотрим некоторые общие практические приемы оценки технического состояния машин и их элементов. Производя внешний осмотр машины, устанавливают: степень загрязнения отдельных деталей и узлов, правильность положения деталей

наличие видимых следов их повреждения, неплотностей, повреждения защитных покрытий, правильность подачи смазки и другие возможные неполадки. По наличию брака выпускаемого продукта определяют характер разладки узлов и механизмов. Например, если в пряже, выпускаемой на прядильной машине, обнаруживается такой вид брака, как пересечки, то это означает, что в вытяжном приборе имеются следующие неисправности: ослабление шпонок у шестерен в передаче к цилиндрам; поломка зубьев шестерен в передаче к вытяжному механизму; наличие эксцентриситета у валиков.

Проверка технического состояния по потребляемой мощности является наиболее доступной в условиях производства и дающей представление об общем техническом состоянии машины. На предприятиях текстильной и легкой промышленности проверка потребляемой мощности входит в общую систему энергоконтроля и выполняется регулярно согласно графику. Фактическую потребляемую мощность сравнивают с установленным на предприятии нормативом номинальной мощности (соответствующим имеющемуся парку машин и вырабатываемому ассортименту продукции) и дают заключение о техническом состоянии машины. Для приближенного определения мощности, потребляемой механизмом или узлом машины, пользуются методом отключения. Мощность отключаемого механизма или узла будет равна разности мощностей на валу электродвигателя до и после отключения. Опыт показывает, что регулярная проверка потребляемой мощности и принятие мер для ее упорядочения (уменьшения) в ходе проведения профилактики и ремонта позволяет обеспечивать не только безотказность работы машины, но и существенно снизить расход электрической энергии.

Общую косвенную оценку технического состояния оборудования может дать также и проверка длительности выбега или времени самоторможения машины.

Время самоторможения (выбега) — это время, затрачиваемое на полный останов машины на холостом ходу после отключения привода. Чем длительнее торможение, тем меньше механические потери и, значит, меньше расход энергии.

Исправные машинные узлы, работающие без притока тепла извне, нагреваются обычно до 40—50 °С. Нагрев до более высокой температуры происходит вследствие неправильной подгонки деталей, их перекоса, тесных зазоров, больших удельных нагрузок, плохой смазки. Осматривая машину и сопряжения ее деталей, надо знать предельные увеличения зазоров. Это позволит сделать вывод, может ли данное сопряжение продолжать работать или нет.

Рассмотрим определение предельной величины зазора на примере пары вал — подшипник. По мере работы пары вследствие постоянного изнашивания подшипника и вала зазор между ними будет увеличиваться, а это приведет к снижению работоспособности пары. При жидкостном трении снижение работоспособности пары происходит вследствие падения несущей способности масляного слоя, расположенного в изнашивающемся зазоре. Наступает такой момент, когда несущая способность масляного слоя теряется. Это происходит тогда, когда зазор достигает величины, рассчитываемой по формуле

$$\delta_{max} = \delta_0^2/(4\Delta),$$

где δ_0 — начальный (конструктивный) зазор, мкм; Δ — суммарная высота неровностей приработанного вала и подшипника (для сырых деталей $\Delta = 0{,}3$ — от неровностей новых деталей; для закаленных $\Delta = 0{,}15 \ldots 0{,}2$).

При граничном трении (см. с. 14) несущая способность пары определяется предельным состоянием ее материалов. В этом случае предельная величина изношенного зазора будет определяться по формуле

$$\delta_{max} = \delta_0 \sigma_т^2/p_{ср}^2,$$

где $\sigma_т$ — предел текучести материала подшипника, МПа; $p_{ср}$ — среднее давление между валом и подшипником, МПа.

Для приближенных расчетов можно принять $\delta_{max} \approx \approx 2{,}25\delta_0$.

Процесс выявления и оценки технического состояния машины или ее элементов называют диагностикой (диагностированием), результат — диагнозом. Различают интегральную и дифференциальную диагностику. При интегральной диагностике определяют общее техническое состояние машины без выявления конкретных неисправностей. В этом случае, не разбирая машины, дают заключение исправна или неисправна машина и можно ли, не прибегая к ремонтным и профилактическим операциям, продолжать ее эксплуатацию. При дифференциальной диагностике определяют техническое состояние отдельных механизмов, узлов и деталей. Для этого производят полную или частичную разборку машины.

Техническое состояние — это совокупность свойств машины, механизма, узла или деталей, которые характеризуются в определенный момент времени установленными диагностическими признаками (параметрами). Для диагностирования технического состояния машины применяют приборные и инструментальные методы, называемые диагностическими. В настоящее время все больше используются электронные диагностические приборы.

Рассмотрим пример приборной оценки технического состояния зевообразовательного механизма ткацкого станка СТБ. Установлено, что по мере увеличения зазора между кулачком и роликом увеличивается амплитуда ускорений звеньев механизма. Эти изменения амплитуды записываются на осциллографе. На рис. 1.2, *а* приведена осциллограмма ускорений

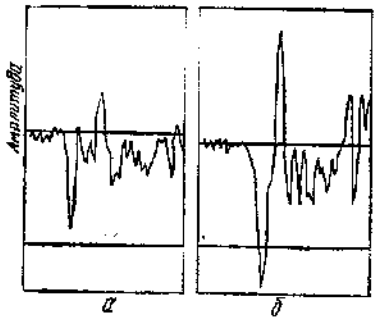


Рис. 1.2. Осциллограммы ускорений звена зевообразовательного механизма ткацкого станка при зазоре 0,35 мм (*а*) и 1 мм (*б*)

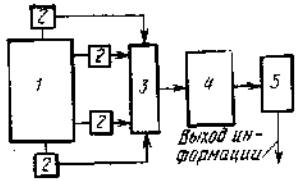


Рис. 1.3. Автоматизированная диагностическая система

звена зевообразовательного механизма при зазоре 0,35 мм, а на рис. 1.2, *б* — при зазоре 1 мм. Так, при зазоре 1 мм нарушается закон движения, и в этом случае для участков подъема ремизок амплитуда ускорения возрастает вдвое вследствие ударов ролика при движении по кулачку. Таким образом, по характеру осциллограмм можно оценить техническое состояние механизма, пользуясь диагностическим признаком, каким является зазор между кулачком и роликом. Прямое измерение зазора затруднено.

На предприятиях текстильной и легкой промышленности современные методы приборного диагностирования технического состояния машины и ее элементов еще не получили должного распространения. Можно, например, назвать несколько разработок Ленинградского института текстильной и легкой промышленности им. С. М. Кирова по приборному диагностированию отдельных механизмов и узлов различных машин (батанного и боевого механизмов ткацкого станка типа СТБ, вяжущего механизма основовязальной машины, прядильной камеры прядильной машины БД-200, намоточных устройств машин для производства синтетических нитей и др.). Разработки по созданию и дальнейшему совершенствованию приборного диагностирования ведутся во ВНИИЛтекмаше, НПО «Пензтекмаш», Костромском технологическом институте и других учреждениях и предприятиях.

Перспективным направлением в решении этой проблемы является создание автоматизированных систем, которые обеспечивают получение диагностической информации, ее обработку с выдачей рекомендаций на носителях (перфокарте, магнитной или бумажной ленте и др.). Рекомендации указывают, какие работы по ремонту и техническому обслуживанию необходимы для обеспечения требуемого работоспособного состояния машины. Принцип работы автоматизированной диагностической системы в ее простейшем виде показан на рис. 1.3. Датчики *2*, установленные на диагностируемой машине (объекте) *1*, подают

сигналы на преобразователи *3* и усилители *4*. Затем сигналы поступают в анализатор *5*, откуда выдается диагностическое заключение в виде печатного технического документа, записанного на носителе.

В последнее время создаются текстильные машины, оснащенные микропроцессорами, позволяющими существенно повысить производительность и качество выпускаемой продукции. Микропроцессорные системы имеют диагностические элементы, позволяющие через сеть датчиков выдавать информацию о неисправностях наиболее ответственных органов машины.

Работы по повышению эксплуатационной надежности технологического оборудования. На предприятиях эти работы ведутся по следующим направлениям: повышение долговечности деталей машин; предупреждение наступления интенсивного износа; проведение работ по модернизации оборудования; совершенствование технологии ремонта и организации труда персонала, занятого ремонтом и техническим обслуживанием оборудования.

Выполнение комплекса этих работ с использованием вычислительной техники позволило, например, Курскому производственному кожевенному объединению обеспечить бесперебойную работу технологического оборудования. Объединением разработана автоматизированная система технологического обслуживания и ремонта технологического оборудования (АСУ ремонта).

ИЗНАШИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. ПОВЫШЕНИЕ ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Известно, что фактор износа оказывает отрицательное влияние на коэффициент полезного действия современных машин, производящих сложные операции, а главное, на качество выполнения этих операций. Установлено, что от $^1/_3$ до $^1/_2$ мировых энергоресурсов в различной форме расходуется на трение, поэтому в настоящее время проблемам трения, износа и смазки уделяется большое внимание. Теория и практика исследования трения, смазки, износа поверхностей деталей машин при их относительном движении называется трибоникой (от греческого слова «трибос» — трение).

Трибоника — это наука, изучающая теоретические и экспериментальные закономерности, управляющие процессами трения, смазки и износа контактирующих поверхностей при их относительном движении. Трибоника базируется на знаниях физики, химии, механики, термодинамики, материаловедения и других дисциплин. Техническим приложением трибоники является триботехника.

Виды трения

Внешнее трение — явление, характеризующее сопротивление относительному перемещению, возникающему между двумя телами в местах соприкосновения поверхностей по касательным к ним.

Различают трение покоя и движения. Трение покоя — это трение двух тел при предварительном смещении, а трение движения — трение двух тел, находящихся в относительном движении.

По характеру относительного движения трущихся поверхностей трение бывает трех видов: скольжения, качения, качения с проскальзыванием.

Трение скольжения — это трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точках касания различны (например, пара вал — подшипник скольжения).

Трение качения — это трение движения двух соприкасающихся тел, при котором их скорости в точках касания одинаковы по величине и направлению (например, подшипники качения).

Трение качения с проскальзыванием — трение движения двух соприкасающихся тел при одновременном качении и скольжении (например, сцепленные шестерни).

По характеру смазки трущихся поверхностей различают следующие виды трения (рис. 1.4):

трение без смазки — трение двух твердых тел, поверхности которых не покрывались смазочным слоем;

граничное трение — трение двух твердых тел при наличии на поверхностях трения тонкой масляной пленки (толщиной 0,1 мкм и меньше), свойства которой отличны от объемных, т. е. от свойств жидкого слоя;

жидкостное трение — сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами, разделенными слоем смазочной жидкости, в котором проявляются ее объемные свойства.

Иногда форму трения, являющуюся промежуточной между жидкостным и граничным видами, называют полужидкостным трением.

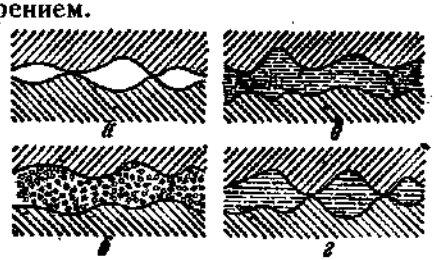


Рис. 1.4. Виды трения:

а — без смазки; *б* — граничное; *в* — жидкостное; *г* — полужидкостное

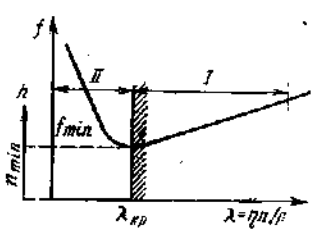


Рис. 1.5. Диаграмма трения

Таким образом, смазанные поверхности трущихся деталей могут работать при различных видах трения. Тот или иной вид трения зависит от режима работы трущейся пары. Режим работы характеризуется главным образом удельной нагрузкой на трущиеся поверхности, скоростью относительного движения трущейся пары и вязкостью масла. Применительно, например, к работе пары вал — подшипник характеристика режима λ выражается следующей зависимостью:

$$\lambda = \eta n/p,$$

где η — вязкость масла, м²/с; n — частота вращения вала, мин⁻¹; p — удельная нагрузка между валом и подшипником, МПа.

Если на графике отложить коэффициент трения (f) и толщину масляного слоя (h) в функции от λ, можно выявить, при каком значении λ какой вид трения создается. На рис. 1.5, где представлена такая диаграмма, видны: *I* — область жидкостного трения, *II* — область нежидкостного трения. Граница между этими областями соответствует критическому значению $\lambda_{кр}$, при котором коэффициент трения и толщина масляной пленки имеют минимальную величину. Пересечение кривой с осью ординат дает значение коэффициента трения покоя несмазанной пары.

Наименьший износ деталей и наименьший расход мощности наблюдаются при жидкостном трении (например, между валом и подшипником), причинами возникновения которого являются: повышенная частота вращения вала, высокая степень чистоты и гладкости трущихся поверхностей, оптимальная величина зазора, точная пригонка деталей, устойчивость вала и подшипника, повышенная вязкость и чистота масла, неистощимость масляного слоя, оптимальное давление вала на подшипник.

При наличии указанных условий происходит самозатягивание масла в зазор между трущимися поверхностями, благодаря чему они разобщаются. Если эти условия отсутствуют, жидкостное трение можно получить путем подачи смазки под давлением.

Виды изнашивания

Трение сопровождается постепенным разрушением поверхностей сопряженных деталей, если они перемещаются одна по другой. Этот постепенный процесс разрушения называют *изнашиванием*. Следствием изнашивания является изменение первоначальных размеров и форм трущихся деталей, называемое *износом*. Способность материала или детали противостоять изнашиванию называют *износостойкостью*.

Процесс изнашивания деталей во времени протекает неравномерно (рис. 1.6). Из диаграммы видно, что в начальный (*I*)

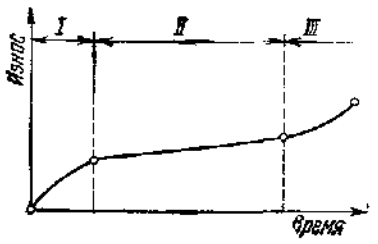


Рис. 1.6. Диаграмма изнашивания

период эксплуатации машины, когда новые детали прирабатываются, наблюдается повышенный их износ, затем на смену ему приходит период установившегося процесса (*II*), когда скорость изнашивания становится минимальной, и, наконец, наступает период прогрессивно возрастающего (аварийного) износа (*III*), который может привести к тому, что деталь полностью выйдет из строя.

Путем тщательной отделки трущихся поверхностей, правильной сборки деталей, использования приработочных средств добиваются сокращения первого периода. Применение износостойких материалов, качественное изготовление и сборка деталей, а также тщательный уход за ними максимально удлиняют второй период. Регулярное наблюдение и контроль за работой машины предотвращает переход трущихся деталей в аварийное состояние.

Различают следующие основные виды изнашивания: механическое, молекулярно-механическое, коррозионно-механическое.

Механическое изнашивание происходит в результате механических воздействий: абразива, производящего царапание или микрорезание; пластического деформирования и оттеснения отдельных участков контактирующих поверхностей; хрупкого разрушения поверхностного слоя (например, вследствие наклепывания в процессе трения); повторно производимого деформирования, вызывающего усталостное разрушение поверхностных слоев.

Молекулярно-механическое изнашивание возникает вследствие адгезионного схватывания (молекулярного сцепления) на отдельных участках трущихся поверхностей, последующего механического разрушения образовавшихся связей и переноса частиц с одной поверхности на сопряженную.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит в результате образования продуктов химического взаимодействия металла с агрессивными агентами среды и их механического удаления при трении. Этот вид изнашивания иначе еще называется коррозийным, или окислительным. К нему относится также и фреттинг-коррозия, возникающая вследствие окисления металла и его абразивного изнашивания этими окислами при весьма малых относительных перемещениях сопряженных поверхностей (например, в неподвижных соединениях).

Детали оборудования, работающего на предприятиях текстильной и легкой промышленности, подвергаются больше всего

абразивному изнашиванию (особенно те из них, которые плохо защищены от попадания пыли).

Выявлены следующие основные закономерности абразивного изнашивания: линейный износ за одинаковый путь трения увеличивается прямо пропорционально удельной нагрузке, при которой работает трущаяся пара; износ мало зависит от скорости скольжения; износ увеличивается прямо пропорционально пути трения; сопротивление абразивному изнашиванию повышается с увеличением твердости материала.

Изнашивание при хрупком разрушении и от усталости происходит постепенно, по мере того, как поверхностный слой детали в процессе работы, деформируясь и накапливаясь, приобретает повышенную твердость и хрупкость. На границе между наклепанным слоем и нижележащим возникают значительные внутренние напряжения и происходит отделение (отслаивание) деформированного хрупкого металла. Появление хрупкого слоя объясняется и другими причинами: вследствие сильного местного нагрева и быстрого охлаждения в тонких поверхностных слоях происходят структурные превращения (образование, например, на стальных и чугунных деталях белых нетравящихся полосок, отличающихся высокой твердостью); поверхностные слои деталей из гетерогенных (структурно-неоднородных) сплавов обогащаются твердыми структурными составляющими в результате интенсивного изнашивания пластичной основы сплава.

В парах качения после достаточно длительной работы изнашивание проявляется в виде выкрашивания и образования оспин, покрывающих контактирующие участки. Выкрашивание — это результат усталости материала, возникающей под действием высоких циклических нагрузок. Сначала образуются маленькие повреждения, которые, постепенно накапливаясь и развиваясь, приобретают форму трещины. При наличии масла последнее втягивается в трещины и распирает их, в результате чего происходит ослабление и выкалывание отдельных частиц металла. Такой вид изнашивания называют *усталостным*. Имеются сведения о том, что усталостное изнашивание наблюдается и при работе металлических пар в условиях трения скольжения и высоких местных нагрузок.

Изнашивание при заедании проявляется в форме молекулярного схватывания отдельных участков трущихся тел в местах их наибольшего сближения и тесного контактирования, отрыва частиц с одной поверхности и переноса их на другую. В этом случае происходит вырывание частиц с поверхности одной детали и налипание или наволакивание их на другую, появляются риски и задиры. Наиболее тяжелое проявление этого вида изнашивания связано с задиранием, резким возрастанием силы трения и сильным повреждением трущихся поверхностей.

Ус 1810
Библиотека
ТИТЛП

Молекулярное схватывание возникает, когда две химически чистые (ювенильные) поверхности приведены в тесное соприкосновение и сжаты с определенным усилием. В практических условиях это реализуется в случае, если отдельные контактирующие участки поверхностей пластически деформируются. Следовательно, все, что способствует пластическому деформированию, способствует схватыванию, а значит, и адгезионному изнашиванию, и наоборот. С явлением схватывания деталей машин борются путем применения смазки с противозадирными свойствами, а также путем подбора трущихся пар, обладающих высокой и равной твердостью.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении пары, вступившей в химическое взаимодействие со средой, в сочетании с механическими воздействиями.

Окислительное изнашивание — одна из самых распространенных разновидностей коррозионно-механического изнашивания. Это процесс постепенного разрушения поверхностей деталей при трении, вызываемый взаимодействием активных пластически деформированных слоев металла с кислородом воздуха или смазкой, адсорбирующейся на поверхностях.

Кислород воздуха вступает во взаимодействие с трущейся металлической поверхностью и образует на ней окисные пленки. Эти пленки препятствуют прямому металлическому контактированию, а значит, и молекулярному схватыванию. В зависимости от свойств окисные пленки могут оказывать различные действия. Так, мягкие и пластичные пленки разглаживаются по поверхности и постепенно механически истираются. Пленки твердые и хрупкие растрескиваются и выкалываются. Осколки такой пленки могут действовать подобно абразивным частицам и царапать трущиеся поверхности. Частицы окисной пленки удаляются со смазкой, а на металлических контактных поверхностях пленка непрерывно восстанавливается.

Изнашивание трущихся деталей в различных агрессивных средах тоже относится к коррозионно-механическому виду изнашивания. К этому же виду относят и те случаи, когда детали изнашиваются в условиях смазки маслами, содержащими различные активные противозадирные присадки.

Фреттинг-коррозия — это разновидность изнашивания деталей машин, возникающая при контакте различных металлов без смазки или в условиях граничной смазки при средних и больших нормальных давлениях и малых колебательных перемещениях. Наиболее распространен этот вид изнашивания в плотных посадках, шлицевых и шпоночных соединениях, шарнирных и болтовых соединениях и т. д. При фреттинг-коррозии на контактных поверхностях проявляются следы резко выраженного схватывания, сочетания явлений схватывания и окисления, сильного окисления поверхности слоев металла.

Если трущиеся поверхности смазаны, они тоже изнашиваются (конечно, в меньшей степени, чем несмазанные). Изнашиваются они даже когда имеется жидкостное трение. Это происходит при каждом пуске и останове трущейся пары, когда нарушаются условия получения жидкостного трения.

Кроме того, разрушению смазанных поверхностей способствует переменная нагрузка, действующая в неразорванном масляном слое и вызывающая усталость наружных слоев трущихся деталей.

Наконец, само масло, уменьшая трение, одновременно способствует ослаблению и разрушению неровностей (бугорков) на трущихся поверхностях (эффект П. А. Ребиндера): проникая в микроскопические трещинки, всегда имеющиеся на поверхности детали, оно распирает их под большим давлением (до 100 МПа), и трещинки как бы подтачивают основания бугорков; со временем эти бугорки откалываются. Одновременно масло размягчает и окисляет наружные слои трущихся деталей, что тоже способствует их разрушению.

Частицы металла, отделившиеся от трущихся поверхностей, и другие загрязнения (пух, пыль), оказавшиеся в масляном слое, способствуют еще большему изнашиванию деталей. По мере того как увеличивается износ деталей, увеличивается и зазор между ними. А чем больше зазор, тем больше снижается несущая способность масляного слоя (см. с. 11). В конце концов эта способность настолько падает, что полностью нарушается жидкостное трение, и тогда износ нарастает с повышенной скоростью.

При граничном трении детали изнашиваются вследствие того, что граничный слой периодически разрывается одновременно во многих местах, особенно при больших давлениях и температурах. Тем не менее во всех случаях работы смазанных деталей граничная пленка играет роль защитного слоя, который предохраняет металлические поверхности от непосредственного контакта в тот критический момент, когда жидкий слой не в состоянии разобщить эти поверхности.

Детали, работающие при трении качения (например, шариковые и роликовые подшипники, эксцентрики, ролики и т. п.) или комбинированном трении, выходят из строя вследствие своеобразного износа; их рабочие поверхности шелушатся, покрываются мелкими оспинами, выкрашиваются. Исследования показали, что основной причиной такого разрушения является усталость наружных слоев рабочих поверхностей. Особенно заметно проскальзывание зубьев в зубчатых передачах, поэтому рабочие поверхности зубьев шестерен не только шелушатся и покрываются оспинами, но одновременно также истираются. Смазка, введенная в подшипники качения, между зубьями шестерен и т. п., оказывает такое же двойное действие, как и при износе скользящих деталей.

Молекулярное схватывание возникает, когда две химически чистые (ювенильные) поверхности приведены в тесное соприкосновение и сжаты с определенным усилием. В практических условиях это реализуется в случае, если отдельные контактирующие участки поверхностей пластически деформируются. Следовательно, все, что способствует пластическому деформированию, способствует схватыванию, а значит, и адгезионному изнашиванию, и наоборот. С явлением схватывания деталей машин борются путем применения смазки с противозадирными свойствами, а также путем подбора трущихся пар, обладающих высокой и равной твердостью.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении пары, вступившей в химическое взаимодействие со средой, в сочетании с механическими воздействиями.

Окислительное изнашивание — одна из самых распространенных разновидностей коррозионно-механического изнашивания. Это процесс постепенного разрушения поверхностей деталей при трении, вызываемый взаимодействием активных пластически деформированных слоев металла с кислородом воздуха или смазкой, адсорбирующейся на поверхностях.

Кислород воздуха вступает во взаимодействие с трущейся металлической поверхностью и образует на ней окисные пленки. Эти пленки препятствуют прямому металлическому контактированию, а значит, и молекулярному схватыванию. В зависимости от свойств окисные пленки могут оказывать различные действия. Так, мягкие и пластичные пленки разглаживаются по поверхности и постепенно механически истираются. Пленки твердые и хрупкие растрескиваются и выкалываются. Осколки такой пленки могут действовать подобно абразивным частицам и царапать трущиеся поверхности. Частицы окисной пленки удаляются со смазкой, а на металлических контактных поверхностях пленка непрерывно восстанавливается.

Изнашивание трущихся деталей в различных агрессивных средах тоже относится к коррозионно-механическому виду изнашивания. К этому же виду относят и те случаи, когда детали изнашиваются в условиях смазки маслами, содержащими различные активные противозадирные присадки.

Фреттинг-коррозия — это разновидность изнашивания деталей машин, возникающая при контакте различных металлов без смазки или в условиях граничной смазки при средних и больших нормальных давлениях и малых колебательных перемещениях. Наиболее распространен этот вид изнашивания в плотных посадках, шлицевых и шпоночных соединениях, шарнирных и болтовых соединениях и т. д. При фреттинг-коррозии на контактных поверхностях проявляются следы резко выраженного схватывания, сочетания явлений схватывания и окисления, сильного окисления поверхности слоев металла.

Если трущиеся поверхности смазаны, они тоже изнашиваются (конечно, в меньшей степени, чем несмазанные). Изнашиваются они даже когда имеется жидкостное трение. Это происходит при каждом пуске и останове трущейся пары, когда нарушаются условия получения жидкостного трения.

Кроме того, разрушению смазанных поверхностей способствует переменная нагрузка, действующая в неразорванном масляном слое и вызывающая усталость наружных слоев трущихся деталей.

Наконец, само масло, уменьшая трение, одновременно способствует ослаблению и разрушению неровностей (бугорков) на трущихся поверхностях (эффект П. А. Ребиндера): проникая в микроскопические трещинки, всегда имеющиеся на поверхности детали, оно распирает их под большим давлением (до 100 МПа), и трещинки как бы подтачивают основания бугорков; со временем эти бугорки откалываются. Одновременно масло размягчает и окисляет наружные слои трущихся деталей, что тоже способствует их разрушению.

Частицы металла, отделившиеся от трущихся поверхностей, и другие загрязнения (пух, пыль), оказавшиеся в масляном слое, способствуют еще большему изнашиванию деталей. По мере того как увеличивается износ деталей, увеличивается и зазор между ними. А чем больше зазор, тем больше снижается несущая способность масляного слоя (см. с. 11). В конце концов эта способность настолько падает, что полностью нарушается жидкостное трение, и тогда износ нарастает с повышенной скоростью.

При граничном трении детали изнашиваются вследствие того, что граничный слой периодически разрывается одновременно во многих местах, особенно при больших давлениях и температурах. Тем не менее во всех случаях работы смазанных деталей граничная пленка играет роль защитного слоя, который предохраняет металлические поверхности от непосредственного контакта в тот критический момент, когда жидкий слой не в состоянии разобщить эти поверхности.

Детали, работающие при трении качения (например, шариковые и роликовые подшипники, эксцентрики, ролики и т. п.) или комбинированном трении, выходят из строя вследствие своеобразного износа; их рабочие поверхности шелушатся, покрываются мелкими оспинами, выкрашиваются. Исследования показали, что основной причиной такого разрушения является усталость наружных слоев рабочих поверхностей. Особенно заметно проскальзывание зубьев в зубчатых передачах, поэтому рабочие поверхности зубьев шестерен не только шелушатся и покрываются оспинами, но одновременно также истираются. Смазка, введенная в подшипники качения, между зубьями шестерен и т. п., оказывает такое же двойное действие, как и при износе скользящих деталей.

При некоторых условиях работы трущейся пары возникает эффект безызносности (избирательный перенос), открытый Д. Н. Гаркуновым и И. В. Крагельским. Этот эффект представляет собой вид трения, при котором в процессе работы в зоне контакта самопроизвольно (спонтанно) образуется тонкая полужидкая металлическая пленка, снижающая коэффициент трения и предохраняющая трущиеся поверхности от изнашивания. Эту пленку называют сервовитной (от латинских слов «серво» — обеспечение, «вита» — жизнь). Так, в паре трения бронза — сталь образуется тонкая медная пленка в результате анодного растворения бронзы, при этом легирующие элементы переходят в смазку, а поверхности трения обогащаются медью. После того как обе поверхности покроются медью, растворение прекращается и наступает установившийся режим безызносного трения.

В случае же трения таких пар, как сталь — сталь, или пар из других железоуглеродистых материалов трущиеся поверхности покрываются (плакируются) тонким слоем меди из смазочного материала с наполнителем в виде тонкого медного или другого пластичного металла (олово, свинец или их окислы). Такой перенос металла и образование пластичного слоя называют плакированием, а смазку — металлоплакирующей.

Многие детали машин текстильной и легкой промышленности сильно изнашиваются при трении их о волокнистые, кожевенные и другие материалы. Установлено, что в этом случае кроме чисто механического воздействия названных материалов (главным образом абразивного) некоторое влияние могут оказывать также физические (электростатические разряды при переработке химических волокон) и химические процессы (коррозионные под влиянием препараций, а также при мокрых видах переработки).

Рабочие органы текстильных машин имеют прямой контакт с перерабатываемым материалом (волокно, ровница, пряжа и др.). К этим органам относятся: иглы гарнитуры всех видов, колки, пильчатые ленты, нажимные валики вытяжных приборов ленточных, ровничных и прядильных машин, бегунки и др. Большая часть деталей, истираемая скользящей нитью, предназначена для направления ее движения (нитенаправители, нитепроводники) или создания необходимого натяжения (нитенатяжители).

В зависимости от назначения эти детали изготовляют из металла, пластмасс, резины, минерало- и металлокерамики.

Выявлено, что чем больше твердость материала проводящей детали, тем выше ее износостойкость. В табл. 1.2 для примера приведены сведения об относительной износостойкости различных материалов для нитепроводников при скольжении лавсановой нити (по данным Костромского технологического института).

Таблица 1.2

Изнашиваемый материал	Микротвердость, *HV*	Относительная износостойкость
Латунь отожженная	80	1
Латунь марки Л59 нормализованная	103	1,92
Чугун ферритного класса	153	4,76
Сталь марки 20 нормализованная	198	16,23
Сталь марки У8А нормализованная	254	38,7
Алюминий анодированный	490	41,6
Сталь марки У7 закаленная	520	60,3
Сталь марки 40 закаленная	540	113
Халцедон (минерал)	980	978
Сталь с поверхностным легированием	1100	1525
Сталь с матовым хромированием	1100	1550
Металлокерамика (металлопорошковый материал) марки Т15К6	1628	4960
Корунд белый	1850	19 800
Корунд темный (уплотненный черепок)	2400	30 700
Минералокерамика (металлопорошковый материал) марки С-8	3300—4000	106 000

Факторы, влияющие на износ деталей. Методы повышения износостойкости деталей

На износ деталей наибольшее влияние оказывают следующие факторы: свойства материала трущихся деталей; качество трущихся поверхностей; качество сборки деталей; силовой и скоростной режимы работы трущейся пары; смазка и уход за машиной и частота остановов и пусков машин.

Материал трущихся деталей. Ниже рассматривается износостойкость основных материалов, применяемых в машинах текстильной и легкой промышленности: чугуна, стали, металлических и неметаллических антифрикционных материалов.

Чугун. В машинах серый чугун используется шире, чем другие конструкционные материалы. Чугунные детали работают в паре со стальными или чугунными деталями, а иногда с деталями из цветных сплавов и неметаллических материалов. Они работают при трении скольжения, качения или комбинированном трении (например, скольжения и качения); со смазкой и без нее; при спокойной или ударной нагрузке и т. д.

Основное влияние на износостойкость чугуна оказывает его микроструктура, и в частности его металлическая основа. Перлитный чугун обладает гораздо более высокой износостойкостью, чем ферритный. Так, ферритный чугун в одинаковых условиях эксплуатации изнашивается в 5—10 раз быстрее, чем перлитный; эта разница особенно сказывается при удельной нагрузке выше 1 МПа. С повышением удельной нагрузки и ухудшением других условий работы износостойкость перлитно-

го чугуна уменьшается. Поэтому в таких случаях применяют разновидности чугуна с более тонким строением основной металлической массы — с сорбитообразным перлитом, сорбитом и т. д., что дает иногда повышение износостойкости в 1,5—2,5 раза.

Для получения указанной структуры чугуна с повышенной износостойкостью в него вводят легирующие примеси (хром, никель и др.), модифицируют, а также применяют термическую обработку деталей. Модифицированный серый чугун в среднем в 5 раз, а высокопрочный чугун в 18—20 раз лучше сопротивляется износу, чем немодифицированный. По этому показателю названные чугуны не только не уступают легированному, но нередко и превосходят его.

Важно отметить, что перлитная структура устойчива против задиров, образованию которых способствуют карбиды и выделение структурно-свободного феррита.

На износостойкость чугунных деталей особенно большое влияние оказывают общее количество, форма и характер распределения в основной структуре графитных выделений (свободного углерода). Обычно стремятся получить чугун, в котором графит имел бы форму пластинок средней величины, разрозненных и равномерно распределенных по всей металлической массе. Однако лучшей формой включений графита является шаровидная (глобулярная), имеющаяся в структуре высокопрочного чугуна, что справедливо также для серого и термически обработанного чугуна.

На изнашиваемость чугуна оказывает влияние и его твердость: с увеличением твердости изнашиваемость чугуна уменьшается. Наименьший износ наблюдается при твердости 180—210 НВ, что соответствует перлитной структуре. Дальнейшее увеличение твердости не повышает износостойкости, но зато уменьшает динамическую прочность чугуна.

Износостойкость чугуна может быть повышена термической обработкой. На рис. 1.7 показано изменение величины износа и твердости обычного нелегированного (серого) *1* и легированного (хромом, никелем, медью и др.) чугуна в зависимости от термической обработки. Нормализация *2* (850 °С), сорбитируя

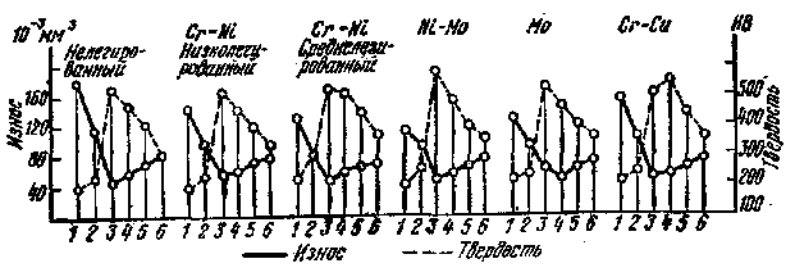


Рис. 1.7. Влияние термической обработки на износ чугунных деталей

металлическую основу чугуна, понижает его износ по сравнению с износом «сырого» чугуна на 24—40 %. При закалке *3* (нагрев до 850 °С, охлаждение в масле) вследствие образования мартенситной структуры износ уменьшается в 2—4 раза. Отпуск *4* при 200 °С незначительно увеличивает износ по сравнению с износом в закаленном состоянии. Отпуск *5* при 400 °С повышает износ нелегированного чугуна на 50 %, а легированного — на 10—30 % по сравнению с износом деталей, подвергнутых только закалке. Это объясняется превращением мартенсита в нелегированном чугуне в троостит, а в легированном — в игольчатый троостит. Отпуск *6* при 550 °С обеспечивает дальнейшее увеличение износа чугуна всех марок вследствие превращения структуры в троостит и сорбит. Все же величина износа чугуна (всех видов, представленных на рис. 1.7) не превышает половины износа чугуна, находящегося в состоянии после литья, и меньше износа нормализованных деталей. На рис. 1.7 видно также, что легирование заметно уменьшает износ «сырого» чугуна и незначительно закаленного. Применение изотермической обработки чугуна уменьшает износ в 5—7 раз по сравнению с обыкновенной закалкой и отпуском на те же твердости.

В ряде случаев требуется, чтобы повышенной износостойкостью обладали только поверхностные слои деталей из чугуна, а структура сердцевины, полученной при отливке, оставалась неизменной. Для этого применяется поверхностная закалка токами высокой частоты, азотирование, термодиффузионное хромирование и др.

Например, применение поверхностной закалки с нагревом токами высокой частоты снижает износ деталей из простого серого перлитно-ферритного чугуна в 2—7 раз, простого перлитного — в 2—4 раза, модифицированного — в 2—3 раза, а из высокопрочного — почти в 1,5—2,5 раза. Таким образом, закалка при нагреве токами высокой частоты в значительной мере нивелирует износостойкость закаленных слоев чугуна, отличающихся друг от друга в исходном состоянии по химическому составу, твердости и микроструктуре.

Азотирование, т. е. насыщение поверхности азотом, придает поверхности чугунных деталей высокую твердость (700—800 НВ), хорошую сопротивляемость износу (износостойкость увеличивается в 2—2,6 раза) и сопротивляемость коррозии, вызываемой воздействием атмосферной влаги.

Термодиффузионное хромирование, т. е. насыщение поверхности детали хромом за счет диффузионного процесса, увеличивает поверхностную твердость чугунных деталей почти в 14 раз, повышает износостойкость в 6—8 раз и значительно усиливает сопротивляемость коррозии. Однако азотирование и термодиффузионное хромирование используются реже, чем за-

калка токами высокой частоты, так как они являются довольно длительными операциями.

В машинах для текстильной и легкой промышленности иногда применяются чугунные детали с отбеленной поверхностью, в структуре которой содержится до 20—30 % цементита микротвердостью до 1000 HV. К ним относятся различные эксцентрики, боевые копыта, горки, ролики, т. е. детали, которые работают при очень больших нагрузках (в частности, динамических) и чаще всего без смазки. Испытания серого чугуна с отбеленной поверхностью показали, что по износостойкости он превосходит не только любой чугун, но и инструментальную углеродистую сталь и уступает лишь быстрорежущей стали и твердым сплавам.

Многие детали машин изготовляют из ковкого чугуна. Износостойкость такого чугуна зависит главным образом от его металлической основы. Детали из ферритного ковкого чугуна обладают недостаточной износостойкостью. Перлитный ковкий чугун лучше сопротивляется износу, чем ферритный. Его износостойкость может быть увеличена в несколько раз путем нормализации или улучшения (закалка и высокий отпуск), а также поверхностной закалки токами высокой частоты. Для деталей, работающих с трением при повышенных нагрузках, успешно применяют ферритно-перлитный чугун (с содержанием перлита 60—80 %), износостойкость которого в 4,5 раза выше, чем ферритного ковкого чугуна, не содержащего перлита.

Сталь. Стальные детали работают в машинах при трении скольжения чаще всего в паре с чугунными или бронзовыми деталями, и реже со стальными, а при трении качения чаще со стальными. Для изготовления деталей используют преимущественно доэвтектоидные углеродистые стали (содержание *0,2—0,6 % углерода) и лишь иногда заэвтектоидные (содержа*щие от 0,83 до 1 % углерода), например сталь марки У10А. Доэвтектоидные стали имеют перлитно-ферритную структуру. Стали с преобладающим количеством феррита обладают малой износостойкостью. По мере увеличения количества перлита возрастает и сопротивляемость стали износу. В отношении износостойкости зернистый перлит уступает пластинчатому.

С повышением содержания углерода и увеличением твердости стали ее износостойкость повышается. Термическая и термохимическая обработки также значительно повышают ее сопротивляемость изнашиванию как при трении скольжения, так и при трении качения, при этом чем ниже температура отпуска после закалки, тем ниже изнашиваемость стали.

Поверхностная закалка токами высокой частоты в большей степени способствует повышению износостойкости стали, чем объемная закалка. Цементованная и азотированная стали менее чувствительны к изменению условий работы пар трения и более износостойки, чем объемно закаленная сталь.

Применение термодиффузионного хромирования дает очень большой эффект. Так, например, износостойкость диффузионно-хромированной стали марки 45 в 10 раз превосходит износостойкость *той же, но закаленной стали.*

Наряду с углеродистыми сталями в машинах текстильной и легкой промышленности используется средне- и малолегированная сталь (главным образом марганцовистая и хромистая). Установлено, что по сравнению с углеродистой сталью более высокая износостойкость средне- и малолегированной стали проявляется лишь при высоких удельных нагрузках. Так, при равной твердости (50—58 HRC и нагрузке 4 МПа) износостойкость стали марки 50Г по сравнению со сталью марки 6 выше на 35 %, а марки 40Х — на 24 %, марки 45Г2 — на 41 %. При нагрузке 1 МПа значения износостойкости стали марок 6, 50Г и 45Г2 примерно одинаковы, а стали марки 40Х — вдвое ниже.

На износостойкость стали оказывает влияние также горячая обработка. При обработке давлением (ковка, штамповка и прокатка) благодаря уплотнению и раздроблению зерен в стали (особенно в наружных слоях) износостойкость ее по сравнению с литой сталью повышается.

Антифрикционные материалы. К антифрикционным материалам относятся: цветные антифрикционные сплавы, антифрикционные железоуглеродистые сплавы (чугуны), порошковые (металлокерамические) и неметаллические антифрикционные материалы. Под антифрикционностью понимают такую совокупность свойств материала, которая при трении материала о поверхность сопряженной детали обеспечивает сравнительно низкий коэффициент трения в заданном диапазоне режимов нагрузки, скорости и смазки.

*Антифрикционные материалы должны обладать определен*ными свойствами, обеспечивающими достаточную долговечность и экономичность деталей, изготовляемых из них: способностью легко и быстро прирабатываться, чтобы избежать заедания в случае неравномерного прилегания вала к подшипнику; сопротивляемостью изнашиванию и способностью меньше изнашивать сопряженную с ним деталь (например, вал); достаточно высокими механическими свойствами в интервале рабочих температур подшипника, в том числе сопротивляемостью усталости при наличии переменных нагрузок на подшипник; высокой теплопроводностью, сопротивляемостью коррозии под действием смазки или продуктов, образующихся в ней во время работы; способностью поглощать продукты износа; хорошими технологическими свойствами (материалы должны хорошо отливаться, обрабатываться режущими инструментами и т. д.); невысокой стоимостью.

Цветные антифрикционные сплавы. К ним относятся: баббит, антифрикционная бронза, латунь, цинковые и алюминиевые сплавы. Большинство из этих сплавов имеет примерно одинаковое строение: сравни-

тельно прочную пластичную вязкую массу, в которую вкраплены твердые частицы. Предполагается, что внешняя нагрузка, действующая через вал, воспринимается твердыми частицами, дающими невысокий коэффициент трения и не способными задирать шейку вала. Пластичность же основной массы, обеспечивая хорошую прирабатываемость, позволяет выравнивать давление и благодаря этому уменьшает его удельное значение.

Во время работы мягкая масса истирается быстрее твердых частиц, вследствие чего образуется микрорельеф с выступающими твердыми частицами, на которые и опирается вал. По образовавшимся канальцам и впадинам масло легче циркулирует и энергичнее смазывает и охлаждает трущиеся поверхности, а также уносит продукты износа.

Баббитами называются мягкие антифрикционные сплавы, предназначенные главным образом для заливки вкладышей подшипников. По своей основе они

Таблица 1.3

Марка баббита	Характеристика нагрузки	Давление p, МПа	Окружная скорость v, м/с	Напряженность работы pv, МПа·м/с	Рабочая температура, °С
Б-88	Спокойная	20	50	75	75
	Ударная	15	50	75	75
Б-83	Спокойная	10	50	75	70
Б-83С	Ударная	7,5	50	50	70
БН	Спокойная	10	30	30	70
	Ударная	7,5	30	20	70
Б-16	Спокойная	10	30	30	70
БС6	Ударная	15	—	—	70

делятся на оловянные и свинцовые. Баббиты лучше других антифрикционных сплавов отвечают приведенным выше требованиям. Стандартом (ГОСТ 1320—74) предусмотрены следующие их марки: оловянные Б-88 и Б-83, свинцовые БН, Б-16, БС6 и др.

В табл. 1.3 приведены условия применения баббитов.

Бронза и латунь относятся к антифрикционным сплавам на медной основе. Бронзы подразделяют на литейные и деформируемые, оловянистые и безоловянистые.

На износостойкость обычной оловянистой бронзы основное влияние оказывает процентное содержание олова и свинца. Так, с повышением количества олова вместе с твердостью увеличивается сопротивление бронзы изнашиванию, а также сопротивление усталости от действия повторных ударов. Но вместе с тем увеличивается и коэффициент сухого трения. Увеличение количества олова свыше 15 % настолько ухудшает антифрикционные свойства бронзы, что она не может быть использована для изготовления подшипников. При содержании в бронзе до 30 % свинца ее износостойкость повышается, но в меньшей степени, чем при повышенном содержании олова. Однако повышенное содержание свинца уменьшает коэффициент сухого трения и обеспечивает хорошую прирабатываемость пары вал — подшипник.

Бронза марок Бр.ОЦС3,5-7-5, Бр.ОЦС5-5-5 и Бр.ОЦС4-4-17 используется главным образом для изготовления опор (вкладышей, втулок), работающих в условиях спокойной нагрузки (до 5—8 МПа), малых и средних скоростей (до 3—4 м/с) и нормальных температур. Для работы в условиях ударных нагрузок применяется деформируемая оловянно-фосфористая бронза (например, марки Бр.ОФ6-5-0,4).

Алюминиево-железистая бронза отличается высокой прочностью и твердостью и вместе с тем имеет низкий коэффициент трения при взаимодействии со сталью, хорошо прирабатывается и в незначительной степени изнашивает

сопряженную стальную деталь (например вал) при условии упрочнения поверхностного слоя последней путем цементации или закалки. Высокая температура (до 200—250 °С) не оказывает существенного влияния на механические и антифрикционные свойства этого вида бронзы. Свойства алюминиево-железистой бронзы позволяют изготовлять из нее наиболее ответственные тяжелонагруженные детали, работающие в основном на изгиб и сжатие (венцы червячных шестерен, гайки нажимных винтов, тяжело нагруженные подшипники и т. п.).

Латунь типа алюминиево-железисто-марганцовистой или кремнисто-свинцовистой применяется для изготовления антифрикционных деталей, работающих с высокими нагрузками (10—30 МПа) при малых скоростях скольжения (3—4 м/с). Ими являются вкладыши подшипников, режим работы которых примерно аналогичен режиму работы вкладышей из оловянистой и оловянно-фосфористой бронзы, и детали, работающие на трение при изгибе и тяжелых нагрузках (венцы червячных шестерен, шестерни и т. п.). Детали, работающие в паре с латунными (шейки валов, червяки), должны иметь упрочненную поверхность, полученную путем азотирования, цементации и закалки.

Антифрикционные сплавы на цинковой и алюминиевой основах широко применяются в машиностроении текстильной и легкой промышленности. Из многочисленных сплавов на цинковой основе наибольшее распространение получил цинково-алюминиево-медный сплав следующего состава, %: алюминий 9—12; медь 4—5,5; марганец 0,03—0,06; цинк остальное. Структура этого сплава состоит из пластичной основы, представляющей собой смесь (эвтектику) цинка, алюминия и меди, а также твердых включений, богатых алюминием. Такая структура обеспечивает хорошие антифрикционные свойства. По пределу прочности при растяжении и сжатии, твердости, теплопроводности, коэффициенту трения со смазкой сплав не уступает антифрикционной бронзе, а по износостойкости при трении со смазкой превосходит оловянный баббит, меньше изнашивая при этом сопряженную деталь (сталь).

Цинковый сплав вследствие низкой температуры плавления (395 °С) можно использовать вместо бронзы для отливки антифрикционных деталей. Наибольшая способность к сопротивлению изнашивания у детали из цинкового сплава проявляется, если шейка вала имеет высокую твердость и гладкость, хорошо пригнана, а подшипник надежно смазывается чистым маслом. Хороших результатов можно достичь и при менее благоприятных условиях работы. Например, на некоторых предприятиях текстильной и легкой промышленности цинковый сплав успешно используют в подшипниках многих машин, и он работает при ограниченной смазке даже в паре с незакаленным стальным. Предельные режимы, при которых может работать цинковый сплав: $p = 20$ МПа и $v = 9$ м/с.

Из сплавов на алюминиевой основе больше других используется вторичный алюминиево-медный сплав следующего состава, %: медь 7,5—9,5; кремний 1,5—2,5; остальное алюминий. Его структура состоит из основной мягкой массы твердого раствора меди в алюминии, в который равномерно вкраплены более твердые кристаллы эвтектики твердого раствора меди в алюминии и химического соединения $CuAl_2$.

По коэффициенту трения и износостойкости сплав близок к баббиту, но, будучи более твердым, труднее прирабатывается к валу. Алюминиевый сплав имеет пониженные по сравнению с цинковым механические свойства (предел прочности при растяжении и сжатии, ударную вязкость), поэтому он используется для изготовления подшипников, работающих при меньших нагрузках (до 10 МПа) и скоростях (до 5 м/с).

Обычно алюминиевый сплав применяют в качестве заменителя баббита и оловянистых бронз для отливки вкладышей и втулок. Толщина стенок подшипников должна быть не менее 2,5 мм. Требования в отношении твердости шеек валов, их выверки и смазки такие же, как и для валов при работе в паре с подшипниками из цинкового сплава.

Антифрикционный чугун широко используется вместо бронзы при изготовлении опор скольжения (подшипников, втулок

и т. п.). Основными достоинствами этого материала являются высокая сопротивляемость изнашиванию, хорошие литейные свойства и сравнительно малая стоимость. Главным недостатком антифрикционных чугунов считают худшую, чем у бронзы, прирабатываемость.

Антифрикционные чугуны разделяют на серые марок АЧС-1, АЧС-2 и АЧС-3, высокопрочные марок АЧВ-1, АЧВ-2 и ковкие

Таблица 1.4

Марка чугуна	Твердость, НВ	Основная характеристика и назначение	Давление p, МПа	Окружная скорость v, м/с	pv, МПа·м/с
		Серый чугун			
АЧС-1	180—262	Легированный хромом и медью. Предназначен для работы в паре с закаленным или нормализованным валом	2,5 9	5 0,2	12,5 1,8
АЧС-2	180—229	Легированный хромом, никелем, титаном и медью. Предназначен для работы в паре с закаленным или нормализованным валом	9 0,1	0,2 3	1,8 0,3
АЧС-3	160—190	Легированный титаном и медью. Предназначен для работы в паре с незакаленным валом	6	0,75	4,5
		Высокопрочный чугун			
АЧВ-1	210—260	С шаровидным графитом (обработан магнием). Предназначен для работы в паре с закаленным или нормализованным валом	1 20	8 1	8 20
АЧВ-2	167—197	То же, но для работы в паре с незакаленным валом	0,5 12	5 1	2,5 12

марок АЧК-1 и АЧК-2. Характеристики серых и высокопрочных антифрикционных чугунов, а также предельные силовые и скоростные режимы работы деталей из них в узлах трения приведены в табл. 1.4.

Свойства антифрикционного чугуна определяются прежде всего его микроструктурой и твердостью, а также содержанием в составе легирующих элементов. В микроструктуре серого и высокопрочного чугунов должны содержаться: перлит — основная масса; феррит — в количестве 10—15 %, равномерно распределенный; фосфидная эвтектика — в виде мелких отдельных включений; графит пластинчатый у серого и глобулярный

у высокопрочного чугуна; наличие структурно-свободного цементита не допускается. Ковкие антифрикционные чугуны должны иметь следующие микроструктуры: АЧК-1 — перлитную и перлито-ферритную, АЧК-2 — перлито-ферритную и ферритно-перлитную.

Медь, вводимая в состав чугуна марок АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3 и АЧВ-1, повышает его устойчивость к коррозии. Титан, вводимый в состав чугуна марок АЧС-2 и АЧС-3, является хорошим раскислителем, так как по свойствам близок к кислороду, углероду и особенно к азоту, поэтому отливки получаются плотными. Одновременно титан способствует измельчению структуры (его карбиды и нитриды создают дополнительные центры кристаллизации).

Как видно из табл. 1.4, основные марки антифрикционных чугунов способны работать в диапазоне напряженности $pv = 0{,}3 \ldots 20$ МПа·м/с.

Все эти виды чугуна успешно используются для изготовления различного рода втулок, подшипников и других опор, работающих при постоянной или переменной нагрузках. Известны случаи, когда втулки из антифрикционного чугуна успешно заменяли шарикоподшипники (например, в центробежном насосе, применяемом на кожевенных заводах). Если же детали работают при ударной нагрузке, то лучшие результаты дает ковкий антифрикционный чугун, обладающий повышенной прочностью ($\sigma_в = 4{,}8 \ldots 5{,}5$ МПа) и вязкостью ($\delta = 4 \ldots 6$ %).

Чтобы детали из антифрикционного чугуна работали надежно, необходимо соблюдать не только регламентированные скорости и удельные нагрузки (см. табл. 1.4), но и ряд других условий. Наиболее важными из них являются: небольшая шероховатость трущихся поверхностей (высокая гладкость); тщательная сборка трущихся деталей, в частности отсутствие перекоса; непрерывная и надежная смазка; увеличение зазоров между валом и подшипником на 15—30 % (а в случае большого нагрева подшипника в работе — до 50 %) по сравнению с зазорами, установленными для пары бронзовый вкладыш — стальной вал; приработка на холостом ходу и постепенное повышение нагрузки до расчетной, недопустимость искрения; превышение твердости поверхности цапфы или шейки относительно твердости вкладыша на 20—30 НВ.

Порошковые (металлокерамические) антифрикционные материалы. Детали из порошковых материалов (втулки, вкладыши) получают путем прессования в пресс-формах и спеканием в атмосфере защитного или нейтрального газа смесей порошков металла с присадками, выполняющими роль твердой смазки. Из металлических порошков чаще всего применяют железные или бронзовые, реже — медные, алюминиевые, титановые. Из присадок самые распростра-

ненные — графит, дисульфид молибдена, а иногда сера, сульфид цинка и др. В результате получаются почти готовые детали из пористого материала с хорошими антифрикционными и антиизносными свойствами.

Наличие смазочных присадок и пор, заполненных маслом, предохраняет подшипники от заедания и обеспечивает их хорошую прирабатываемость, низкий коэффициент трения и высокую износостойкость. В условиях недостаточной и некачественной смазки подшипники из порошкового материала превосходят по грузоподъемности подшипники из бронзы и антифрикционного чугуна.

Наиболее распространены втулки и вкладыши из железографитовых пористых материалов. Установлено, что наиболее высокими антифрикционными свойствами обладают подшипники с пористостью 15—20 % и имеющие перлитную структуру. Шихта составляется из мелких железных порошков с 3 % графита. Прочность из порошкового пористого материала подшипников выше прочности подшипников бронзовых и чугунных. Подшипники могут применяться в узлах трения, работающих при нагрузках до 10 МПа и скорости не более 6 м/с.

Эти подшипники хорошо работают в паре как с закаленными, так и с «сырыми» шейками валов. В машинах текстильной и легкой промышленности применение пористых подшипников особенно целесообразно, так как возможность обильной смазки в них ограничена, а пористые подшипники могут работать длительное время без дополнительной смазки за счет ее запаса, имеющегося в порах материала. Например, железографитовые пористые вкладыши и втулки проработали на многих машинах около 2000 ч и более без дополнительной смазки, и при этом износ обнаружен не был. Такой же результат получился при испытании веретенных опор при 48-часовой работе без дополнительной смазки. Пористые подшипники могут успешно заменить бронзовые и частично подшипники качения, а изготовляются они из порошкового пористого материала, пропитанного полимерным материалом (металлопластмассой).

На ленту из стали марки 08КП с обмедненной поверхностью напекается свободно насыпанный слой бронзового сферического порошка толщиной 0,35—0,4 мм. В результате образуется пористый металлокерамический слой, который заполняется фторопластовой пастой, содержащей 25 % (по объему) мелкодисперсного дисульфида молибдена. Детали из такой металлопластмассовой ленты, полученные способом штамповки, в 2 раза долговечнее деталей из обычных металлокерамических материалов. При эксплуатации такие детали обходятся без смазки, поэтому их называют подшипниками сухого трения.

Антифрикционные графитовые материалы. Опоры красильно-отделочного оборудования подвергаются сильному коррозионно-механическому изнашиванию. В этих условиях опоры из бронзы и чугуна имеют малый срок службы. В современных машинах красильно-отделочного производства применяют антифрикционные химически стойкие материалы. Распространение среди них получили графитовые (цифра в марке означает величину давления прессования): антифрикционные обожженные (АО-600; АО-1500); антифрикционные графитированные (АГ-1500); пропитанные металлами (АО-1500-СО5 — углесвинцово-оловянистый с 5 %-ным содержанием олова; АО-1500-Б83 — углебаббитовый; АГ-1500-СО5 — графитосвинцово-оловянистый с 5 %-ным содержанием олова; АГ-1500-Б83 — графитобаббитовый); со связующими из полимерных материалов (АТМ-1 — графитопласты на основе фенолформальдегидных смол).

Все графитовые материалы обладают исключительно высокой химической стойкостью: эти материалы стойки к кислотам, щелочам и многим растворителям. Непропитанный графит при температуре до 450 °С химически стоек к большинству высокоагрессивных сред. При температуре выше 450—500 °С в присутствии кислорода воздуха он начинает окисляться. Графит, пропитанный фенолформальдегидной смолой, имеет пониженную химическую стойкость вследствие того, что смола способна разрушаться в некоторых агрессивных средах (например, в концентрированных растворах серной и азотной кислот). Термостойкость графита, пропитанного смолой, также снижается (допустимая температура при использовании не выше 150—160 °С). Графит, пропитанный расплавленным металлом, обладает более высокой термостойкостью, определяемой температурой плавления пропитывающего металла.

Графитовые материалы имеют пористое строение, вследствие чего они хрупки, плохо сопротивляются растягивающим усилиям, ударным и вибрационным нагрузкам. Лучше всего они сопротивляются сжатию. Пропитка графитовых материалов полимерами и особенно металлами заметно повышает их механические свойства. Пропитку производят в вакууме или под давлением.

Практика показала, что детали из графита марки АО успешно работают в паре с чугунными и хромированными деталями, а детали из графита марки АГ — в паре со стальными. Низкие показатели дают графитовые детали при работе с деталями из цветных металлов, особенно из медных. Поверхности трения металлических деталей должны иметь высокую гладкость, потому что наличие на них рисок, царапин повышает трение и износ графитовых деталей. Детали из графитопласта марки АТМ-1 надежно работают в узлах трения при нагрузке, не превышающей 3 МПа, и скорости скольжения 3—5 м/с.

Пары трения, в которых применены опоры из графитового материала, могут работать всухую или со смазкой. В качестве смазочного материала используются вода, масла, консистентные смазки, а также химические среды, в которых протекают процессы крашения, пропитки, отбеливания ровницы, пряжи или ткани.

Повышенная износостойкость опор из графитовых материалов объясняется свойством графита образовывать на металлической поверхности сопряженной детали (вала) тонкую пленку графита, ориентированную плоскостями спайности кристаллов параллельно поверхности детали.

Антифрикционные полимерные материалы получили широкое распространение в машинах легкой и текстильной промышленности. Детали из них обладают многими положительными свойствами, например хорошо прирабатываются; мало изнашиваются; не задирают поверхностей сопряженных металлических деталей и мало изнашивают их; хорошо работают при различной смазке (в том числе водой и эмульсией); некоторые из них способны поглощать энергию удара и гасить колебания.

Из пластических масс, применяемых в качестве антифрикционных материалов, на первом месте стоят полиамиды, к ко-

торым относятся: поликапролактам (капрон, силон, перлон, капролон), полиамидные смолы марок П-68, АК-7, П-6 и П-54, анид и найлон (типа 66).

Детали трения (например, подшипники) из этих материалов могут работать: без подвода смазки извне при температуре, не превышающей 85 °С (в качестве смазки при этом служат технологические жидкости, применяемые в процессе обработки волокон, пряжи, ткани, кожи); в запыленных (абразивных) средах; при вибрационных и ударных нагрузках. Широкому распространению этих материалов способствуют высокие антифрикционные и механические свойства, химическая стойкость, а также низкая стоимость.

Так, коэффициент трения капрона по стали без смазки при скорости скольжения 0,4—2 м/с и давлении до 3,5 МПа составляет 0,18—0,21. В условиях скудной смазки и даже сухого трения капроновые подшипники изнашиваются в 20—50 раз меньше бронзовых, но при нагревании до 180—200 °С трущиеся поверхности капроновых подшипников размягчаются, намазываются на вал и заедают узел.

Режим работы подшипников из полиамидных материалов: допускаемые значения давления $p = 5 \ldots 7$ МПа, максимальная скорость скольжения $v = 0{,}5 \ldots 0{,}6$ м/с. Верхние пределы указанных значений p и v предусматривают наличие охлаждения узла или его периодическую работу.

Подшипники из полиамида способны поглощать влагу, что вызывает искажение их размеров и формы. Даже в обычных атмосферных условиях содержание влаги в материале достигает 3—3,5 %, а каждый процент поглощенной влаги изменяет линейные размеры подшипника на 0,15—0,25 % и ухудшает его прочность. Конструктивные размеры и форма подшипников изменяются и при работе в различных жидкостях.

Другим недостатком полиамидных материалов является их низкая теплопроводность (в несколько сот раз ниже, чем у стали и чугуна). Чем толще стенка подшипника, тем меньше отводится через него тепла от трения и тем больше нагревается трущаяся пара. Учитывая, что коэффициент линейного расширения полиамидных материалов в 10 раз больше, чем у стали, ясно, что пластмассовая втулка, запрессованная в металлическую обойму, может сжаться, выбрать весь зазор и обжать вращающийся вал, что приведет к заеданию узла. Поэтому в случае применения для втулки полиамидов толщина ее стенки должна быть не более 1,5—3 мм, зазор равен 0,05—0,01d (где d — диаметр вала), а длина равна диаметру вала.

Для улучшения свойств втулки из полиамида подвергают термической обработке (нагрев в минеральном масле при температуре 170—175 °С в течение 30 мин) с последующей получасовой выдержкой. При термообработке происходит усадка втулки на 1—1,2 %, обезвоживание и пропитка маслом.

Свойства антифрикционного полиамидного материала заметно улучшаются, если во время переработки в его состав вводятся наполнители (графит, двусернистый молибден, тальк). Так, капрон, наполненный графитом (капрографит), обладает низким коэффициентом трения, небольшим влагопоглощением, стабильностью размеров, а также повышенными показателями прочности на сжатие и твердостью.

Эффективно также изготовление деталей из полиформальдегида. Такие детали хорошо работают при температурах до 130 °С. Предел прочности на сжатие для них составляет 130 МПа, твердость — 25 НВ. Полиформальдегид обладает низкой влагопоглощаемостью и поэтому отличается стабильностью размеров. Детали из полиформальдегида (подшипники, шестерни) работают бесшумно. При работе этих деталей в паре со стальными ($p = 7{,}5 \ldots 15$ МПа, $v = 1$ м/с) коэффициент трения составляет: без смазки — 0,15, при разовой смазке маслом — 0,03. С введением в состав полиформальдегида графита, двусернистого молибдена или подобных наполнителей работоспособность подшипников повышается в несколько раз вследствие улучшения теплоотвода и снижения износа. Главным недостатком полиформальдегида является большая усадка (3—3,5 %).

Для покрытия (армирования) металлических и изготовления цельнопластмассовых деталей применяют самотвердеющие акрилопласты (типа стирокрила марки ТШ и пластмассы марки АСТ-Т). Особенно эффективно применение деталей из акрилопластов при работе со смазкой; их износостойкость в 6—8 раз выше, чем у деталей из капрона.

При ремонте машин часто используют детали из эпоксидных композиций (эпоксипласты). Наиболее износостойкими являются эпоксидные композиции с такими наполнителями, как безводная окись алюминия с размерами частиц 0,02—0,2 мм и газовая капиллярная сажа. В качестве антифрикционных материалов применяются эпоксидные композиции, наполненные тканевыми и волокнистыми отходами или коллоидным графитом, а также пластмассы (поликарбонат, пентон и пропилен).

При использовании полимерных материалов для подшипников, зубчатых колес и подобных деталей учитывают их низкую теплопроводность (в 200—400 раз меньшую, чем у бронзы), способность разбухать за счет влаго- и водопоглощения, а также пониженную теплостойкость. Вследствие этого для указанных деталей применяют увеличенные зазоры и регламентированные силовые и скоростные режимы работы.

Антифрикционные пластмассы на тканой основе (текстолит и др.). Текстолит представляет собой материал на тканой основе, пропитанной резольной смолой. Для этой цели применяют главным образом хлопчатобумажные ткани, реже льняные и из синтетических волокон. В связи с высокой стоимостью и дефицитностью использование текстолита ограничено.

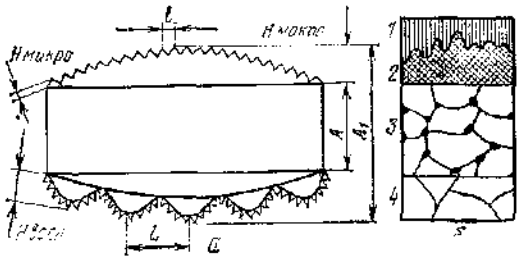
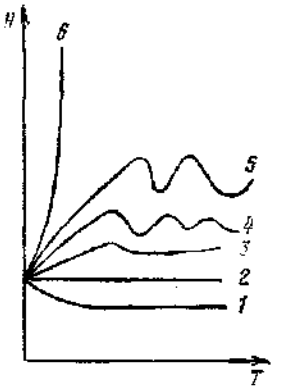


Рис. 1.8. Трущиеся поверхности:

а — геометрия; *б* — строение: *1* — пленка адсорбированных газов; *2* — частицы окислов, абразивов, пыли; *3* — деформированные зерна металла; *4* — основной недеформированный металл



→

Рис. 1.9. Изменения микронеровностей (*H*) при различных видах изнашивания

Качество трущихся поверхностей. Качество трущихся поверхностей характеризуется их геометрией и физико-механическими свойствами металла в тонких верхних слоях. Геометрию поверхности определяют следующие основные параметры: микронеровности (микрогеометрия, шероховатость) и их направление, волнистость, макронеровности (макрогеометрия).

Микронеровности — это неровности, располагающиеся внутри квадрата со стороной порядка одного или нескольких миллиметров. Различают продольную (в направлении движения режущего инструмента) и поперечную (расположенную перпендикулярно продольной) микронеровности.

Волнистость — это совокупность (не менее двух) периодических, регулярно повторяющихся и близких по размерам чередующихся возвышений и впадин, образующих неровности со значительно большим, чем у микронеровностей, взаимным расстоянием. Форма волн чаще всего близка к синусоиде.

Макронеровности — это единичные отклонения поверхности от номинальной формы (конусность, эллипсность, бочкообразность, корсетность для цилиндрической формы, неплоскостность, выпуклость, вогнутость для плоской формы и т. д.). Геометрия трущихся поверхностей (расположение на ней всех видов неровностей) изображена на рис. 1.8, *а*. На рисунке приняты следующие обозначения: A, A_1 — диаметры искаженной формы детали; $H_{микро}$, $H_{макро}$ — высота соответственно микро- и макронеровностей; $H_{волн}$ — высота волнистой неровности; i — шаг микронеровностей; L — шаг волнистой неровности.

Физико-механические свойства и строение наружных тонких слоев поверхности отличны от свойств и строения глубинных слоев (основного металла). Уже при механической обработке резанием тонкие поверхностные слои наклепываются (что приводит к повышению их твердости), кристаллическая решетка

в них деформируется, металл с поверхности обезуглероживается, насыщается кислородом, азотом, а сама поверхность покрывается частицами окислов, абразивов и пленкой адсорбированных газов (*рис. 1.8, б*).

Исходное состояние детали (качество поверхности) в процессе изнашивания изменяется. В период приработки деталей машин полностью или частично разрушаются, истираются и перемалываются первоначальные поверхностные неровности, образовавшиеся при механической обработке, и появляются новые неровности иных форм, размеров и направленности. Одни и те же поверхностные микронеровности видоизменяются поразному (рис. 1.9) в зависимости от условий изнашивания (материала трущихся пар, удельной нагрузки, характера смазывания, загрязнений и т. д.), определяющих вид износа. Так, кривая *1* характеризует изменение размера поверхностных микронеровностей при медленном (нормальном) изнашивании, когда металл с поверхности отделяется очень мелкими порциями и в результате постепенного заглаживания на поверхности образуются малые неровности. Прямая *2* соответствует абразивному характеру износа, при котором, несмотря на большое абсолютное изнашивание, размер микронеровностей почти не изменяется, так как с вершин и впадин начальной неровности снимается примерно одинаковый слой металла. При более тяжелых условиях изнашивания (увеличении удельной нагрузки, выдавливании смазки) изменения поверхностных неровностей соответствуют кривым *3* и *4*. При задирах и заеданиях трущихся поверхностей разрушение микронеровностей характеризует кривая *5*. Волнистый характер кривых *4* и *5* объясняется чередованием процессов сглаживания микронеровностей и молекулярного схватывания. Кривая *6* характеризует изменение *поверхностных микронеровностей при катастрофическом заедании* трущейся пары.

Если условия изнашивания остаются одинаковыми, то после приработки устанавливается оптимальная с точки зрения износа шероховатость, не зависящая от первоначальной шероховатости, образовавшейся при механической обработке. Установившаяся шероховатость может быть больше или меньше первоначальной. В ходе изнашивания трущиеся поверхности взаимно приспосабливаются, что определяет оптимальное их состояние. При этом поверхности, бывшие вначале грубыми, могут стать более гладкими, и наоборот.

Волнистость влияет на износ двояко: с увеличением высоты волны износ усиливается, но вместе с тем при наличии волнистости затрудняется молекулярное схватывание металлов, т. е. улучшаются противозадирные свойства трущихся поверхностей.

Все сказанное ранее справедливо, если искажение формы детали (макрогеометрия) находится в допустимых пределах.

В ином случае (даже при наиболее выгодной микрогеометрии) детали форсированно изнашиваются.

Изменение начальных физико-механических свойств наружных слоев детали в ходе ее изнашивания характеризуется возрастанием напряжений, глубины и степени наклепа как результата пластического деформирования. При этом сжимающие напряжения повышают износостойкость, а растягивающие снижают ее.

Наличие наклепанного слоя по-разному влияет и на износ. При резком переходе от наклепанного к ненаклепанному слою или при значительных перепадах твердости внутри наклепанного слоя наблюдается хрупкое выкалывание частиц с трущихся поверхностей. В случае отсутствия резкого перепада твердости наклепанный слой имеет повышенную износостойкость, поэтому иногда прибегают к искусственному наклепыванию трущихся поверхностей. Если детали работают в абразивной среде, наклепывание не оказывает влияния на их износостойкость.

Наиболее ответственной стадией процесса изнашивания является приработка. Именно на этой стадии формируется наиболее выгодная микрогеометрия трущихся поверхностей, которая затем оказывает решающее влияние на их дальнейшее изнашивание. Поэтому приработка должна быть максимально облегчена и ускорена, что достигается несколькими способами, в том числе соответствующей подготовкой поверхностей.

Одним из таких способов является химическая подготовка деталей, при которой их поверхности обогащают активными химическими элементами. В результате химической реакции на трущихся поверхностях образуются слои, обладающие пониженной по сравнению с металлом прочностью, вследствие чего разрушение контактирующих микроучастков происходит настолько легко, что не развивается в глубь металла. При этом уменьшается трение и предупреждается заедание. К химической подготовке деталей относятся: сульфинизация (образование поверхностного слоя химического соединения металла с серой), фосфатирование (образование пленки фосфорнокислых соединений металла), травление кислотами (например, азотной) и др. Установлено, что сульфинизация повышает противозадирные свойства стали в 5 раз. Фосфатированием шестерен удается втрое ускорить приработку и вдвое повысить износостойкость. Травление чугунных деталей сокращает длительность приработки в 2,5—3 раза и предохраняет от задиров стальную сопряженную деталь.

Процесс приработки облегчается также при нанесении тонких слоев из пластичного металла. Например ответственные чугунные детали натирают латунью или медью.

Качество сборки. Перекосы валов, перетяжка подшипников, отсутствие соосности у многоопорных валов, неправильное сцепление шестерен, неправильное сопряжение кулачков с роликами, плохая балансировка вращающихся деталей иногда являются основными причинами быстрого износа деталей.

Так, перекошенный вал вначале прилегает только к краям подшипника. В этих местах возникает повышенная удельная нагрузка, которая приводит к сильному разогреванию и износу деталей. Например, в одном из опытов подшипник $d = 40$ мм, на который опирался вал с перекосом 1 : 62, уже за первые 30 мин работы нагрелся до 100 °С, в то время как при правильной установке вала разогрев подшипника достигал только 40 °С. Следовательно, если вал перекошен, невозможно жидкостное трение. Если вал имеет малую жесткость, легко прогибается, то даже при правильной сборке он может во время работы перекоситься в опорах. В этом случае применяют самоустанавливающиеся подшипники.

Перетяжка подшипников вследствие значительной работы трения приводит к сильным задирам вала и твердых (бронзовых, чугунных) вкладышей или к выплавлению баббитовой заливки. В пыльных производствах сильный разогрев подшипников может вызвать пожар, особенно когда масло имеет низкую температуру вспышки.

Неправильное сцепление шестерен характеризуется несоблюдением радиального и бокового зазора, непараллельным положением осей и т. д. При этом зубья контактируют на малой поверхности, результатом является увеличение скольжения и плохое обкатывание, что приводит к быстрому износу шестерен. Перекос в зацеплении часто бывает основной причиной выкрашивания, сколов и обломов зубьев. Плохая балансировка тяжелых вращающихся деталей (например, барабана чесальной машины) вызывает сильную вибрацию, быстрый и неравномерный (односторонний) износ вала и подшипников.

Силовой и скоростной режимы работы трущихся пар. Силовой режим работы трущихся пар характеризуется удельной нагрузкой (p, МПа) на их поверхности, а скоростной — скоростью относительного движения одной детали по другой (v, м/с). Значения этих параметров изменяются в зависимости от вырабатываемой продукции и принятого при этом скоростного режима.

Установлено, что интенсивность изнашивания I деталей возрастает с увеличением удельной нагрузки. Если между трущимися поверхностями нет масляного слоя (отсутствует поддерживающий эффект смазки), интенсивность изнашивания I подчиняется зависимости (по М. М. Хрущову)

$$I = \Delta z/\Delta l = cp^m,$$

где Δz — изменение линейного размера изнашивающейся детали за путь трения Δl; c и m — постоянные, зависящие от условий трения и свойств материала (для пластичных антифрикционных материалов типа баббита $m = 1$, а для твердых антифрикционных материалов $m = 2$).

При полужидкостном трении, когда часть нагрузки воспринимается масляным слоем (наличествует поддерживающий эффект смазки), интенсивность изнашивания подчиняется другой зависимости:

$$I = \Delta z/\Delta l = cp\,[1 - M\eta v l/(h^2 p)] = cp\,(1 - k),$$

где M — коэффициент, оценивающий условия образования гидродинамического давления в масляном слое; η — вязкость масла; v — скорость скольжения трущихся поверхностей; l — основной линейный размер поверхностей; h — наименьшая толщина масляного слоя; $k = M\eta v l/(h^2 p)$ — параметр, характеризующий долю общей нагрузки на трущуюся пару, передающуюся через слой смазки.

Чем совершеннее смазка, тем величина параметра k ближе к единице, тем меньше интенсивность изнашивания.

Влияние скорости относительного движения на изнашиваемость трущихся деталей имеет более сложный характер. Из многочисленных опытов удалось установить, что при отсутствии смазки (сухом трении) и граничном трении с увеличением скорости движения изнашивание сначала возрастает, а дойдя до максимума, уменьшается. Такая тенденция характерна для деталей из закаленной стали, чугуна и твердой бронзы. При наличии между трущимися поверхностями масляного слоя увеличение скорости движения приводит к уменьшению изнашивания.

Смазка машин и уход за ними. Эффект повышения износостойкости в результате применения смазки можно проиллюстрировать данными, полученными при исследовании чугунных вкладышей: смазка уменьшает износ неприработанных поверхностей более чем в 5 раз, а приработанных — более чем в 30 раз.

Известно, что от 50 до 80 % всех случаев преждевременного износа деталей машин текстильной и легкой промышленности вызвано плохой смазкой. Смазочные материалы подбираются в зависимости от конструктивных параметров силового и скоростного режима работы узла трения. Например, для пары вал — подшипник выбор смазочных материалов зависит от нагрузки, частоты вращения, зазора, толщины смазочного слоя, диаметра вала и отношения длины подшипника к его диаметру.

Важнейшим свойством смазочных масел, влияющим на несущую способность масляного слоя, является их вязкость. Чем больше нагрузка на трущуюся пару, размер зазора и толщина смазочного слоя, тем более вязким должно быть масло, а чем выше частота вращения вала, больше его диаметр, отношение длины подшипника к его диаметру, вязкость масла должна быть меньшей.

Вместе с тем следует иметь в виду, что вязкость масла в процессе работы меняется с изменением температуры и давления в зоне трения (рис. 1.10). Масла, имеющие крутую температурную кривую вязкости, хуже предохраняют детали от изнашивания, чем масла с более пологой кривой. Это объясняется тем, что при повышении температуры (рис. 1.10, *а*) вязкость масла настолько уменьшается, что оно не может надежно разобщать трущиеся поверхности; при понижении температуры вязкость масла так повышается, что оно с трудом доходит до трущихся мест. С увеличением давления вязкость смазочной жидкости увеличивается (рис. 1.10, *б*), причем изменение это существенно лишь при значительных величинах давления.

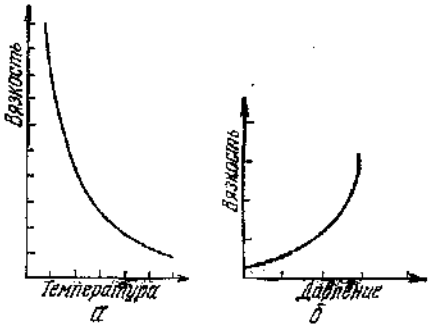


Рис. 1.10. Влияние температуры (*а*) и давления (*б*) на вязкость смазочного масла

Наряду с правильным выбором масла большое влияние на износостойкость трущихся деталей оказывает тщательный уход за ними. Следует иметь в виду, что грузоподъемность масла сильно снижается при его окислении, загрязнении механическими частицами (продуктами износа, промышленной пылью), а также при попадании в него воды, кислорода и других примесей.

Защита деталей от таких загрязнений осуществляется на предприятиях путем конструктивного оформления узлов трения, применением в узлах современных надежных уплотнителей, качественным обеспыливанием машин, а также регулярной тщательной чисткой трущихся поверхностей.

Для предупреждения износа важна также своевременная и достаточная смазка трущихся деталей.

Расход масла для смазки машин зависит от системы его подачи. При ручной смазке расход масла для одного смазывания определяется емкостью зазора между деталями, которая рассчитывается по формуле

$$W_р = V\gamma = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} l\gamma,$$

где $W_р$ — расход масла; V — объем зазорного пространства; γ — плотность; l — длина подшипника; D — диаметр подшипника; d — диаметр вала.

Этого количества масла достаточно для нормальной работы узла в течение 2—3 ч.

При циркулярной системе смазки под давлением для определения расхода масла пользуются формулой

$$W_д = (0{,}7p + 10p')\frac{(D - d)^3}{lDz},$$

где $W_л$ — расход масла, г; p — нагрузка между валом и подшипником, МПа; p' — давление в маслопроводе, МПа; z — абсолютная вязкость масла.

Расход пластичного смазочного материала определяют по формуле

$$W_п = 0{,}18\,\pi d l n p \alpha \cdot 10^{-6},$$

где $W_п$ — расход смазки, см³; n — частота вращения вала, с⁻¹; α — коэффициент, характеризующий условия подвода смазки ($\alpha \approx 0{,}5$).

Режим смазки и чистки машин регламентируется правилами технической эксплуатации, при нарушении которых возрастает износ деталей и расход электроэнергии. Например, для прядильных машин при переработке льняных волокон износ деталей веретенных узлов увеличивается в этом случае в 1,5—4 раза, а расход электроэнергии — на 20—35 %. В табл. 1.5 в

Таблица 1.5

Место смазки	Смазочный материал	Периодичность смазки
Распределительные коробки	Масло индустриальное марки 30	1 раз в смену
Редукторы с цилиндрическими зубчатыми колесами	То же	3 раза в год
Редукторы с червячной передачей	Масло трансмиссионное автотракторное зимнее	То же
Опоры скольжения, смазываемые индивидуально	Масло индустриальное марки 30	1 раз в смену
Зубья шестерен	Консистентная смазка марки УСс-А	2 раза в месяц
Замасливатель скалки	Эмульсия для увлажнения волокон	3 раза в месяц

качестве примера приведены данные о режиме смазки трепальной машины.

Многие трущиеся узлы машин текстильной и легкой промышленности смазываются недостаточно из-за опасности замасливания вырабатываемого продукта (пряжи, ткани и т. п.), вследствие чего износ деталей увеличивается.

Для повышения износостойкости деталей, работающих при недостаточной смазке, рекомендуется применять смазочный материал, который в этих неблагоприятных условиях обеспечивал надежную работу узлов. Это касается и выбора материалов для изготовления трущихся деталей. Эффективно применение графитированных масел, а также смазочных материалов на *основе двусернистого молибдена. Графитированное масло* представляет собой обычное минеральное бескислотное масло, в которое вводится 1—2 % препарата коллоидного (сильно измельченного) графита, имеющего слоистое строение, хорошую подвижность слоев и потому обладающего очень малым коэффициентом трения.

Особенно хорошие результаты получаются при смазке графитированным маслом чугунных подшипников, чисто расточенных и развернутых. Износ этих деталей, так же как и валов, при смазке графитированным маслом в 3—4 раза меньше, чем при смазке чистым минеральным маслом. Одновременно значительно сокращается и длительность приработки деталей. Установлено, что смазка графитированным маслом позволяет почти вдвое сократить расход смазочных материалов и уменьшить потребление мощности. Детали, смазываемые графитированным маслом, не корродируют, что также повышает срок их службы.

Двусернистый молибден (MoS_2) относится к группе твердых смазочных материалов, имеющих, как и графит, слоистое строение и малый коэффициент трения. Его вводят в масло или в консистентную смазку. Для получения на поверхностях трения пленок MoS_2 достаточна его концентрация в смазке от 0,2 до 1,5—2 %.

Масла, обогащенные MoS_2, применяют для смазки различных узлов трения (например, зубчатых и червячных передач, колец, бегунков, веретен). Консистентные смазки с двусернистым молибденом используют главным образом в опорах качения и скольжения, причем наличие MoS_2 обеспечивает получение граничной смазки в таких условиях, когда основная консистентная смазка разлагается и не способна выполнять свои функции. Двусернистый молибден применяют также в виде порошка для натирания трущихся поверхностей, пасты для покрытия отдельных тяжело нагруженных деталей и лака для нанесения на поверхности трения путем пульверизации или кистью.

В том случае, когда обильная смазка невозможна или недопустима из-за опасности замасливания вырабатываемого продукта, широко применяют порошковые пористые металлокерамические железографитовые детали (вкладыши, втулки и т. п.). Пористость обеспечивает благоприятный рельеф поверхности, дополнительную смазку, а также прирабатываемость трущихся поверхностей путем перемещения их частиц в смежные поры. Для нормальной работы порошковых металлокерамических деталей требуется в 2—3 раза меньше смазки, чем для литых деталей из бронзы и чугуна. Если металлокерамические детали предварительно пропитать маслом, они могут работать как самосмазывающиеся, но только при небольших скоростях и удельных нагрузках. При работе в абразивной или химически активной средах следует применять пластичную (консистентную) смазку (солидол) независимо от частоты вращения детали.

При недостаточной смазке рационально также применять детали из пластмасс (см. с. 31). При малых нагрузках и скоростях ($p \leqslant 0{,}1 - 0{,}2$ МПа, $v \leqslant 0{,}5$ м/с) подшипники из пластмасс могут работать без смазки, а при больших нагрузках

и скоростях их следует обильно смазывать водой, масляной эмульсией (15 % масла) и солидолом. Для смазки текстолитовых вкладышей используется вода, а также обычные минеральные масла, а применение деталей из металлофторопластовой пористой композиции (см. с. 30) позволяет вообще обойтись без смазки.

Все большее распространение получают металлоплакирующие смазочные материалы, которые способны за счет содержания в них порошкообразного металла или его соединений формировать на трущихся поверхностях защитные металлические пленки, что делает трущуюся пару малоизнашиваемой или даже неизнашиваемой (см. с. 20). Наибольший эффект достигается при смазывании металлоплакирующими материалами пневмомеханических прядильных машин, бесчелночных ткацких станков, швейных, трикотажных и других машин.

Так, при смазывании этими материалами быстроходных подшипников прядильных машин БД-200 удается вдвое повысить срок службы подшипников и увеличить сроки смазки в 2 раза.

Частота остановов и пусков машин. Износ деталей машин в значительной мере зависит от частоты остановов и пусков всей машины или отдельных ее узлов по разным причинам. На текстильных предприятиях главной причиной остановов является обрывность пряжи (нити). Так, на прядильных машинах обрыв приводит к останову отдельных веретенных узлов или прядильных устройств, а на ткацких станках — к останову всего станка. Например, при остановах машины через каждые 5, 10 и 15 мин износостойкость чугунных деталей, смазываемых индустриальным маслом, уменьшается соответственно на 48, 22 и 13 %.

Это объясняется тем, что при каждом пуске машины в ее узлах преодолевается инерция покоя, и начальный период работы трущихся поверхностей всегда протекает в более тяжелых условиях, когда даже достаточный слой масла не способен надежно разобщить трущиеся поверхности. Еще худшие условия создаются при отсутствии или недостаточности смазки. При остановах же, когда резко падает скорость, поддерживающая способность смазки (которая была до этого в узле) теряется. Во всех этих случаях резко возрастает износ деталей. Поэтому успешная борьба с обрывностью и сокращением времени на ее ликвидацию не только повышает производительность машин и качество вырабатываемой продукции, но, что не менее важно, увеличивает также износостойкость оборудования.

Важно знать, что при чистоте рабочей поверхности стальной цапфы в пределах классов 6—10 и работе в нестационарном режиме износ трущейся пары минимальный. Наибольший коэффициент трения имеют чугунные вкладыши и наименьший вкладыши из металлофторопластовой ленты и с тонкослойным

капроновым покрытием. При этом разница в износе при прерывном и непрерывном движении у этих вкладышей очень незначительна. Стальная цапфа изнашивается сильнее всего при работе с чугунными вкладышами и минимально с вкладышами, имеющими тонкослойное капроновое покрытие.

ПОЛОМКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. ПОВЫШЕНИЕ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Остаточные деформации, разрушения с вязким и хрупким изломом

Под действием приложенной нагрузки материал деформируется; это сопровождается изменением формы и размеров детали. Деформации бывают упругими (обратимыми после снятия нагрузки) и пластичными (необратимыми после снятия нагрузки).

При длительном действии контактных, растягивающих, сжимающих и скручивающих напряжений, а также повышенных температур возникают остаточные деформации, приводящие к изменению геометрической формы детали (смятия, удлинения, изгибы и другие повреждения).

Одной из существенных причин поломок деталей машин является их сильная перегрузка, действие которой особенно опасно при чрезмерном износе и значительной коррозии деталей. Перегрузка деталей и сочленений происходит при неправильной заправке машин (например, когда тип станка не соответствует ассортименту тканей), плохой балансировке вращающихся тяжелых деталей (например, барабана чесальной машины).

Если поверхность излома детали матовая (без кристаллического блеска) и на площадке разрушения имеются скосы, волокнистость, то такой излом называют вязким. Когда на деталь действуют значительные ударные нагрузки или она неправильно закалена, когда в материале (сталь или чугун) содержится большое количество фосфора, серы или в детали имеются микротрещины, разрушение происходит при незначительной микропластической деформации. Поверхность излома в этом случае имеет кристаллический блеск, покрыта рубцами, лучеобразно расходящимися из зоны начала разрушения. Такой излом называют хрупким.

Поломки деталей происходят также из-за плохого качества изготовления и ремонта деталей и машин, а также вследствие плохого ухода за ними. Иногда причиной поломок могут быть ошибки в конструкции и расчете машин.

Усталостные разрушения деталей. Известно, что чаще других ломаются детали, работающие при переменных нагрузках. Поломки происходят главным образом в местах концентраций

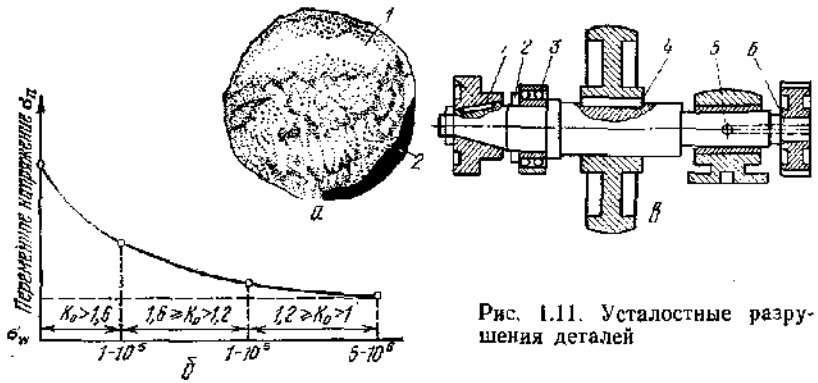


Рис. 1.11. Усталостные разрушения деталей

больших напряжений. Это объясняется тем, что многократное изменение напряжения материала вызывает в нем явление прогрессивного разрушения, известное под названием «усталости» материала.

Особенностью усталостного разрушения является отсутствие деформации в зоне разрушения даже в таких материалах, как мягкие стали, обладающие высокой пластичностью при статическом разрушении. Обычно усталостные трещины зарождаются в зоне изменения формы или нарушений поверхности деталей.

Опасность усталостных разрушений заключается в том, что они происходят как бы внезапно, без внешних признаков, сигнализирующих о возможности такой поломки. Внезапность поломки часто приводит к повреждению других деталей машин и аварии.

Отмечаются случаи, когда разрушение деталей наступает при напряжениях, которые не только ниже предела прочности материала, из которого изготовлена деталь, а иногда ниже предела текучести и даже предела упругости этого материала. Такие факторы, как различные поверхностные повреждения (царапины, ссадины, шероховатость), неоднородность структуры, резкие переходы в форме и размерах, оказывают более сильное отрицательное влияние на усталостную прочность, чем на статическую.

Излом детали вследствие усталости чаще всего имеет вид, показанный на рис. 1.11, *а*. В нем различают две зоны. Зона *1* характеризуется приглаженным бархатистым видом и представляет собой область возникновения и постепенного развития первичной усталостной трещины. Иногда эта зона бывает окисленной. Зона *2* представляет собой поверхность, по которой происходит окончательное разрушение (доламывание) детали, и может иметь кристаллическую или волокнистую поверхность. В первом случае характер разрушения хрупкий, а во втором вязкий. Иногда создается промежуточная зона, менее гладкая,

чем первая. Эта зона является результатом ускоренного развития усталостной трещины.

Указанные признаки усталостных поломок хорошо различаются на изломах деталей из пластичных металлов и хуже на изломах деталей из чугуна и других литых металлов.

Факторы, влияющие на усталостную прочность деталей. *Методы повышения долговечности деталей*

Усталостная прочность деталей определяется следующими основными конструктивными и технологическими факторами: характером и величиной переменной нагрузки; формой и размерами деталей; характером сопряжения и шероховатостью поверхности деталей; коррозией; механическими свойствами материала детали и чувствительностью его к надрезу; технологией изготовления деталей.

Конструктивные факторы. Рассмотрим влияние основных конструктивных факторов на усталостную прочность.

Характер и величина переменной нагрузки. Как отмечалось, переменная нагрузка, действующая на деталь, вызывает в ней переменные напряжения. Характер изменения и пределы колебания этих напряжений отличаются большим разнообразием и зависят от конструкции машины, режима ее работы и т. д. У большинства деталей машин текстильной и легкой промышленности напряжения изменяются периодически. Каждое однократное изменение напряжений называется циклом. Время, в течение которого протекает один цикл, называется периодом, а число циклов, совершаемых в единицу времени (1 мин), — частотой цикла.

Максимальное напряжение (σ_{max} или τ_{max}), при котором материал не разрушается при неограниченном числе циклов, называется пределом выносливости или пределом усталости и обозначается через σ_w. Обычно для стали и чугуна достаточно 5—10 (иногда 20 млн) циклов, чтобы установить это напряжение. Для цветных металлов число циклов приходится доводить до 50—100 млн. Если деталь (образец) выдержала без образования трещины указанное число циклов, значит она выдержит, не ломаясь, неограниченное их число.

На рис. 1.11, *б* приведена кривая усталости для отожженной конструкционной стали средней твердости, устанавливающая зависимость между напряжением и числом циклов, вызывающим разрушение детали. При напряжениях, превышающих предел усталости (перегрузках), способность металла служить без образования трещин под действием циклических нагрузок заметно снижается. Виды поломок различаются в зависимости от степени циклической перегрузки:

$$K_0 = \sigma_к/\sigma_w,$$

где $\sigma_к$ — напряжение, действующее в детали; σ_w — предел усталости детали.

Поломки бывают (см. рис. 1.11, *б*) собственно усталостные (при $1{,}2 \geqslant K_0 > 1$); преждевременные усталостные (при $1{,}6 \geqslant K_0 > 1{,}2$) и, наконец, поломки вследствие циклической перегрузки (при $K_0 > 1{,}6$).

Для предупреждения усталостных поломок деталей из-за перегрузок необходимо: тщательно балансировать быстровращающиеся детали; устранять биение и несоосность деталей; хорошо регулировать амортизаторы, смягчающие ударные нагрузки; применять виброгасящие устройства; точно выверять сопряжения деталей; регулярно проверять и подтягивать ослабевшие крепления; регулировать размеры зазоров между вращающимися деталями, не допуская работы при больших зазорах, и др.

Форма и размеры детали. Усталостные разрушения обычно наблюдаются в местах резких изменений форм *1*—*6* детали, показанных на рис. 1.11, *в*. Это объясняется тем, что в них концентрируются напряжения, величина которых иногда в несколько раз превышает напряжение в гладкой части детали. Наличие концентрированных напряжений очень снижает предел выносливости детали.

Кроме того, выявлено, что на предел выносливости существенно влияют размеры детали (масштабный фактор). Так, с увеличением диаметра детали уменьшается ее усталостная прочность. Предполагается, что уменьшение усталостной прочности с увеличением размеров детали связано с большей неоднородностью свойств металла и влиянием более резкого перепада напряжения от наружных, упрочненных, более твердых слоев к внутренним неупрочненным, менее твердым.

Для предупреждения усталостных поломок необходимо сгладить все места деталей, в которых могут сконцентрироваться напряжения, например скруглить места резких уступов. Кроме того, эти места следует наклепать, вызывая в них сжимающие напряжения. Так, резьба, полученная накаткой, более долговечна, чем резьба, полученная обработкой резанием (резцом, плашками).

Характер сопряжения деталей. Из всех видов сопряжений наибольшее влияние на усталостную прочность деталей оказывают неподвижные посадки; здесь усталостная прочность может уменьшиться в 4 раза и больше, пропорционально величине натяга. Усталостная прочность во многом зависит также от материалов вала и напрессовываемой на него детали. Например, усталостная прочность вала из углеродистой стали с напрессованной на него втулкой уменьшается в меньшей степени, чем прочность вала из хромоникелевой стали. С увеличением твердости закаленной втулки усталостная прочность вала понижается в 2 раза и более.

Как отмечалось ранее (с. 16), при неподвижных посадках на контактных поверхностях часто возникает фреттинг-коррозия, которая резко снижает усталостную прочность сопряженных деталей.

Форма сопряжения вала с напрессованной деталью и конструкция последней также заметно влияют на усталостную прочность вала. Так, некоторое утонение и удлинение ступицы напрессовываемого колеса, выборка кольцевой канавки на ее торце и насадка детали на специальный бурт (утолщение вала) снижает концентрацию напряжений. Поверхностная накатка части вала под насадку детали также уменьшает концентрацию напряжений.

Шероховатость поверхности деталей. Шероховатость поверхности деталей оказывает значительное влияние на величину предела выносливости. Чем тщательнее отделана поверхность детали, чем меньше ее шероховатость, тем лучше деталь сопротивляется усталости.

Влияние шероховатости на усталостную прочность проявляется прежде всего в том, что во впадине каждой риски и в надрезах концентрируются напряжения. Даже незначительные царапины на полированной поверхности детали могут быть причиной снижения предела выносливости до 40 %. Наклеп наружных слоев детали, при котором создаются сжимающие напряжения, повышает усталостную прочность в 1,5—2,5 раза. Поэтому при изготовлении и ремонте деталей прибегают к искусственному наклепыванию путем обкатки роликами или дробеструйной обработки наружных поверхностей, продавливания шарика сквозь отверстия и т. п. Детали, обкатанные роликами и раскатанные шариками, имеют очень гладкие поверхности.

Коррозия. Коррозия поверхности детали сильно снижает предел ее выносливости. Особенно опасна местная и межкристаллическая коррозия (см. с. 53).

Когда деталь работает в корродирующей среде при переменных напряжениях, ее первичные трещины образуются в процессе усталостного разрушения не только от перенапряжения и пластической деформации, но и вследствие разъедающего действия этой среды. Усталостная прочность корродированных деталей в несколько раз ниже усталостной прочности деталей, не подвергающихся коррозии. Разрушение в этом случае имеет хрупкий характер и называется коррозионной усталостью.

Выяснено, что антикоррозийные покрытия по-разному влияют на коррозионную усталость защищаемой детали. Например, электролитическое хромирование, меднение, никелирование, способствующие возникновению пор и растягивающих напряжений в поверхностных слоях металла, снижают коррозионную усталость детали, а цинкование почти полностью устраняет вредное действие агрессивной среды на усталостную прочность. Опасность коррозионной усталости уменьшается, если деталь сульфидирована.

Надежными средствами для предупреждения коррозионной усталости стали являются антикоррозионное (кратковременное) азотирование, обкатка роликами и обдувка дробью, так как при этих операциях возникают сжимающие напряжения. Обнадеживающие результаты по повышению выносливости детали в коррозионной среде получены при применении неметаллических покрытий (из полиэтилена, бакелита и др.). При наличии переменных напряжений чувствительность конструкционной стали к влиянию агрессивной среды, т. е. к коррозионной усталости, повышается с увеличением предела прочности.

Механические свойства материала и чувствительность его к надрезу. Пределы выносливости конструкционных материалов при различных деформациях различны и всегда меньше предела прочности. Пределы выносливости для стали при растяжении-сжатии, изгибе и кручении представлены отношениями 1 : 1,4 : 0,8, для серого чугуна — 1 : 2 : 1,8 и для ковкого чугуна — 1 : 1, 7 : 1,5.

Чем однороднее и чище структура материала детали, тем выше предел ее выносливости. Так, в стали однородные сорбитные или троститные структуры дают наиболее высокие значения сопротивления усталости (первая — в 2 раза, а вторая — в 3,5 раза выше, чем перлитовая структура). Малоуглеродистая сталь с преобладающим количеством феррита и высокоуглеродистая сталь с появлением цементитной сетки имеют пониженные значения предела выносливости. В чугуне грубый и неравномерно распределенный графит, высокое содержание углерода и кремния понижают предел усталости, а измельчение графита или придание ему округлой формы, уменьшение содержания углерода и кремния способствуют увеличению сопротивляемости усталости. Поэтому перлитовый чугун, особенно модифицированный и высокопрочный, имеет более высокий предел выносливости, чем простой серый.

Приводимые в справочниках данные о пределах усталости различных материалов характеризуют их номинальные значения, полученные при испытании полированных образцов без резких переходов в размерах и формах.

Как уже отмечалось, наличие концентрированных напряжений в местах резких переходов (резьба, шпоночные канавки) снижает предел усталости многих материалов. Например, стальной коленчатый вал с пределом прочности материала 100 МПа имеет конструктивный предел выносливости всего 7 МПа. Поэтому в реальных деталях влияние качества материалов на усталостную прочность заметнее всего проявляется в их чувствительности ко всякого рода надрезам, выточкам и другим изменениям формы. Например, надрезы снижают предел выносливости стали на 35—55 %, а чугуна — на 5—20 %.

Чувствительность к надрезам усиливается с увеличением предела прочности. Так, обычный серый чугун, имеющий по

сравнению с высококачественным меньший предел прочности, оказывается менее чувствительным к надрезам. Незначительная чувствительность чугунных деталей к надрезам объясняется тем, что места расположения графитовых включений можно рассматривать как надрезы в металлической основе.

Существенное влияние на усталостную прочность металлов оказывает их способность поглощать и гасить колебания, возникающие в процессе работы машины. Установлено, что чугунные детали обладают лучшей способностью поглощать и гасить колебания, чем детали из стали и многих других металлов.

Технологические факторы. Ниже рассматривается влияние на усталостную прочность технологических факторов, чаще других встречающихся при изготовлении и ремонте деталей.

Обработка резанием со снятием стружки. При анализе влияния этого фактора на усталостную прочность деталей исходят из того, что в процессе резания, кроме образования неровностей вследствие пластической деформации происходит наклепывание (упрочнение) наружных слоев металла. Ранее (см. с. 44) уже было рассмотрено влияние шероховатости и наклепа поверхностных слоев на усталостную прочность.

Накатка. В ремонтной технологии широко применяется накатка (обкатка) деталей. Накатка осуществляется при помощи одного или нескольких закаленных роликов (62—63 HRC), соприкасающихся с накатываемой поверхностью под давлением, благодаря чему поверхность детали получается гладкой, наклепанной, имеет сжимающие напряжения и поэтому обладает высокой сопротивляемостью усталости.

Установлено, что наибольший эффект достигается в случае накатки мест концентрации напряжений (галтелей, отверстий, надрезов, мест напрессовки втулок, канавок). Так, если накатка гладких цилиндрических образцов (из стали марки 40) повышает их усталостную прочность на 18—20 %, то накатка образцов (из той же стали), имеющих такие концентраторы напряжений, как круговой надрез, поперечное отверстие и место под насадку втулки, повышает усталостную прочность соответственно на 60, 50 и 38 %.

Для деталей из стали марки 40 рекомендуется следующий режим накатки: давление роликов на детали в пределах 200—400 Н (в этих пределах с ростом давления усталостная прочность повышается, а дальнейшее увеличение давления заметного ее повышения не дает); скорость вращения детали — 1—35 м/мин (в этих пределах изменение скорости не влияет на усталостную прочность); подача ролика — 0,5—0,6 мм/об; число проходов роликов — 1—2 (большее число проходов на установленную прочность существенно не влияет).

Диаметр ролика должен быть не меньше диаметра накатываемой цилиндрической поверхности детали. Радиус скругления ролика не имеет существенного значения. Следует иметь в

виду, что погрешности формы детали при накатке исправляются лишь в незначительной степени, однако искажения формы при накатке также не наблюдается. Раскатывание отверстий шариками или роликами представляет собой принципиально тот же процесс, что и накатка (обкатка).

Сварка (см. с. 83). Сваренные и наплавленные детали имеют меньшие пределы выносливости, чем цельные, изготовленные из того же материала. Это объясняется неоднородностью строения наплавленного металла, наличием в нем включений, пор, непровара, тепловых напряжений, шероховатостью поверхности и др.

Предел выносливости зависит от способа сварки. Так, электродуговая сварка (V-образный шов) обеспечивает больший предел выносливости, чем газовая. Предел выносливости в случае применения толстообмазанных электродов выше, чем при использовании электродов с меловой обмазкой. Автоматическая сварка дает более выносливые соединения, чем ручная. Поковка, отжиг, механическая обработка и накатка наплавленного металла также повышает предел его выносливости. Наибольший предел выносливости получается при контактной сварке с оплавлением и несколько ниже при сварке сопротивлением (без оплавления).

Газотермическое напыление (см. с. 117). Установлено, что напыленный (металлизированный) слой при совместной работе с основанием, воспринимая определенную часть переменной нагрузки, увеличивает выносливость основного металла. Например, для стальных покрытий это увеличение достигает 15—20 %, причем газовое напыление эффективнее, чем электродуговое. Высокочастотное и плазменное напыление еще больше повышает выносливость детали (до 40—50 %).

Нанесение электролитических покрытий (см. с. 124). В ремонтной технологии чаще всего применяется хромирование, никелирование и меднение. Все эти процессы снижают предел выносливости деталей, и чем толще слой нанесенного покрытия, тем сильнее их действие. Так, хромирование снижает предел выносливости стальных гладких образцов до 22 %, никелирование — до 9—34 % (первая цифра характерна для малоуглеродистой стали, вторая — для более прочных видов, например стали 50 и др.), меднение — до 13 %.

Это объясняется тем, что при электролитическом покрытии хромом, никелем и медью возникают остаточные растягивающие напряжения, снижающие предел выносливости деталей. Электролитические покрытия с предварительным азотированием или накатыванием деталей не имеют указанных недостатков, так как при этом остаточные растягивающие напряжения, образующиеся в покрытии при электролитическом процессе, нейтрализуются сжимающими напряжениями, возникшими при азотировании или накатке.

Термическая или термохимическая обработка. Закалка, улучшая механические свойства металлов, повышает предел выносливости деталей, увеличивающийся вместе с пределом прочности.

Кроме общего упрочняющего действия термической обработки на повышение усталостной прочности деталей влияют и сжимающие остаточные напряжения. Рядом исследований доказано, что только за счет остаточных напряжений сжатия предел выносливости гладких деталей повышается до 20—30 %. Вместе с тем при закалке снижаются пластические свойства стали, что увеличивает чувствительность материала к надрезу. Поэтому наличие на деталях надрезов и других мест концентрации напряжений может значительно снизить положительное влияние закалки.

Отпуск, устраняющий остаточные напряжения сжатия на поверхности гладких деталей, также снижает их предел выносливости, но вместе с тем отпуск может и уменьшить чувствительность материала к надрезам. Поэтому основным фактором термической обработки, влияющим на предел выносливости и чувствительность детали к концентрации напряжения, является температура отпуска. Чем она выше, тем ниже предел выносливости и чувствительность детали к концентрации напряжений. Этим и объясняется, что сталь с различной структурой имеет различные пределы выносливости. Например, углеродистая сталь, содержащая 0,83 % углерода, при перлитовой структуре имеет предел усталости при изгибе 22 МПа, при сорбитовой — 40 МПа и при трооститной — 70 МПа.

Усталостная прочность деталей заметно повышается при поверхностной закалке токами высокой частоты, а также термохимической обработке — цементации и азотировании. Особенно эффективно применение закалки токами высокой частоты для деталей, имеющих надрезы, поперечные отверстия, неподвижные посадки втулок и другие концентраторы напряжений. В этих случаях предел выносливости стальных деталей может быть повышен в 1,8—2,5 раза. Цементация и азотирование увеличивают предел выносливости в 2 и более раза.

Положительное действие названных видов термической и термохимической обработки объясняется тем, что в детали образуются остаточные сжимающие напряжения.

КОРРОЗИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА

Разновидности коррозионных разрушений

Коррозией называют разрушение (разъедание, ржавление) металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с коррозионной

средой. В текстильной и легкой промышленности корррозии подвергаются больше всего машины и аппараты красильного и отделочного производств меховой, кожевенной и других отраслей, *работающие в агрессивных средах и условиях повышенной влажности (мокрое прядение льна, мокрое кручение хлопка,* шлихтование, ткацкое производство). По механизму процесса коррозия подразделяется на химическую и электрохимическую.

Химическая коррозия проявляется при взаимодействии металла со средой, не проводящей электрического тока. При этом происходят окислительно-восстановительные реакции, осуществляемые путем непосредственного перехода электронов с атома металла на частицу (молекула, атом) — окислитель, входящий в состав среды. Примером химической коррозии может *служить разрушение поверхности при взаимодействии металла* с кислородом (особенно при высоких температурах), сероводородом, сернистым газом, галогенами и др. По химическому механизму протекает и коррозия металлов в жидкостях, не проводящих электрического тока, но способных химически воздействовать на металл.

Электрохимическая коррозия происходит при взаимодействии металлов и сплавов с электролитами — жидкостями, проводящими электрический ток (ими являются растворы щелочей, кислот, солей), а также с влажным воздухом или другим газом. Для возникновения электрохимической коррозии не является обязательным условием погружение детали в электролит; достаточно, если она находится в условиях влажной атмосферы (атмосферная коррозия).

В зависимости от влажности атмосферы различают: мокрую атмосферную коррозию (при относительной влажности воздуха около 100 %, когда на поверхности детали наблюдается капельная конденсация влаги в виде тонкой видимой глазом влажной пленки) и влажную атмосферную коррозию (при относительной влажности воздуха ниже 100 %, когда на поверхности детали образуется тончайшая невидимая невооруженным глазом влажная пленка вследствие капиллярной, адсорбционной или химической конденсации). Следует иметь в виду, что скорость атмосферного корродирования иногда бывает больше, чем при погружении детали в воду.

На предприятиях текстильной и легкой промышленности шире распространена именно влажная атмосферная коррозия (в прядильных и ткацких цехах, где применяется искусственное увлажнение, на кожевенных заводах). При этом влага на поверхности деталей оседает прежде всего за счет так называемой капиллярной конденсации.

Центрами капиллярной конденсации могут быть, например (рис. 1.12, *а*), зазоры (щели) *1* между деталями, пылинки *2*, осевшие на металлические поверхности, и поры *3* в окисной пленке или продуктах коррозии. На вогнутых поверхностях

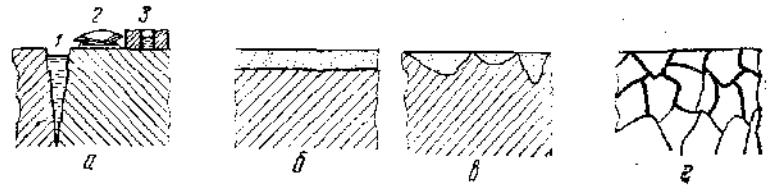


Рис. 1.12. Центры капиллярной конденсации (*а*) и разновидности коррозионных разрушений (*б*, *в* и *г*)

конденсация будет больше, а на выступающих меньше. Конденсация усиливается и за счет адсорбции. Коррозия становится особенно интенсивной, когда в атмосфере присутствует влага *различных газов (например, углекислого, сернистого и т. п.).*

Таблица 1.6

Группа стойкости	Скорость коррозии, мм в год	Балл
Совершенно стойкие	*Менее 0,001*	1
Весьма стойкие	Более 0,001 до 0,005	2
	» 0,005 до 0,01	3
Стойкие	» 0,01 » 0,05	4
	» 0,05 » 0,1	5
Пониженно-стойкие	» 0,1 » 0,5	6
	» 0,5 » 1	7
Малостойкие	» 1 » 5	8
	» 5 » 10	9
Нестойкие	» 10	10

Примечание. Шкалой нельзя пользоваться при межкристаллической коррозии.

Наличие этих газов усиливает электропроводность влаги, сконденсированной на поверхности детали.

Коррозионное разрушение начинается с поверхности металла и постепенно распространяется в глубь деталей, при этом изменяются их вид и свойства: утрачивается металлический блеск, поверхность покрывается слоем продуктов коррозии (ржавчиной и др.), а главное, резко ухудшаются механические свойства и износостойкость, что может привести к тяжелым авариям. Коррозионные разрушения можно разделить на три вида: равномерные, местные и межкристаллические.

Равномерная коррозия (рис. 1.12, *б*) проявляется в форме равномерного разрушения по всей поверхности. В результате равномерной коррозии прочность детали уменьшается пропорционально количеству разрушенного металла.

Местная коррозия (рис. 1.12, *в*) характеризуется тем, что разрушению подвергаются отдельные участки металлической поверхности. Местная коррозия особенно опасна, так как около пораженного участка концентрируются напряжения и при

ударной или повторно переменной нагрузке может произойти поломка детали.

Межкристаллическая коррозия (рис. 1.12, *г*) характеризуется распространением разрушения по границам зерен. Этот вид коррозии опасен тем, что он сильно ослабляет деталь, так же как и острые и тонкие надрезы. Кроме того, поломка детали может произойти внезапно, без внешних видимых признаков, предупреждающих о ее возможности.

Коррозионная стойкость металлов оценивается по десятибалльной шкале (табл. 1.6), в которой скорость коррозии выражена глубинным показателем.

Факторы, влияющие на коррозию

Процесс коррозии зависит от большого количества факторов. Основными из них являются: *состав и строение металла, подвергающегося коррозии, и среда,*

Таблица 1.7

Химический элемент	Содержание в стали, %	Влияние на коррозию
Медь	Более 0,15	Замедляет
Никель	» 3	
Хром	» 3	
Марганец	Ниже 0,7	Не влияет
	Более 0,7	Ускоряет
Фосфор	До 0,12	Не влияет
Кремний	В умеренных количествах	» »
Сера	То же	» »
	0,15 (при отсутствии меди)	Ускоряет
Углерод	Более 0,15	»

в которой он находится; состояние его поверхности; внутренние напряжения; методы изготовления; природа среды; температурные воздействия и т. д.

Состав, строение металла и среда, в которой он находится. Состав и строение металла — важнейший фактор, определяющий его сопротивляемость коррозии. Все металлы поддаются коррозии, но одни разрушаются в большей, а другие — в меньшей степени.

Сталь. Известно, что различные химические элементы, входящие в состав стали, по-разному влияют на ее сопротивление коррозии (табл. 1.7).

Конструкционная углеродистая сталь большинства марок относится к четвертой и пятой группам коррозионной стойкости (см. табл. 1.6), т. е. к группам пониженно-стойких и малостойких металлических материалов. Для повышения сопротивляемости коррозии в сталь вводят специальные примеси, главным образом хром, никель и медь.

Наиболее распространенной является высокохромистая сталь (*содержащая 12—14 % хрома*), известная под названием нержавеющей. Стойкость хрома обусловлена тем, что на его поверхности образуется очень тонкая оксидная пленка, предохраняющая металл от дальнейшего окисления. Нержавеющая сталь марок Х13, 2Х13, 3Х13 относится ко второй группе стойкости (см. табл. 1.6) в атмосферных условиях. Стойкость стали этих марок к коррозии после термической обработки еще более повышается.

Высокую стойкость к атмосферной коррозии (первая группа) проявляет сталь следующих марок: кислотоупорная Х17 и Х25, хромоникелевая Х18Н9, хромоникелетитанистая Х18Н9Т и др. Хорошей сопротивляемостью газовой коррозии обладает жаропрочная сталь марки Х14Н14В.

Чугун. Обычный серый чугун (СЧ) относится к малостойким материалам. Это объясняется его неоднородностью, выраженной в большей степени, чем у других металлических сплавов (например, стали).

Наивысшую коррозионную стойкость серый чугун имеет при чисто перлитной структуре и средних размерах включений графита, наименьшую — при ферритно-графитной структуре. Поэтому количество основных элементов (углерод, кремний и марганец), а также хрома и никеля должно обеспечивать получение перлитного чугуна.

Повышенной стойкостью во многих агрессивных средах обладает модифицированный серый чугун. Например, в серной кислоте (H_2SO_4), концентрация которой выше 60 %, и в плавленом едком натре (NaOH) его стойкость значительно превосходит стойкость остальных видов серого чугуна. Особенно высокую коррозионную стойкость имеет серый чугун, модифицированный силикокальцием. Для деталей, работающих в агрессивных средах, рекомендуется следующий состав чугуна, %: углерод 2,9—3,2, кремний 0,8—1,5, марганец 0,6—1, фосфор до 0,2, сера 0,06—0,08, углерод + кремний 4—4,4.

В тех случаях, когда имеется опасность окрашивания полуфабрикатов и изделий производства (пряжа, ткань, кожа, трикотаж и др.) продуктами коррозии, рекомендуется в состав чугуна вводить хром и никель, несколько уменьшив количество марганца. Состав такого чугуна следующий, %: углерод 2,8—3,2, кремний 0,8—1,2, марганец 0,4—0,6, фосфор 0,2, сера 0,04—0,08, хром 0,4—0,6, никель 0,6—0,8.

Особую группу составляют высоколегированные железоуглеродистые сплавы, обладающие значительной химической стойкостью и условно отнесенные к чугунам: железокремнистый (кремний — до 14,5 %), кремнемолибденовый (кремний 13,5—16 %, молибден — 3,25 %) и высокохромистый (хром 25—

36 %). Эти сплавы широко применяются в конструкциях отделочных и красильных агрегатов.

Свинец. Свинец иногда используется при изготовлении оборудования для красильно-отделочных фабрик. Наиболее высокую химическую стойкость он имеет только в растворах серной кислоты и ее солей, образующих на поверхности свинца пленку $PbSO_4$, достаточно прочно связанную с металлом и достаточно плотную и в силу этого обладающую хорошими защитными свойствами.

Сказанное справедливо только в том случае, если концентрация холодной серной кислоты не превышает 92 %, а горячей — 80 % (при температуре 85—90 °С). При более высокой концентрации растворов защитная пленка начинает разрушаться и свинец теряет свои антикоррозионные свойства. Примеси азотной кислоты, содержащиеся в серной, также снижают химическую стойкость свинца, а наличие в свинце таких примесей, как алюминий, цинк, олово и др., приводит к быстрому его разъеданию. Кроме того, местная коррозия свинца может быть выражена и оседающими в трубопроводах и сосудах посторонними веществами.

Сильная коррозия свинца наблюдается также в местах соединения паянием.

В таких средах, как гипохлорит натрия, солянокислый анилин, стойкость свинца значительно ниже, чем в серной кислоте. В растворах соляной, азотной и других органических кислот свинец не применяют, за исключением холодных разведенных растворов соляной кислоты (до 10 %). В растворах щелочей свинец легко растворяется.

Медь. Медь окисляется сравнительно легко, а окиси ее легко реагируют с кислотами, давая соли, поэтому в кислых средах медь быстро корродирует.

Особенно быстро медь растворяется в азотной кислоте. Серная кислота окисляет медь только при концентрациях выше 50—60 % и температуре выше 60 °С. Слабая серная кислота при температуре 20—30 °С на медь не действует. Соляная и органические кислоты окислительными средами не являются, поэтому они медь не разъедают. Если же в них присутствует кислород воздуха, медь быстро корродирует.

Алюминий. Алюминий является активным металлом, легко реагирует с другими веществами (легко корродирует). Однако в азотной, уксусной и других агрессивных средах он проявляет довольно высокую химическую стойкость. Объясняется это образованием на поверхности алюминия плотной защитной пленки, прочно связанной с металлом. Всякие примеси (железо, цинк, медь) снижают стойкость алюминия. Места сварки и спайки алюминия быстро корродируют. Внутренние напряжения, возникающие при механической обработке, также усиливают коррозию.

Цветные сплавы (бронза, латунь). Химическая стойкость цветных сплавов тем выше, чем однороднее их структура. Однородными являются сплавы, образующие твердые растворы.

Твердый раствор получается в оловянистой бронзе при содержании олова до 13,8 %. При увеличении количества олова структура раствора становится неоднородной и химическая стойкость его снижается. Присутствие 2—3 % цинка не нарушает однородности твердого раствора.

В алюминиевой бронзе твердый раствор получается при содержании алюминия до 9,8 %. Примесь небольшого количества никеля и одновременно железа не нарушает однородности структуры твердого раствора; без никеля добавка железа делает структуру неоднородной. Кремнистая бронза должна содержать не более 3—3,5 % кремния, чтобы представлять собой твердый раствор. Кроме кремния твердый раствор может содержать 1 % марганца. В латуни твердый раствор получается, если содержание цинка не превышает 38,5 %. Бронза более кислотостойка, чем чистая медь и латунь, а кислотостойкость кремнистой бронзы несколько выше, чем кислотостойкость других сплавов.

Порошковые (металлокерамические) пористые материалы. Во влажной среде детали из железографитовых пористых материалов оказываются достаточно стойкими к коррозии, если они пропитаны маслом. Высокую коррозионную стойкость эти детали проявляют и в условиях повышенной температуры (300 °С) при наличии значительного количества водяных паров. Например, железографитовые пористые подшипники выходят из строя после шести месяцев работы в таких условиях, а бронзовые — после нескольких дней. Детали из железографитовых пористых материалов сильно корродируют, когда они работают в воде.

Титан и сплавы на его основе. Эти материалы по стойкости к коррозии в агрессивных средах превосходят нержавеющие стали, алюминий и его сплавы и могут использоваться для работы более чем в 130 агрессивных средах. В атмосферных условиях скорость коррозии титана не превышает 0,0001 мм в год. Сплавы титана с молибденом (3—5 %) имеют хорошую коррозионную стойкость в растворах соляной, серной и фосфорной кислот, а в 15 %-ном растворе серной кислоты, в дымящейся азотной кислоте титан склонен к межкристаллической коррозии.

Неметаллические материалы. Эти материалы в основном не являются электропроводными, поэтому их коррозионное разрушение может быть вызвано не электрохимическим процессом, а только химическими факторами. Слоистые пластики типа текстолита обладают достаточной химической

стойкостью в соляной кислоте всех возможных концентраций, в серной кислоте средней концентрации, в растворах солей и органических соединений, а также в газовых средах при температуре не выше 100 °С. В азотной кислоте и щелочах при концентрации выше 5 % они корродируют.

Сополимеры стирола, нитрильного каучука и акрилонитрила, обладая высокой механической прочностью и стойкостью к знакопеременной нагрузке, имеют также и высокую химическую стойкость; они не разрушаются минеральными кислотами и щелочами.

Органическое стекло (полиметилметакрилат), характеризующееся достаточно высокой механической прочностью (особенно динамической), хорошо сопротивляется длительному действию красителей и хуже сопротивляется действию веществ, применяемых при отбеливании пряжи и ткани.

Высокой химической стойкостью обладает стабилизированный полиформальдегид. Он способен выдержать длительное действие органических жидкостей, растворов минеральных кислот и их солей, применяемых в отделочном и красильном производстве текстильных предприятий. Полиэтилен разрушается под влиянием жидкостей, используемых при отбелке пряжи и тканей. Остальные виды жидкостей, применяемых в текстильном производстве, на полиэтилен не влияют. Такую же химическую стойкость имеет и сополимер этилена с пропиленом. Полипропилен разрушается только при длительном воздействии нагретых концентрированных азотной и серной кислот, а также жидкостей, применяемых при отбелке пряжи и тканей. Остальные технологические жидкости на пропилен практически не влияют.

Высокой химической стойкостью обладают фторуглеродные пластмассы (фторолон-4, фторолон-40 и др.). Они выдерживают длительное действие минеральных и органических кислот, органических растворителей и активного кислорода при температуре до 220—230 °С.

В настоящее время широкое распространение получили стеклопластики, пропитанные фенолформальдегидной и эпоксидной смолами. Фенолформальдегидный стеклопластик выдерживает любую агрессивную среду, но при условии, что ее температура не превышает 120 °С. Эпоксидный стеклопластик разрушается сильными минеральными кислотами и щелочами в водной среде. Стеклопластики, пропитанные кремнийорганическими смолами, отличаются высокой химической и термической стойкостью.

Такими же качествами обладает поливинилбутираль, являющийся производным продуктом поливинилового спирта. Этот материал не разрушается при длительном воздействии жидкостей, применяемых для отделки тканей при температурах, не

превышающих 120—150 °С, но при контакте с отбеливающими жидкостями он малостоек.

Состояние поверхности. Внутренние напряжения и деформации. Методы изготовления деталей. Состояние поверхности оказывает существенное влияние на скорость процесса коррозии — грубо обработанная поверхность корродирует сильнее, чем чисто обработанная. Происходит это потому, что во впадины неровностей поступает меньше кислорода, чем на их вершины, вследствие чего защитная пленка получается нестойкой и процесс коррозии протекает быстрее. Например, в атмосферных условиях поверхность, полированная сукном, корродирует почти в 4 раза медленнее, чем чисто обработанная напильником, и в 8 раз медленнее, чем грубо обточенная на токарном станке. Особенно нестойкой к коррозии является только что обработанная поверхность.

Поверхности, имеющие местную окалину, легко корродируют в водяной среде. Царапины, риски и другие поверхностные дефекты, полученные при изготовлении и эксплуатации, являются очагами коррозии и иногда причиной ускоренного ее развития. Во всех случаях при наличии подобных дефектов чаще всего возникает местная коррозия, иногда переходящая в коррозионные язвы.

Внутренние напряжения и деформации в деталях возникают при их изготовлении и ремонте, а также во время работы деталей в машине. Напряжения могут быть уравновешенными и неуравновешенными, деформации — упругими и остаточными. Установлено, что при наличии внутренних напряжений (особенно неуравновешенных) и деформаций (особенно остаточных) деталь корродирует с повышенной скоростью, распределение коррозии ухудшается и она переходит из равномерной или местной в самую опасную — межкристаллическую.

Методы изготовления деталей также влияют на скорость коррозии. Литые детали при наличии в них окисных и неметаллических включений могут корродировать довольно быстро из-за неоднородности сплава. Часто в этих деталях наружные слои имеют иное строение и свойства, чем глубинные (например, чугунные детали с наружным отбелом), что тоже способствует увеличению скорости коррозии. Стойкость деталей к коррозии уменьшается и при наличии в них неуравновешенных литейных напряжений, то же явление наблюдается у сварных деталей.

Детали кованые, штампованные, прокатанные обладают более однородным строением, что способствует повышению их химической стойкости. Однако при наличии остаточных напряжений и деформаций детали, обработанные под давлением, могут потерять это преимущество. Поэтому литые, кованые и штампованные детали следует отжигать, чтобы освободить их от остаточных напряжений.

Защита деталей антикоррозионными покрытиями

Применение существующих многочисленных конструкционных материалов, обладающих высокой стойкостью к коррозии в определенных средах, не всегда целесообразно из-за их высокой стоимости, сложности обработки и других причин. Так, большую часть машин и аппаратов легкой промышленности, работающих в коррозионных средах, изготовляют из недорогих материалов. Многие из этих материалов не обладают необходимой коррозионной стойкостью, и одним из основных методов защиты их от коррозии является нанесение на поверхность, подвергающуюся коррозии, защитных покрытий.

Покрытия разделяются на металлические и неметаллические. Они должны быть прочно соединены с защищаемой поверхностью, иметь равномерную толщину и не быть пористыми. К защитным средствам следует отнести также электрохимическую и химическую обработку металлических деталей, цель которых заключается в образовании на их поверхности защитных слоев и пленки.

Металлические покрытия. Для защитных металлических покрытий используют цинк, никель, хром, свинец, алюминий, олово и другие металлы. Защитный металлический слой может быть нанесен различными способами: гальваническим, горячим, напылением, диффузионным, плакированием. Перед нанесением покрытия металлическую поверхность очищают путем обдувки песком, промывания в органических растворителях для обезжиривания, травления в неорганических кислотах для растворения окислов и др.

Гальванический способ заключается в том, что покрываемую защитным слоем деталь помещают в качестве катода в раствор (электролит), содержащий соли осаждаемого металла. При прохождении постоянного тока из электролита выделяется металл, осаждающийся на защищаемой детали. Этот способ позволяет покрывать детали цинком, медью, никелем, хромом. Его достоинствами являются небольшой расход металла, высокое качество покрытия, хорошая сцепляемость с металлом покрываемой поверхности, возможность точно регулировать толщину защитного слоя. Главный недостаток гальванического способа — длительность процесса.

Горячий способ состоит в том, что детали покрывают защитным слоем в ванне с расплавленным металлом. Этот способ применяется при покрытии металлами, имеющими низкую температуру плавления (оловом, цинком, свинцом). Непременным условием хорошего качества покрытия является образование сплава между основным и покрываемым металлом. Преимущества горячего способа: простота, высокая производительность, высокое качество покрытия. Недостатки: потери металла из-за

большого количества отходов и трудность регулирования толщины слоя.

Способ напыления (металлизация) заключается в том, что проволоку из защитного металла (цинк, алюминий) расплавляют в специальном аппарате (металлизатор) и, распыляя сжатым воздухом, наносят металл на поверхность детали (см. с. 117). Этот способ дает пористую шероховатую поверхность, недостаточно прочно сцепленную с металлом покрываемой поверхности. Для повышения сопротивления коррозии напыленный слой необходимо уплотнить путем затирки и пропитать бакелитом или другими смазками и лаками, обладающими хорошей коррозионной стойкостью. Напыление применяют главным образом для покрытия крупных деталей цинком, алюминием и другими защитными металлами.

Диффузионный способ состоит в том, что покрываемая поверхность за счет диффузии насыщается защитным металлом и при этом образуются поверхностные сплавы переменного химического состава. Такой эффект достигается продолжительным нагревом покрываемой детали в среде, богатой защитным металлом, например алюминием (алитирование), кремнием (силицирование), хромом (диффузионное хромирование).

Плакирование — это механотермический процесс покрытия одного металла другим при изготовлении биметалла. Защищаемый металл заливают защищающим металлом или сплавом, а затем прокатывают в горячем виде до получения заданной толщины. Обычно применяют следующие комбинации: сердцевина — из мягкой стали, наружные слои — из меди, латуни, бронзы, нержавеющей стали. Алюминиевые сплавы плакируются листовым алюминием.

По роду наносимых на деталь металлических покрытий различают: цинкование, никелирование, хромирование, свинцевание, лужение, алитирование и др.

Защитная электрохимическая и химическая обработка деталей. Целью электрохимической и химической обработки деталей является получение на защищаемой поверхности оксидных или других защитных слоев и пленок, образование которых не связано с выделением металлов. Это достигается многими способами, из которых наиболее широко используются оксидирование, фосфатирование и антикоррозионное азотирование деталей.

Оксидирование. Оксидирование применяется для получения на поверхности деталей оксидных пленок, обладающих защитными свойствами. Различают химическое, электрохимическое и термическое оксидирование. Независимо от выбранного способа детали предварительно должны быть чисто обработаны, очищены и обезжирены, а после оксидирования промыты. Оксидирование используют чаще всего для защиты стальных и чугунных деталей. Этим же способом можно обрабатывать

алюминиевые и медные детали, а также детали из цветных сплавов. Стальные и чугунные детали оксидируют всеми указанными способами.

Химическое (щелочное) оксидирование заключается в том, что детали погружают в концентрированный кипящий раствор едкого натра и минеральных окислителей ($NaNO_3$ или $NaNO_2$). После оксидирования детали должны быть тщательно промыты. Химически оксидированные стальные детали имеют черный цвет, а чугунные (полированные) — коричневый.

Электрохимическое оксидирование (анодирование) производят в электролите, содержащем 400 г едкого натра на 1 л воды. Деталь служит анодом, а железная ванна — катодом. При этом рабочая температура электролита 65—80 °С, анодная плотность тока 2,5—5 А/дм^2, выдержка 10—30 мин. При обработке деталей сложной формы электрохимическое оксидирование применяется реже, чем химическое.

При термическом оксидировании деталь покрывают тонким слоем 15—25 %-ного раствора асфальтового или масляного лака в бензине, подсушивают на воздухе и на 12—15 мин загружают в печь при температуре 350—450 °С. После того как деталь приобретает черный цвет, ее охлаждают в минеральном масле.

Фосфатирование. Это процесс образования на чистой, предварительно подготовленной поверхности металлических деталей труднорастворимых фосфорнокислых соединений различных металлов.

Фосфатные пленки проявляют стойкость в атмосферных условиях, в смазочных и органических маслах, бензоле, а также во всех газах, кроме сероводорода; неустойчивы они в таких средах, как щелочи, кислоты, аммиак, водяной пар. Пропитка фосфатной пленки лаками или смазочными маслами делает ее стойкой и к воздействию агрессивных сред. Пленка имеет незначительную твердость, небольшую механическую прочность и эластичность.

Фосфатирование используется преимущественно для защиты деталей из простой углеродистой стали, а иногда и для защиты алюминиевых, магниевых и цинковых деталей. Препарат для фосфатирования имеет следующий состав, %: магний — 14,5, окись фосфора — 47, железо — 1,5, вода — 14.

Обработка деталей производится раствором, содержащим 30—33 г/л препарата. Температура раствора 97—98 °С, продолжительность фосфатирования 40—60 мин. Разработано несколько методов ускоренного химического фосфатирования, в частности обработка деталей в фосфатном растворе, составленном из монофосфата цинка, при этом длительность процесса сокращается в несколько раз.

Антикоррозионное (кратковременное) азотирование. Азотирование — это процесс диффузионного

насыщения поверхности детали азотом, но в отличие от так называемого твердостного является кратковременным (убыстренным) процессом. Азотированная поверхность наряду с хорошими антикоррозионными свойствами имеет высокую твердость, износостойкость, а деталь — повышенную усталостную прочность.

Антикоррозионному азотированию можно подвергать детали из углеродистой и малолегированной стали, а также чугуна. Достоинством способа является то, что защитный слой прочно сцеплен с основным металлом, не имеет пор, стоек в промышленной атмосфере, воде и других подобных средах. Температура азотирования для низкоуглеродистой стали 620—700 °С, а для высокоуглеродистой 600—830 °С. Длительность процесса в первом случае 30—40 мин, во втором — 20—30 мин (чем выше температура, тем меньше длительность азотирования). Глубина слоя 0,015—0,06 мм.

Неметаллические покрытия. К ним относятся покрытия из пластических масс, из материалов на основе каучука, лакокрасочные покрытия.

Покрытия из пластических масс. В текстильной и легкой промышленности применяются покрытия из полиэтилена, эпоксидных смол, кремнийорганических полимеров, винипласта, полиизобутилена, фаолита и др.

Полиэтилен обладает хорошей химической стойкостью ко многим кислотам, щелочам, органическим растворителям, атмосферным воздействиям. Покрытия из полиэтилена наносят на различные детали машин, а также небольшие емкости, трубы, фиттинги, вентили и другие детали масляных и водных систем. Относительно большой механической прочностью и теплостойкостью отличаются покрытия из полиэтилена высокой плотности, которые наносят также на корпуса насосов, крыльчатки вентиляторов и др.

Покрытия из эпоксидных смол имеют хорошие защитные свойства, стойкость к растворам солей и кислот, высокую теплостойкость, хорошую адгезию к металлическим и другим поверхностям. Чаще других используют составы на основе эпоксидных смол марок ЭД-5 и ЭД-6 с наполнителями, в особенности при покрытии емкостей, дозировочных аппаратов, фильтрпрессов и аппаратуры, работающей в среде с повышенной кислотностью. Широко применяют также покрытия из модифицированных смол, представляющие собой сочетание эпоксидных смол с фенолформальдегидными.

Кремнийорганические полимеры наносят на поверхности сушильных установок и насосов (в том числе предназначенных для горячих жидкостей).

Винипласт, являясь продуктом специально обработанной полихлорвиниловой смолы, обладает высокими антикоррозионными свойствами. Так, при температуре, не превышающей 50—

60 °С, он стоек к действию: кислот — соляной (любой концентрации), серной (до 90 %), азотной (до 50 %), уксусной (до 80 %), муравьиной (до 50 %); хлора (сухого и влажного); сухого сероуглерода; аммиака (сухого, жидкого, водного); щелочей (натриевой и калиевой любой концентрации); многих солей (сернокислого алюминия, хлористого цинка, бисульфата кальция и др.). Винипласт можно склеивать между собой и приклеивать к металлу, дереву и бетону, сваривать под действием струи горячего воздуха, обрабатывать методами резания, штамповать и т. п. Для защиты металлических и других изделий от коррозии винипласт приклеивают к ним в виде пластин (толщиной 1—20 мм) или пленок (толщиной 0,3—0,9 мм). Винипласт используется также в качестве облицовочного защитного и конструкционного материала. В первом случае он заменяет свинец, медь и другие материалы, а во втором применяется для изготовления труб, вентилей, открытой и закрытой аппаратуры емкостью до 1000 л при давлении до $1{,}5 \cdot 10^5$ Па.

При изготовлении фаолита основой служит фенолформальдегидная резольная смола и наполнитель (кислотостойкий асбест, графит или другие материалы). Химическая стойкость фаолита определяется стойкостью его составных частей. Фаолит пригоден для работы при температурах 30—130 °С.

Наиболее распространен фаолит А (с асбестовым наполнителем): он стоек по отношению к кислотам — серной средних концентраций (до 50 °С), соляной всех концентраций (до 120 °С), уксусной и фосфорной (до 80 °С), растворам различных солей (до 100 °С), растворам гипохлорита натрия и кальция (до 100 °С). Он проявляет стойкость также к некоторым органическим соединениям и газам (например, хлору сернистому), а разрушается в азотной кислоте и щелочах.

Фаолит используется как облицовочный (защитный) и конструкционный материал.

Покрытия из материалов на основе каучука. Такие покрытия обладают химической стойкостью ко многим агрессивным средам, например к серной, соляной, уксусной, фосфорной кислотам, щелочам любой концентрации, нашатырному спирту и др.

Полиизобутилен представляет собой высокомолекулярный каучукоподобный продукт, получаемый путем полимеризации изобутилена. Полиизобутилен является термопластичным: при 100 °С он пластичен, при 180—200 °С легко формуется, а при 350—400 °С разлагается; при 50 °С эластичен, но при дальнейшем понижении температуры твердеет и становится хрупким. Полиизобутилен обладает достаточной химической стойкостью к действию агрессивных жидкостей; устойчив к действию серной (до 80 %), соляной (любой концентрации), азотной (до 30 %) и жирных кислот, а также едкого калия и натра (до 60 %); при температуре 20—30 °С на него не действует и

азотная кислота; полиизобутилен растворяется в минеральных маслах, парафине, бензине, сероуглероде, а в воде, спирте, глицерине не растворяется.

В случае применения для обкладки аппаратуры этот материал хорошо прикрепляется к металлу, бетону, дереву и другим материалам стирольно-термопреновым, битумным или термопреновым клеем. Для повышения механических свойств и свариваемости (сваривается он так же, как винипласт, но без сварочного прутка) в полиизобутилен вводят наполнитель (сажу, графит).

Резина является смесью натурального или синтетического каучука с целым рядом химических веществ (серой, сажей, цинковыми белилами и др.). При нагреве смеси сера вступает в химическую реакцию с каучуком, вследствие чего свойства последнего резко изменяются. Этот процесс называется вулканизацией. Малопрочная, пластичная, растворимая в органических растворителях сырая резина при вулканизации превращается в прочную, малорастворимую, эластичную, полужесткую или жесткую резину (в зависимости от содержания в ней серы). Соответственно различают мягкую резину, полуэбонит и эбонит.

Мягкую резину применяют для защиты аппаратов, которые подвергаются сотрясению, ударам, перепадам температуры или работают с жидкостями, содержащими взвешенные твердые частицы. Полуэбонит и эбонит используются в тех случаях, когда аппараты, работающие при постоянной температуре и отсутствии механических воздействий, должны обладать повышенной химической стойкостью.

Лакокрасочные покрытия. Эти покрытия предохраняют металлические детали от коррозии и придают им хороший внешний вид. Защитное действие лакокрасочных покрытий основано на способности лаков и красок образовывать на поверхности детали пленку. Пленка должна обладать определенными качествами: прочностью, эластичностью, твердостью, способностью надежно приставать к окрашиваемой поверхности (адгезией), надлежащим цветом и глянцем, стойкостью к воздействию воды, щелочей, кислот, смазочных масел и растворителей (бензин, керосин), а также светостойкостью.

В состав лаков входят пленкообразующие вещества, пластификаторы, сиккативы и растворители, а в состав красок наряду с этим пигменты и наполнители. К пленкообразующим веществам относятся природные продукты — растительные масла, канифоль, битумы, естественные смолы, а также синтетические высокомолекулярные соединения, искусственные смолы. В зависимости от рода пленкообразующих веществ лаки разделяются на масляные, смоляные, нитроцеллюлозные, асфальтовые.

Растворителями являются: скипидар, уайт-спирит, бензол, ацетон и др. Сиккатив — вещество, ускоряющее процесс высы-

хания растительных масел и масляных лаков. В качестве сиккативов применяют соли и окислы свинца, марганца, кобальта, цинка. Пигменты (красящие вещества) представляют собой соли и окислы металлов.

Защита оборудования от коррозии при его хранении и транспортировании. Известно, что при этом оборудование и различные детали могут подвергаться атмосферной коррозии. В подобных случаях для защиты деталей и машин от коррозии их рабочие поверхности после очистки, обезжиривания и промывки покрывают консистентными смазками (например, пушечным салом, техническим вазелином), а иногда бескислотным высоковязким маслом (например, цилиндровым). Смазывание пушечным салом производится при температуре 60—75 °С, а техническим вазелином — при 45—55 °С.

Смазку наносят ровным слоем достаточной толщины. Смазанные детали защищают парафинированной бумагой, толем и тщательно упаковывают в прочные ящики. Детали, защищенные таким образом, могут храниться до двух месяцев, а при повторной смазке — до года.

ВИБРАЦИЯ И ШУМ МАШИН ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современные машины работают в основном при высоких скоростях, поэтому требования к их динамическим свойствам повышаются. Между тем еще значительны вибрации отдельных узлов, механизмов, машин, агрегатов, а также несущих элементов промышленных зданий.

Периодическое приложение нагрузки к деталям вызывает их периодические деформации и вибрацию. Характеристиками вибрации является частота (γ), период (T) и амплитуда колебаний.

Частота колебаний — это число полных колебаний в секунду (Гц). Периодом колебания называют время, в течение которого деталь или узел совершает одно полное колебание. Частота и период колебания связаны зависимостью

$$\gamma = 1/T.$$

Амплитудой колебания называют наибольшее отклонение величины колебания от ее среднего положения. Суммарное число колебаний детали или узла за известный отрезок времени называют количеством циклов (N).

Причинами вибрации могут быть: неуравновешенность отдельных деталей и механизмов; недостаточная точность изготовления деталей и сборки узлов (механизмов) машины; износ деталей в процессе эксплуатации машины; неправильный выбор конструктивных параметров машины, вызывающий различные резонансные явления.

Вибрация приводит к разладкам механизмов, вызывает преждевременный износ и даже поломки деталей, снижает надежность работы машин. Кроме того, если величина вибрации превышает санитарно-гигиенические нормы, то ее воздействие вредно для рабочих, обслуживающих машину.

Вибрации деталей и механизмов машин являются главной причиной возникновения шума. Шум возникает также в динамически нагруженных узлах (гребни, боевой и батанный механизмы, прессы, узлы подшипников качения, зубчатые передачи, горки и др.). Источником аэродинамического шума являются вентиляционные, пневмотранспортные системы, пневматические системы ткацких станков типа АТПР, П-105, П-125, прядильных машин БД-200, а источником механических, магнитных и аэродинамических шумов — электродвигатели оборудования.

Звуковые волны (шум) возникают под действием возмущающей силы на упругую среду, частицы которой приобретают колебательное движение. В атмосферных условиях число колебаний в единицу времени зависит прежде всего от частоты действия возникающей силы.

Орган слуха человека особенно чувствителен к звуковым волнам с числом колебаний в секунду от 100 до 3200. По этой причине в практике борьбы с шумом стремятся предотвращать возникновение и распространение звуковых волн с числом колебаний в указанном диапазоне.

Частота возмущающей силы (f) для машин с равномерным вращением ротора (электродвигатель, вентилятор) выражается зависимостью

$$f = n/60,$$

где n — частота вращения ротора, мин$^{-1}$.

Звуковое давление p — это давление, оказываемое звуковой волной на единицу поверхности, Па. Поворог восприятия звука органом слуха человека оценивается звуковым давлением, равным $0{,}2 \cdot 10^{-4}$ Па. Средний поток звуковой энергии, проходящий в секунду через площадь поверхности в 1 м^2, расположенную перпендикулярно направлению движения звуковой волны, называется интенсивностью звука J (Вт/м^2):

$$J = pv,$$

где v — колебательная скорость частиц среды, передающей звуковую волну, м/с.

Интенсивность звука на пороге слышимости $J_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м^2, а на пороге болевого раздражения органа слуха человека $J = 1 \cdot 10^2$ Вт/м^2. Отношение интенсивности излучаемого звука к интенсивности звука на пороге слышимости называется уровнем интенсивности звука α

Орган слуха человека чувствителен не столько к изменению интенсивности звука, сколько к изменению среднего звукового давления (возведенного в квадрат). В связи с этим пользуются аналогичной величиной уровня звукового давления, дБ:

$$\alpha_1 = 10 \lg (p^2/p_0^2) = 20 \lg (p/p_0),$$

где p — среднее во времени звуковое давление исследуемого звука, Па; p_0 — звуковое давление на пороге слышимости, Па.

При нормальных атмосферных условиях $\alpha = \alpha_1$.

Особенности восприятия громкости звука слуховым аппаратом человека характеризуются уровнем громкости α_3, измеряемым в фонах. Громкость воспринимается и оценивается человеком субъективно. На ее оценку оказывает влияние не только уровень звукового давления, но и частотная характеристика (спектральный состав) звука. *Слуховой орган более восприимчив к высоким частотам и менее к низким.* Прирост уровня звукового давления в 1 дБ на высоких частотах воспринимается человеком как бóльший прирост громкости, чем на низких частотах.

Уровень громкости исследуемого звука в фонах численно равен уровню интенсивности (дБ) эталонного тона частотой 1000 Гц той же громкости. Для оценки вредного влияния шума измерения выполняют в интервале, в котором отношение высокой частоты к низкой равно 2 : 1 (например, 1200—600 Гц). Такой интервал называется октавой.

Длительное действие шума при его уровне 100—120 дБ на низких частотах и 80—90 дБ на высоких может вызвать необратимые изменения в слуховом аппарате человека, а при уровне 120—140 дБ — даже механические повреждения в нем.

Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий для рабочих мест в помещениях установлены следующие предельно допустимые уровни звукового давления (в октавных полосах шума со сплошным спектром), действующего в течение более 4 ч в смену:

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	62	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звуковых давлений, дБ	103	96	91	88	85	83	81	80

Среднегеометрическая частота полос вычисляется по формуле

$$f_{ср} = \sqrt{f_1 f_2},$$

где f_1, f_2 — нижняя и верхняя граничные частоты полосы, Гц.

Измерение шума производят шумомером.

Борьба за снижение уровня вибрации и шума ведется путем уравновешивания деталей, узлов и механизмов, конструктивного улучшения элементов машин, применения средств виброизоляции и шумопоглощения. Например, в ткацких цехах целесообразно снижение вибрации несущих конструкций зданий. Это связано со значительным повышением скоростей ткацкого оборудования, а также внедрением станков типа АТПР и других бесчелночных ткацких станков, со скоростью вращения главного вала до 400 мин$^{-1}$. Ниже приводятся краткие сведения о шуме оборудования текстильной и легкой промышленности (по данным ВНИИЛтекмаш).

В текстильной промышленности оборудование приготовительного отдела прядильного производства (кипоразборник, трепальный агрегат, питатель, чиститель, рыхлитель, пыльный волчок, гребнечесальная и чесальная машины, разрыхлительно-трепальный агрегат) и приготовительного отдела ткацкого производства (шлихтовальная, мотально-бобинажная и сновальная машины) является оборудованием средней шумности (уровень шума 75—95 дБ). Спектр шума чаще всего низко- и среднечастотный. Основным источником вибрации и шума машин является их привод — зубчатые и цепные передачи, а в гребнечесальных машинах — и гребенные механизмы. Повышенный шум в цехах создают также вентиляционные установки.

Ленточные и ровничные машины относятся к шумным (уровень шума 80—104 дБ). Спектр шума — высокочастотный. Главный источник вибрации и шума — привод, а в ленточных (для шерсти и льна) — также и гребенной механизм.

Прядильные и особенно крутильные машины относятся к высокошумным (уровень шума 100—110 дБ). Основной источник вибрации и шума — веретена и их привод, пара кольцо — бегунок, а также привод машины. Ткацкие челночные станки являются самым шумным оборудованием (уровень шума 105—115 дБ). *Спектр шума — чаще всего высокочастотный.* Основными источниками вибрации и шума челночных станков являются боевой и батанный механизмы. Микрочелночные и бесчелночные, пневматические и гидравлические ткацкие станки имеют пониженный уровень шума (80—95 дБ). Основные источники вибрации и шума — механизмы привода, пневмосистемы (в пневматических станках). Спектр шума менее вредный, чем у механических и автоматических ткацких станков.

В легкой промышленности к высокошумным относятся машины кожевенного и обувного производств (разводные, стригальные, мездрильные, шлифовальные, колотильные барабаны и подошвенные катки). В обувном производстве самыми шумными являются винтовые, гвоздевые, рантовшивные, затяжные машины, прессы, машины для фрезерования, околачивания, пристрочки подошв, клеймения деталей низа, шпилькования набоек, стекления, загибки краев деталей верха. Основные источники вибрации и шума машин в обувном и кожевенном производстве — рабочие органы технологического оборудования. Часто

значительные вибрации и шум создают передачи, точильные устройства и вентиляторы.

Машины мехового производства относятся к оборудованию средней шумности. Уровень шума в сырейно-красильных цехах составляет 78—83 дБ, в отделочных — 75—95 дБ и в скорняжно-швейных — 70—90 дБ. Главной причиной повышенной вибрации и шума является неудовлетворительное конструктивное исполнение оборудования, в частности элементов привода.

Швейные машины также являются оборудованием средней шумности (уровень шума 80—95 дБ). Спектр шума — высокочастотный. Шум излучается вибрирующими корпусом, столом и другими элементами машины. Вибрации же элементов вызываются их неуравновешенностью, недостаточной точностью изготовления деталей, большими зазорами в собранных узлах и др. Величины вибрации и шума возрастают с увеличением скорости швейных машин.

Машины трикотажного производства (кругловязальный автомат, оверлок, уточно-вязальная, кругловязальная, основовязальная) являются среднешумными (уровень шума 75—95 дБ). Спектры шума — низко-, средне- и высокочастотный. Основными источниками вибрации и шума являются рабочие органы, привод и вентиляторы (в кругловязальных автоматах).

Борьба с повышенной вибрацией и шумом ведется путем их снижения в самом источнике возникновения, ограничения их распространения, применения антифрикционных и шумопоглощающих устройств в строительных конструкциях, а также путем рациональной расстановки оборудования в производственных помещениях.

Снижение вибрации и шума в самом источнике возникновения, т. е. в машине, достигается путем модернизации действующего *или создания нового малошумного оборудования*. Например, в тростильной машине Т-150 основным источником вибрации и шума являются эксцентриковый механизм и его зубчатый привод. Замена этого механизма канавчатым мотальным барабанчиком, а зубчатой передачи тексропной позволила снизить уровень шума на 8 дБ.

В кожевенном и меховом производстве путем замены зубчатой конструкции привода дубильных барабанов клиноременной удалось снизить уровень шума с 92 до 50 дБ.

При замене металлических деталей пластмассовыми заметно повышается поглощение колебаний (вибродемпфирование), что также способствует снижению уровня шума.

Самым радикальным средством борьбы с вибрацией и шумом в машинах является изменение конструкции самих машин. Например, замена механических веретен электроверетенами позволила снизить вибрацию и уровень шума с 99 до 88 дБ, при этом максимум в спектре сдвинулся в область более низких частот. Переход от челночного ткачества к бесчелночному

или микрочелночному (без ударного действия) способствовал снижению уровня шума на 15—20 дБ.

В обувном производстве замена механических вырубных прессов гидравлическими позволила снизить шум в спектре высоких частот на 10—15 дБ.

Распространение шума ограничивают с помощью средств звукоизоляции и вибропоглощения. Для изоляции звуковых волн в воздухе (воздушного шума) применяют звукоизоляционные перегородки и кожухи. Передаче колебаний и звуковых волн, распространяющихся в материале деталей механизмов и корпусов (корпусной шум), препятствует виброизоляция (например, виброизоляция машины от основания). Звукоизоляцию усиливают путем покрытия поверхности ограждений звукопоглощающими материалами.

Вибрация распространяется при прямом контакте деталей и за счет их продольных и изгибных колебаний. Применение способов поглощения и виброизоляции позволяет значительно уменьшить ее распространение. Кожухами из листового материала толщиной 1,5—3 мм с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом (поролоном, винипором, войлоком, ватой и др.) можно снизить уровень шума на 20—25 дБ, приблизив его величину к санитарной норме. Такие кожухи используются для глушения шума веретен крутильных машин, пневморапирных и челночных ткацких станков, швейных машин и др.

Виброизоляция машин и узлов служит для уменьшения не только динамических нагрузок на несущие строительные конструкции и корпус машины, но и звуковых вибраций конструкций (вызывающих шум). Виброизоляция целесообразна, если возбуждающая частота колебаний превышает собственную в 2 раза. Это условие соблюдается при изготовлении амортизаторов *в виде резиновых прокладок и стальных пружин*.

Наибольший эффект дает полная виброизоляция машин. По данным ВНИИЛтекмаш, при полной виброизоляции ткацкого станка (челночного и пневморапирного) уровень шума снижается на 2—3 дБ (на высоких частотах — до 5 дБ), уменьшается нагрузка на перекрытия, увеличивается срок службы деталей и узлов.

Среди виброизоляторов для ткацких станков наиболее результативны прокладки и амортизаторы АКСС-400. Виброизоляция веретен и вьюрков снижает вибрацию остова, отдельных деталей и узлов крутильных и прядильных машин. Виброизоляция корпуса швейных машин, выполненная из мягкой резины, снижает общий уровень шума машины на 8 дБ.

Вибропоглощение основано на способности вибропоглощающего покрытия увеличивать потери энергии колеблющейся конструкции, уровень вибрации которой необходимо снизить. К таким покрытиям относятся мастики «Антивибрит-2», «Агат» и др. Например, обмазка мастикой «Антивибрит-2» конденсато-

ра чесальной машины позволила снизить шум в спектре на 12—14 дБ, а ограждения привода прядильной машины — на 5—8 дБ.

Поглощение вибрации может быть усилено путем замены металла пластмассой (например, поликапроамид). Так, уровень шума плетельных машин удалось снизить с 112—116 до 92 дБ благодаря замене ряда металлических деталей капролактамовыми.

Одним из самых мощных источников вибрации и шума в цехах текстильной и легкой промышленности являются вентиляционные установки (как централизованные системы, так и индивидуальные, смонтированные на отдельных машинах). Для борьбы с вибрацией и шумом этих установок применяют активные шумоглушители (с облицовкой звукопоглотителями), устанавливаемые в трубопроводе. Обычно сечение глушителя (без облицовки) принимается равным сечению воздуховода. Например, установка шумоглушителя на выбросе аэродинамической системы обеспыливания автомата трубчатых початков АТП-290 позволила снизить уровень шума на 8—12 дБ.

Стены, потолки и полы производственных помещений, будучи акустически жесткими поверхностями, отражают звук, что заметно повышает уровень шума (до 20 дБ). Для борьбы с ним применяют звукопоглощающие облицовки на стенах и потолке, а также штучные звукопоглотители, подвешенные над источником шума. Звукопоглощающие облицовки успешно применены в помещениях крутильных, прядильных и ткацких цехов на ряде предприятий: Калининском хлопчатобумажном комбинате, Барнаульском и Черниговском комбинатах искусственного волокна, Люберецком ковровом комбинате, Московской хлопчатобумажной фабрике им. М. В. Фрунзе и др.

ГЛАВА 2

ПРИЕМКА И РАЗБОРКА МАШИН. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ОБЩАЯ СХЕМА РЕМОНТА МАШИН

При ремонте машин наряду с работами, присущими машиностроительному производству (изготовление заготовок, механическая обработка металлов резанием со снятием стружки, термическая обработка и др.), приходится выполнять ряд специфических работ: чистку, мойку деталей, оценку их дефектов, восстановление изношенных и поломанных деталей, разборку, сборку, подгонку, наладку, а также комплектацию узлов, многие из которых были в эксплуатации.

На рис. 2.1 приведена схема технологического процесса ремонта машины, на которой показаны основные работы, выполняемые в ходе ремонта.

На основе обобщения передового производственного опыта и научно-проектных разработок составляются схемы типовых технологических процессов ремонта основных видов оборудования серийного выпуска. Такие схемы позволяют выявить рациональную последовательность операций и оптимальные режимы работ, максимально механизировать ремонтные работы путем применения различных приспособлений и инструментов, усовершенствовать организацию труда ремонтников, улучшить качество ремонта и снизить его стоимость, резко сократить простои машин в этот период.

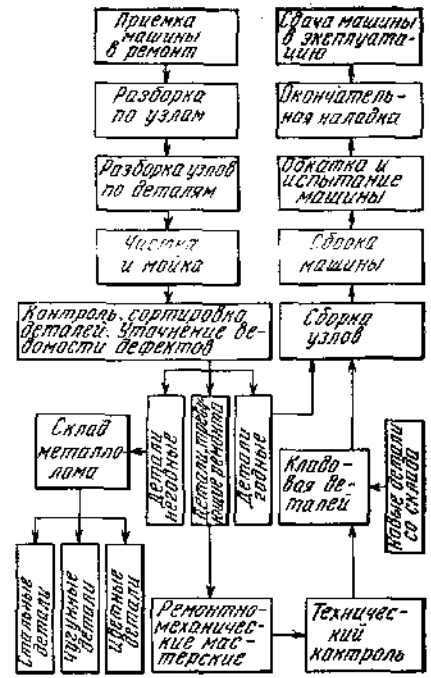


Рис. 2.1. Схема технологического процесса ремонта машин

Исходными данными для разработки технологического процесса ремонта являются: типичные неисправности деталей и узлов; типовой объем ремонтных работ; технические условия на детали и технические условия на сборку узлов и машин после ремонта.

Типовые технологические процессы разрабатывают применительно к виду ремонта (среднему и капитальному) с расчленением по отдельным стадиям ремонтных работ (разборка, восстановление неисправных деталей и др.).

Приемка машин в ремонт

Каждая машина поступает в очередной капитальный или средний ремонт в строгом соответствии с утвержденным графиком. Машину останавливает мастер ремонтно-механического цеха (РМЦ) по согласованию с начальником или мастером производственного цеха. Перед поступлением машины в ремонт персонал производственного цеха освобождает ее от заправки, полуфабрикатов и очищает.

Для своевременной подготовки к ремонту (заготовка запасных частей, необходимого инструмента, приспособлений, материалов и др.) не позднее чем за 15 дней до начала ремонта мастер цеха составляет ведомость дефектов.

Если машина ко времени ее останова на ремонт находится в работоспособном состоянии и потому в ремонте не нуждается, руководители РМЦ и производственного цеха составляют акт осмотра, который утверждается главным инженером предприятия. В этом случае ремонт машины переносят на ближайший срок очередного планового ремонта.

При приемке машин в ремонт дается оценка качества ее содержания.

Неудовлетворительное содержание машины характеризуется следующими признаками: наличием в ней поломанных и преждевременно изношенных деталей; отсутствием отдельных деталей; неисправностью ограждений или приспособлений.

Разборка машин

Процесс разборки является как бы зеркальным отражением процесса сборки, т. е. детали, устанавливаемые при сборке последними, во время разборки снимают первыми.

В зависимости от вида ремонта разборка бывает полная (при капитальном ремонте) и частичная (для большинства машин при среднем ремонте).

Разборка осуществляется в такой последовательности: машину разбирают на сборочные узлы, а узлы на детали. В некоторых случаях эта последовательность изменяется в зависимости от конструкции машин. Так, кроме узлов с машин снимают более крупные сборочные единицы (например, головки с ленточных машин, ремизоподъемные каретки с ткацких станков), а также отдельные детали. Эти более крупные сборочные единицы затем также разбирают на узлы и детали. Схема машины как объекта разборки представлена на рис. 2.2, где прямоугольниками условно изображены узлы, а кружочками детали.

Последовательность разборки должна обеспечивать минимальные затраты труда и сохранность деталей. Так, в процессе разборки нельзя допускать, чтобы легкодеформируемые детали (длинные валы, линии рифленых цилиндров и пр.), опирающиеся в машине на несколько опор, оказались висящими консольно (например, на одной опоре). Это может привести к образованию остаточных прогибов, вмятин и т. п. То же относится и к тяжелым деталям (барабанам чесальных, шлихтовальных и других машин). Детали с легкодеформируемыми покровами (игольная, пильчатая или другая гарнитура, рифли и пр.) при разборке необходимо снимать особенно осторожно.

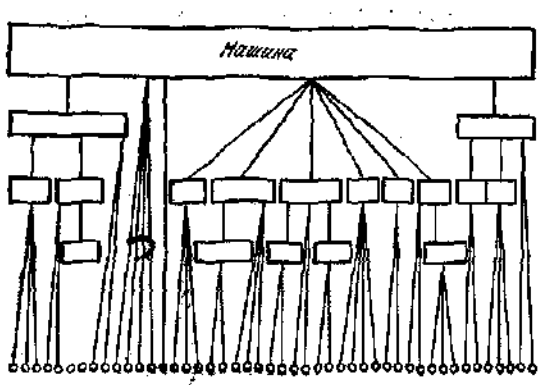


Рис. 2.2. Общая схема машины как объекта разборки

Монтажные метки (риски), имеющиеся на деталях, необходимо при разборке машины тщательно оберегать от повреждений. При отсутствии монтажных меток их следует нанести во время разборки на нерабочие поверхности сопрягаемых деталей, что облегчит затем процесс сборки.

Очистка и мойка деталей

После разборки и перед подачей на контроль и в ремонт детали очищают и при необходимости промывают. Детали, снятые с ремонтируемой машины, покрыты окислами, пухом, пылью и другими различными загрязнениями. Одни из этих загрязнений прочно связаны химически с поверхностью металлических деталей (например, пленки окислов, ржавчина от атмосферной коррозии), а другие связаны с металлом слабыми адсорбционными силами (волокнистые, металлические, абразивные и другие частицы). Загрязнения первого вида удаляют травлением (обработкой сильными неорганическими и органическими кислотами, щелочами), а также электрохимической или ультразвуковой обработкой. Загрязнения второго вида удаляют обдувкой воздухом, обмыванием струей воды, обработкой щетками, абразивами, дробеи или пескоструйной обдувкой и другими механическими способами.

Корпусные крупногабаритные детали (станины, остовы и др.) обычно подвергают механической очистке при помощи ручных и механизированных щеток, а также путем обдува сжатым воздухом или же отсасывания загрязнений специальными промышленными пылесосами. Внутреннюю резьбу в этих деталях очищают латунной проволокой, согнутой в виде петли со свободными заостренными концами.

Очистку более мелких деталей от грязи и пуха иногда еще производят вручную, причем качество такой очистки низкое, времени на нее затрачивается много, и при этом сильно загрязняются производственные помещения. Поэтому мелкие детали следует очищать в особом помещении (не у машины), используя специальные устройства, а также металлические вращающиеся щетки. Примером таких устройств могут служить станки для очистки деталей прядильного оборудования (щитков,

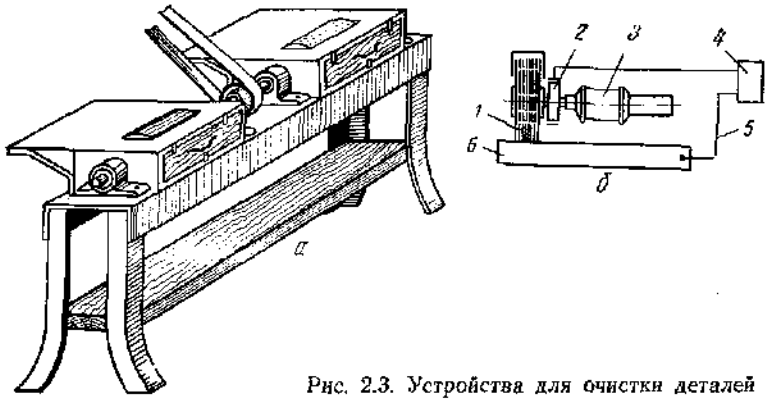


Рис. 2.3. Устройства для очистки деталей

шестерен и др.). На них детали очищают вращающиеся барабаны с наждачными или кардными лентами. На рис. 2.3, *а* изображен станок для очистки и полировки щитков.

Стальные и чугунные детали очищают металлическими щетками из малоуглеродистой стальной проволоки, а латунные — щетками из латунной проволоки. Для очистки деталей от заусенцев, слабой ржавчины, а также для снятия остатков загрязнений после мойки применяют щетки из фибры, корда или капрона и других синтетических материалов. Чаще других для любой очистки используют различные вращающиеся механические щетки на оправках. Наружный диаметр таких щеток 250—300 мм, а ширина ворсовой части 50—60 мм. Частота вращения 3000—4500 мин$^{-1}$.

В настоящее время получила распространение электромеханическая очистка деталей, увеличивающая производительность данной операции в 2—3 раза. Для этой цели используют электрическую шлифовальную машинку (с асинхронным двигателем высокочастотного тока) (рис. 2.3, *б*), на которой вместо абразивного круга установлена металлическая (проволочная) щетка *1*. К ней подводится электрический ток от трансформатора *4* через контактное кольцо *2* и медно-графитовые щетки. Другой полюс проводом *5* от трансформатора *4* соединяется через зажим с очищаемой деталью *6*. Щетка *1* приводится во вращение электродвигателем *3* шлифовальной машинки. Загрязнения на поверхности очищаемой детали разрушаются как искровыми разрядами, так и механическим воздействием щетки, и затем ею же сметаются.

При необходимости после очистки производится мойка деталей. На многих предприятиях распространена мойка деталей керосином у ремонтируемой машины последовательно в двух противнях, что сильно загрязняет помещение и опасно в пожарном отношении. Поэтому мойку следует проводить в специальном помещении. Чтобы детали не засорялись грязью, оседающей на дне противня, их укладывают на решетку над его дном. При мойке в противнях расходуется много керосина и ветоши, и сам процесс мойки малопроизводителен.

Более удобным и дешевым является способ горячей мойки водными растворами щелочей. В металлическую ванну *1* (рис. 2.4, *а*) с решеткой *5* помещают загрязненные детали. Под решеткой расположены электронагревательные элементы *4* или труба (змеевик), через которую проходит пар, подогревающий раствор.

Детали очищают в ванне щетинными кистями. Процесс мойки можно ускорить, установив маленький центробежный насос *3* (работающий от электродвигателя) для подачи раствора в шланг к брандспойту *6* по трубопроводу *2*. Над ванной укреплен вытяжной зонт *7*. Струя раствора, выходящая из брандспойта, направляется на деталь, и мойка проходит более интенсивно.

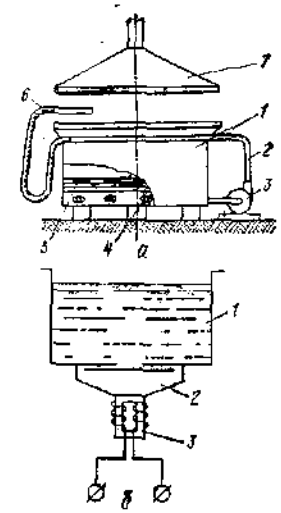


Рис. 2.4. Моечные ванны

Для мойки стальных и чугунных деталей в ванну заливают щелочной раствор одного из следующих составов, г/л воды: состав I — едкого натра 10, кальцинированной соды 7,5, фосфорнокислого натрия 13, мыла 2; состав II — едкого калия 23, углекислого натрия 6,5, зеленого мыла 3. Температура раствора 70—80 °С.

Для мойки деталей из алюминиевых сплавов применяют раствор следующего состава, г/л воды: углекислый натрий 4,5; едкий натр 1,3; фосфорнокислый натрий 1,45; зеленое мыло 1.

После щелочного раствора детали промывают в такой же ванне горячей водой, чтобы избежать коррозии и удалить с них остатки щелочи. Мойка протекает при относительно высокой температуре, поэтому промытые детали сами быстро высыхают.

Довольно эффективным является пароструйный способ очистки и мойки деталей. Суть этого способа заключается в подаче на очищаемые детали горячего моющего раствора вместе с паром через сопло под давлением 4—5·10^5 Па. Установка для пароструйной очистки может иметь собственный источник нагрева, или подача пара может осуществляться от паровой сети. Особенно удобен такой способ для очистки деталей, имеющих большие поверхности. Одновременную очистку поверхностей площадью от 100 до 1600 см^2 производят в течение 5—30 с (в зависимости от характера загрязнений). Качество очистки очень высокое. Последующее полоскание или промывка очищенных поверхностей не требуются.

Еще более совершенным способом является мойка деталей в конвейерных моечных машинах, имеющих несколько (3—4) камер. Детали, уложенные

в сетчатые корзины и установленные на конвейер, проходят через камеры, в которых они последовательно промываются 5—8 %-ным подогретым раствором едкого натра (в первых двух камерах), ополаскиваются теплой водой (в третьей камере) и сушатся горячим воздухом (в четвертой камере).

Все большее распространение получает ультразвуковая очистка деталей и узлов. Такой способ не только повышает производительность и качество очистки, но и позволяет промывать детали сложной формы (с узкими щелями, глухими отверстиями и др.). Принцип ультразвуковой очистки заключается в следующем. В моющей жидкости возбуждаются высокочастотные колебания, благодаря которым образуются кавитационные пузырьки, механически воздействующие на загрязненную поверхность. Возникающие при этом ударные волны интенсивно разрушают слои смазки и грязи. Параллельно происходит и химическое взаимодействие загрязнений с моющим раствором. На рис. 2.4, *б* приведена схема ванны для ультразвуковой очистки с магнитострикционным преобразователем (*1* — моющая жидкость, *2* — трансформатор ультразвуковых колебаний, *3* — магнитострикционный преобразователь). В качестве моющих жидкостей в ванне для ультразвуковой очистки применяют водные растворы щелочей и синтетических поверхностно-активных веществ, а также органические растворители.

В процессе мойки иногда пользуются токсическими и легковоспламеняющимися веществами, которые при нарушениях правил эксплуатации установок становятся взрыво- и пожароопасными. Для подъема отдельных тяжелых частей и узлов машин, а также корзинок, наполненных деталями, применяют подъемно-транспортные средства. Во избежание несчастных случаев и возникновения пожара в моечном отделении необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и проводить противопожарные мероприятия.

Мойщик перед мойкой должен проверить исправность моечного устройства, включить общую приточно-вытяжную вентиляцию, надеть прорезиненный фартук, резиновые перчатки и нанести на кожу рук защитную пасту.

При подготовке моющих средств, например при рубке каустической соды, следует надевать резиновую маску с защитными очками, а на руки — резиновые перчатки.

Перед приемом пищи и в конце смены рабочую одежду и фартук надо снять и повесить в предназначенный для этого шкаф, вымыть руки керосином и теплой водой с мылом.

Мойщики должны знать местонахождение противопожарных средств и уметь пользоваться ими.

Контроль и сортировка деталей

Контроль и сортировка деталей. После того как детали сняты с машины, очищены, промыты, обезжирены и высушены, их следует проконтролировать и рассортировать по состоянию на три группы: годные для

дальнейшей работы без ремонта, нуждающиеся в ремонте (восстановлении) и негодные для дальнейшей эксплуатации.

Если деталь сохранила свои конструктивные или ремонтные размеры или степень износа ее не превосходит допустимых пределов, в ней не обнаружено трещин, ссадин и других дефектов, внешний вид детали отвечает техническим условиям, ее относят к первой группе.

Детали, утратившие вследствие износа конструктивные или ремонтные размеры, а также детали, в которых обнаружены трещины, ссадины, прогибы и т. д., относят ко второй группе (если возможно и целесообразно их отремонтировать). Детали, сильно изношенные, поломанные, треснувшие или очень деформированные, восстановить которые трудно или экономически нецелесообразно, относят к третьей группе.

Такая сортировка деталей дает возможность уточнить ведомость дефектов, которая была составлена до полной разборки машины. Годные детали собирают в одном месте; детали, требующие восстановления, отправляют в механическую или специализированную мастерскую; негодные детали отправляют на склад металлического лома, где их сортируют по видам материала, и вместо них ремонтная бригада получает новые.

Контролер, сортирующий детали, должен хорошо знать конструкции ремонтируемых машин, условия их работы и технологию ремонта. При сортировке необходимо пользоваться альбомами чертежей, а также инструкцией по техническому контролю деталей, в которой должно быть указано, какие места деталей надо промерять и каким инструментом, на что обращать особое внимание и по каким окончательным показателям делать те или иные заключения. Примером может служить выдержка из инструкции, предназначенной для контроля деталей общего назначения.

Контроль гладких валов. Внешний осмотр: 1. Поверхность вала должна быть чистой, без забоин и больших царапин. 2. Трущиеся места (цапфы, шейки) должны быть чистыми, заметные забоины, царапины и задиры не допускаются. Мелкие забоины, царапины и задиры допускаются при условии зачистки их во время ремонта. 3. Совершенно не допускается наличие трещин. 4. Трущиеся места (цапфы и шейки) должны прилегать к подшипникам всей своей поверхностью.

Обмер: 1. Диаметры трущихся мест (шеек, цапф) промеряют микрометром или штангенциркулем и устанавливают степень их износа. 2. Овальность шеек и цапф проверяют микрометром или штангенциркулем. 3. Валы проверяют на биение в центрах или на призмах (если валик не имеет центровых отверстий) с помощью индикатора или в крайнем случае рейсмусом.

Контроль резьбы. Внешний осмотр: 1. Резьба должна быть чистой и соответствовать размерам, данным в чертеже. 2. Резьба не должна иметь больше полутора сорванных витков. 3. Резьба не должна быть помятой или растянутой. 4. Незначительные вмятины допускаются, если во время ремонта возможно исправление резьбы прогонкой ее метчиком или плашкой. 5. Грани гаек и болтов не должны быть сильно помяты. 6. Отверстия для шплинтов не должны быть забиты.

Обмер: 1. Резьбу в ответственных деталях проверяют резьбовым калибром, а если он отсутствует, — резьбовым микрометром по среднему диаметру

(гайку замеряют по контрольному болту). 2. В резьбе ответственных деталей допускается зазор до 0,1 мм, в резьбе неответственных деталей — 0,3 мм. 3. Резьбу в неответственных деталях (шпильках, болтах) проверяют контрольными гайками и болтами.

Контроль шпоночных канавок. Внешний осмотр: 1. Поверхности шпоночных канавок должны быть чистыми и гладкими, не иметь трещин, ссадин, сильно смятых участков и других дефектов. 2. Боковые поверхности шпоночных канавок должны быть параллельны между собой, а поверхность основания перпендикулярна боковым.

Обмер: 1. Шпоночную канавку промеряют шаблоном или мерительной пластинкой со щупом. 2. Шпонка должна сидеть в шпоночной канавке плотно.

Контроль вкладышей и подшипников. Внешний осмотр: 1. Трущаяся поверхность должна быть чистой, без каких-либо вмятин, задиров, царапин. 2. Наличие трещин не допускается.

Обмер: 1. Зазор между валом и отверстием проверяют щупом. 2. Овальность по двум осям проверяют индикаторным нутромером, а если его нет, — штангенциркулем.

Контроль зубьев цилиндрических шестерен. Внешний осмотр: 1. В шестернях не должно быть выкрошенных зубьев. 2. Зубья шестерен не должны иметь забоин. 3. Совершенно не должно быть трещин. 4. Легкие царапины и выбоины на зубьях допускаются, если их возможно зачистить во время ремонта.

Обмер: 1. Толщину зуба измеряют по начальной окружности зубомером. 2. По ширине зуб измеряют в двух местах на расстоянии 3—5 мм от вершины.

Контроль пружины. Внешний осмотр: 1. Совершенно не допускается наличие трещин. 2. Неравномерность в шаге пружины допускается не свыше 0,2—0,3 величины шага. 3. Не допускаются: изгиб пружины, перегиб витков и непараллельность концевых витков в сжимающих пружинах.

Обмер: 1. Измеряют диаметр проволоки пружины. 2. Измеряют длину пружины. 3. Проверяют усадку пружины под грузом.

Выявление скрытых дефектов. К скрытым дефектам относятся поверхностные и внутренние трещины. Такого рода дефекты особенно опасны в деталях, выполняющих ответственные функции (все рабочие органы, корпусные и базисные детали и др.).

Скрытые дефекты выявляют дефектоскопами, среди которых наиболее распространенными являются магнитные, ультразвуковые и люминесцентные. Магнитные дефектоскопы применяют при проверке деталей из ферромагнитных материалов (стальных, чугунных). Магнитный дефектоскоп намагничивает деталь. При этом, если в детали нет трещины, силовые линии пронизывают деталь (рис. 2.5, *а*), а при наличии трещины огибают ее (рис. 2.5, *б*), так как дефектное место обладает пониженной проницаемостью или повышенным магнитным сопротивлением.

Для обнаружения поля рассеяния магнитного потока и выявления его характера деталь обливают суспензией, состоящей из керосина (или трансформаторного масла) и взвеси из мелкодисперсного порошка (ферромагнитной окиси железа). Частицы порошка втягиваются в магнитный поток рассеивания и располагаются вдоль трещины, отмечая месторасположение дефекта и его форму.

Для четкого выявления трещин необходимо, чтобы магнитные силовые линии располагались перпендикулярно направлению дефекта. С этой целью применяют продольное, циркулярное и комбинированное намагничивание детали.

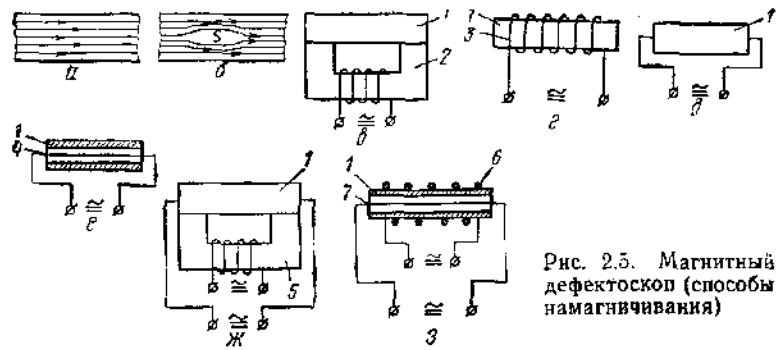


Рис. 2.5. Магнитный дефектоскоп (способы намагничивания)

Продольное намагничивание детали *1* производят в поле электромагнита *2* (рис. 2.5, *в*) или соленоида *3* (рис. 2.5, *г*); циркулярное (рис. 2.5, *д*) — пропусканием электрического тока через деталь *1* или металлический стержень *4* (рис. 2.5, *е*); комбинированное — одновременным продольным и циркулярным намагничиванием с помощью электромагнита *5* (рис. 2.5, *ж*) или соленоида *6* и пропусканием тока через деталь *1* или металлический стержень *7*, проходящий сквозь полую деталь (рис. 2.5, *з*).

Продольное намагничивание выявляет поперечные трещины, циркулярное — продольные, а комбинированное — трещины любого направления.

Проверенные детали размагничивают, пропуская их через соленоид, питаемый переменным током. Для ремонтных целей рекомендуется применять универсальный магнитный дефектоскоп.

Ультразвуковой дефектоскоп основан на способности звуковых волн (с частотой колебаний 0,5—10 МГц и выше) распространяться в твердом теле в продольном и поперечном направлении тонким малорасходящимся пучком. Если в детали имеется дефект (трещина, раковина), то он становится препятствием для прохождения ультразвуковой волны, и она частично отражается, а частично рассеивается. Этим способом можно обнаружить в детали глубоко залегающие дефекты.

Схема импульсного ультразвукового дефектоскопа приведена на рис. 2.6. Электрические импульсы, возникающие в генераторах *1* и *2*, преобразованные в ультразвуковые пьезоэлектрическим щупом *6*, направляются в проверяемую деталь *7*. При встрече с дефектом импульсы ультразвуковых колебаний отражаются от него, поступают в щуп *6*, преобразуются в электрические импульсы и усиливаются усилителем *3*. Электрические импульсы на экране электронно-лучевой трубки *5* вызывают смещения вверх горизонтальной развертки луча, получаемого от генератора *4*. На экране трубки *5*

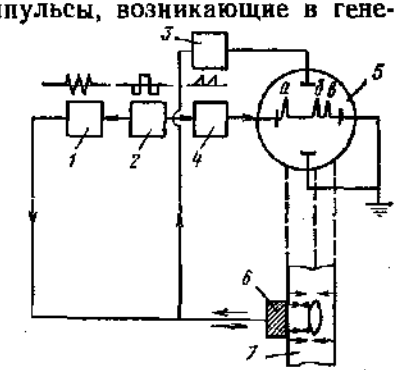


Рис. 2.6. Схема ультразвукового дефектоскопа

видны пик *а* исходного импульса, пик *б* импульса, отраженного от дефекта, и пик *в* импульса, отраженного от противоположной стороны детали. В ремонтной практике используют ультразвуковые дефектоскопы и др.

Наружные скрытые трещины выявляют и более простыми способами. Деталь тщательно очищают, моют, просушивают и на 10—15 мин погружают в ванну с чистым керосином или бензином. Затем ее извлекают, насухо протирают и место, где предполагается наличие трещины, покрывают меловой обмазкой. После некоторой выдержки (пока высохнет обмазка) керосин или бензин, находящийся в трещине, испаряется и, проходя сквозь меловой слой, оставляет на нем след в виде темной линии. При отсутствии трещины на меловом покрытии следов не остается.

По другому способу очищенную деталь подвергают травлению подогретым 10—20 %-ным раствором серной кислоты. Трещины при этом легко обнаружить при помощи лупы с двух-трехкратным увеличением.

Детали и сопряжения, у которых в процессе работы были нарушены размеры, искажена форма, изменились зазоры, произошла поломка, можно использовать для дальнейшей работы в машине после ремонта (восстановления). Вторичное использование неисправных деталей за счет их восстановления приобретает все большее распространение. Таким путем экономится металл, сберегается электроэнергия и труд рабочих различных специальностей.

Известно, что чем деталь сложнее, тем меньше относительная стоимость ремонта (стоимость ремонта, отнесенная к первоначальной стоимости детали), тем целесообразнее ее ремонтировать. Современная технология ремонта располагает средствами, с помощью которых можно полностью восстановить детали, а иногда и улучшить их эксплуатационные свойства.

Передовой опыт показывает, что наиболее эффективно восстановление деталей при использовании принципов серийного производства. Это возможно, когда работы по восстановлению главным образом массовых деталей сосредоточены в специализированной мастерской, обслуживающей все предприятие (или ряд однотипных предприятий).

Примером может служить опыт восстановления чугунных колосников чесальных машин пластмассой на специально созданных производственных участках ряда текстильных предприятий (егорьевского хлопчатобумажного комбината «Вождь пролетариата», Ореховского хлопчатобумажного комбината им. К. И. Николаевой, Тернопольского, Донецкого им. XXV съезда КПСС и других хлопчатобумажных комбинатов). Стоимость восстановления колосников составляет 10 % стоимости новых, а их срок службы возрастает в три раза.

В одних случаях необходимо восстановить все первоначальные размеры детали и ее форму (как при ремонте шестерен), в других случаях достаточно восстановить только посадку (например, зазор при ремонте малоизношенной пары вал — подшипник).

Для восстановления первоначальных размеров деталей, их формы и посадки применяют сварку, наплавку, газотермическое напыление, электроискровое наращивание, электролитические покрытия; плазменную обработку, покрытия из полимерных материалов, различные механические способы (установку промежуточных тел, обработку давлением), склеивание, паяние и др. Указанные способы восстановления изношенных деталей применяют самостоятельно или в комбинации с другими (сварка-металлизация, насадка втулки — сварка и т. п.). Если нужно только восстановить посадку и, в частности, зазор, его регулируют, применяя компенсаторы износа, и переводят размеры деталей в ремонтные (см. с. 132).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

В технологии ремонта сварка является основным способом восстановления (ремонта) деталей. Все виды сварки делят на две группы: сварку плавлением и сварку давлением (пластическую).

К сварке плавлением относят электродуговую, газовую и плазменную, а к сварке давлением — электрическую методом сопротивления (например, стыковую, шовную, точечную), а также газопрессовую и кузнечную.

Электродуговая и газовая сварка в ремонтной технологии служит для сращивания поломанных и треснувших деталей, наплавки изношенных деталей, изготовленных из стали, чугуна, бронзы и других металлов; электростыковая — для соединения встык поломанных деталей из стали и других пластичных материалов; электроточечная и шовная — для соединения внахлест деталей из листового материала. Подавляющая часть сварочных и наплавочных работ в ремонтной технике основана на принципе плавления.

Электродуговая сварка и наплавка

Электродуговая сварка является наиболее распространенным способом восстановления деталей машин текстильной и легкой промышленности. Это способ, при котором местный нагрев, расплавление свариваемых частей и присадочного материала производят электрической дугой. При восстановлении деталей его применяют для наплавок изношенных поверхностей, заварки трещин, раковин, соединения поломанных деталей и др.

Электродуговую сварку и наплавку деталей осуществляют вручную (чаще) и автоматически. Существуют следующие разновидности ручной электродуговой сварки: угольным электродом (рис. 2.7, *а*) зависимой дугой (способ Бенардоса),

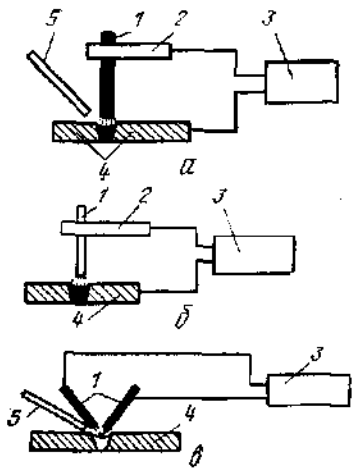
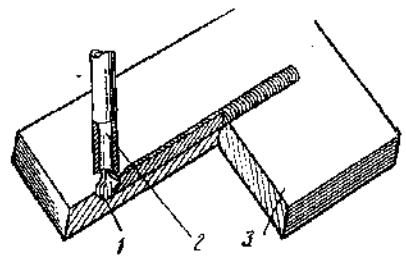


Рис. 2.7. Разновидности ручной электродуговой сварки, применяемые при восстановлении деталей:

1 — электрод; 2 — электрододержатель; 3 — источники электрического тока; 4 — восстанавливаемая деталь; 5 — присадочный материал

Рис. 2.8. Способ ручной электродуговой наплавки деталей



металлическим электродом (рис. 2.7, *б*) зависимой дугой (способ Н. Г. Славянова) и угольными электродами независимой дугой (рис. 2.7, *в*). В технологии восстановления деталей большинство электросварочных работ производится способом Н. Г. Славянова. Наплавка и сварка — операции, во многом сходные по характеру процессов, применяемой технологии и оборудованию. Наплавку применяют для восстановления деталей с изношенными поверхностями, а сварку — для восстановления поломанных и треснувших деталей. Сущность способа ручной электродуговой наплавки и сварки состоит в следующем.

Теплом сварочной дуги *1* (рис. 2.8) плавится металл восстанавливаемой детали *3* и присадочный материал *2* (электродный стержень с покрытием), после чего расплавленный металл совместно кристаллизуется. Легирующие элементы из расплавленного электродного стержня и покрытия переходят в наплавленный металл, что улучшает его свойства: шлакообразующие компоненты (марганцевая руда, плавиковый шпат, титановый концентрат — рутил и др.) создают на поверхности расплавленного металла оболочку из шлака, *благодаря чему жидкий металл предохраняется от окисления и насыщения* газами; газообразующие компоненты (органические вещества — крахмал, декстрин, древесная мука и карбонаты — мрамор, мел, магнезит) оттесняют воздух из зоны горения дуги, защищая капли металла и сварочную ванну от кислорода и азота, отрицательно влияющих на свойства наплавленного металла; раскисляющие компоненты (ферросплавы — ферромарганец, ферросилиций, ферротитан), соединяясь с кислородом, попавшим в расплавленный металл, окисляются и в виде окислов переходят в шлак, тем самым очищая (раскисляя) наплавленный металл. Связующим всех компонентов покрытия является жидкое стекло, декстрин, бетонит и др.

Качество восстановления сваркой в значительной мере зависит от устойчивости дуги, а ее устойчивость определяется родом тока и длиной дуги.

Так, дуга более устойчива при постоянном токе, чем при переменном. Для придания дуге переменного тока большей устойчивости применяют толстообмазанные электроды, повышают напряжение и частоту тока. Дуга более устойчива, если ее длина, т. е. расстояние от торца электрода до поверхности расплавленного металла, не превышает диаметра электрода. При длинной дуге капли металла, стекающие с конца электрода, окисляются кислородом, насыщаются азотом воздуха, вследствие чего горение неустойчиво.

Если в наплавленном металле содержатся окислы и азот в виде нитридов (Fe_4N и Fe_2N), то его механические свойства резко ухудшаются (уменьшаются относительное удлинение и ударная вязкость, повышаются твердость и хрупкость). На степень поглощения металлом кислорода и азота, кроме длины дуги, влияют также наличие обмазки и ее толщина, род и сила тока. При сварке голыми электродами кислород и азот поглощаются интенсивнее, чем при сварке обмазанными, поэтому чем толще обмазка электродов, тем меньше в наплавленном металле окисных и азотных соединений. В одинаковых условиях при сварке постоянным током с обмазанными электродами наплавленный металл меньше загрязняется окислами и нитридами, чем при сварке переменным током.

При электродуговой наплавке и сварке постоянным током используются сварочные выпрямители, например типа ВД-306 с питанием от трехфазной сети напряжением 220—380 В. Они позволяют регулировать силу тока в широких пределах, хорошо стабилизируют дугу и уменьшают разбрызгивание металла. Применяются также сварочные преобразователи (мотор-генераторы) типа ПС-300, ПС-500, ПСО-300, ПСО-500 и др.

Если для восстановления деталей сваркой и наплавкой требуется большая сила тока, то прибегают к параллельному соединению двух или нескольких генераторов, имеющих одинаковую характеристику. Во всех случаях в целях безопасности корпуса электродвигателя и генератора должны быть заземлены.

При электродуговой сварке и наплавке деталей переменным током применяются сварочные трансформаторы, которые служат для понижения напряжения и повышения силы тока, получаемого от сети, без изменения его мощности. Трансформатор вместе с регулятором (дросселем, реактором), включенным во вторичную цепь последовательно с дугой, образует передвижной сварочный аппарат. Регулятор варьирует силу тока и ограничивает резкое ее увеличение в момент зажигания дуги.

Наибольшее распространение получили трансформаторы типа ТС-300, ТД-500, основным различием которых является мощность. Применяют также трансформаторы других типов, например СТШ-300.

Для получения в сварочной дуге большей силы тока используют параллельную работу сварочных аппаратов, имеющих одинаковую внешнюю характеристику. Существуют сварочные аппараты, представляющие собой комбинацию однофазного

трансформатора и реактивной катушки (поэтому в этих конструкциях нет отдельного регулятора тока).

Сварочные аппараты переменного тока применяют для большинства ремонтно-сварочных работ. Качество шва, особенно при сварке толстообмазанными электродами, не уступает качеству шва, полученного при сварке постоянным током. Вместе с тем применение таких сварочных аппаратов более экономично, чем сварка при питании от генератора: расход электроэнергии уменьшается в 2—3 раза; мощность холостого хода — в 10 раз; стоимость аппарата снижается в 3—5 раз по сравнению со стоимостью генератора; занимаемая аппаратом площадь уменьшается втрое.

Автоматическая электродуговая наплавка

Автоматическую электродуговую наплавку широко используют при ремонте деталей машин. Практика показывает, что наиболее эффективен этот способ при наплавке сравнительно больших поверхностей и серийном восстановлении деталей. В этих случаях производительность автоматической наплавки превосходит производительность ручной в 15—20 раз.

Автоматическая наплавка изношенных деталей основана на принципе использования тепла электрической дуги под слоем флюса (рис. 2.9, *а*). Между голым металлическим электродом *3* и восстанавливаемой деталью *6*, к которым подводится ток от сварочного трансформатора, возникает электрическая дуга. Из бункера *4*, расположенного впереди электрической дуги, к месту наплавки подается флюс *7*. Дуга горит внутри заполненной газами и парами оболочки, образованной расплавленным флюсом. Электродная проволока, расположенная в кассете *2*, подается в зону дуги автоматически при помощи специального механизма — сварочной головки *5* или сварочного автомата. Во время наплавки сварочная головка, а следовательно, и электрическая дуга перемещаются с помощью тележки *1* вдоль наплавляемой детали с заданной скоростью, равной скорости наплавки.

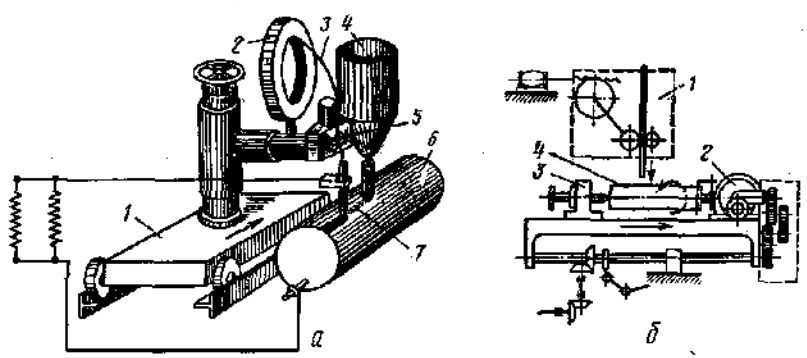


Рис. 2.9. Устройство для автоматической электродуговой наплавки детали

Наплавку цилиндрической поверхности или спирали способом автоматической сварки можно осуществлять следующим образом. Деталь *4* (рис. 2.9, *б*) укрепляют, например, на универсальном фрезерном станке между центрами делительной головки *2* и задней бабки *3* и придают ей вращательное и продольное движение. Сварочную головку *1* закрепляют на станке неподвижно.

Автоматическую наплавку часто выполняют и на токарном станке. Деталь закрепляют в патроне или между центрами, а сварочную головку — на каретке; деталь получает вращательное движение, а сварочная головка продольное. В процессе наплавки часть флюса, защищающего наплавленный валик, расплавляется и после остывания образует шлаковую корку, легко удаляемую с поверхности валика.

Автоматическую наплавку производят углеродистой или легированной электродной проволокой. При применении легированной проволоки износостойкость наплавленного слоя (и стоимость восстановления) выше, чем при использовании углеродистой проволоки. При автоматической сварке наплавленный слой легируют и путем применения легированных флюсов, используя дешевую углеродистую проволоку. В этом случае получают наплавленный слой с более высокими заданными свойствами, чем при применении легированной электродной проволоки.

Автоматическая электродуговая наплавка изношенных деталей под слоем флюса имеет ряд преимуществ по сравнению с ручной: повышенная производительность, высокое качество наплавленного слоя вследствие надежной защиты флюсовой коркой расплавленного металла от окисления и выгорания легирующих элементов; образование наплавленного металла более однородной структуры и химического состава (так как под коркой флюса процесс остывания и формирования слоя происходит замедленно и равномерно); снижение стоимости восстановления детали в результате повышения производительности труда, уменьшения расхода электроэнергии и троекратно улучшенного использования тепла электрической дуги (оно не рассеивается в окружающую среду, а почти целиком расходуется на плавление электродной проволоки, флюса и металла восстанавливаемой детали); устранение потерь на разбрызгивание металла, достигающего при ручной наплавке 15—20 %; облегчение и оздоровление труда сварщиков.

Широкое распространение получила электродуговая наплавка ленточным электродом под слоем флюса. Этот способ применяют при ремонте крупных деталей с износом рабочих поверхностей большой площади. Преимуществами такого метода являются: высокая производительность (в зависимости от

ширины ленточного электрода за один проход можно наплавить слой шириной до 100 и толщиной 3—12 мм); незначительное коробление восстанавливаемой детали благодаря малой глубине проплавления; возможность упрочнения восстанавливаемой поверхности за счет легирования наплавленного металла; экономичность способа (затраты при наплавке ленточным электродом в 2—3 раза ниже затрат при наплавке проволочным электродом из порошкового материала).

Наплавка в среде защитных газов

Сущность данного способа заключается в том, что в зону дуги, горящей между наплавляемой деталью и электродом, непрерывно подается защитный газ, который вытесняет воздух, окружающий дугу. Это способствует предохранению жидкого металла от вредного действия кислорода и азота. В качестве защитных газов применяют углекислый газ, аргон, водород и др.

Горение дуги при наплавке в защитном газе имеет различную устойчивость. Самая низкая она при наплавке в среде водорода, несколько выше — в среде углекислого газа и наивысшая — в среде аргона. Устойчивость горения дуги при наплавке в среде защитных газов повышают путем увеличения плотности тока до 300 А/дм^2.

Аргон в качестве защитного газа применяют при наплавке деталей из высоколегированных хромоникелевых аустенитных сталей, сплавов на основе меди, алюминия, титана и др. При наплавке деталей из низколегированных сталей использование аргона нецелесообразно из-за образования пор в наплавленном слое и сильного разбрызгивания металла.

Наибольшее распространение в силу доступности получила наплавка в среде углекислого газа плавящимся электродом на постоянном токе при обратной полярности. Электрод в виде проволоки пропускают через мундштук, вставленный в пустотелый корпус горелки. Электрод и наплавляемую деталь включают в сварочную электрическую цепь, по одной трубке, подают углекислый газ, а по другой — охлаждающую воду. При высокой сварочной температуре углекислый газ диссоциирует (разлагается) на атомарный кислород и окись углерода.

Выбор электродной проволоки зависит от того, какой защитный газ применяют. Так, при наплавке деталей в среде аргона используют проволоку, химический состав которой соответствует химическому составу металла наплавляемой детали. При наплавке деталей в среде углекислого газа выбирают проволоку с повышенным содержанием раскислителей кремния и магния при наплавке углеродистых и низколегированных сталей, магния и титана при наплавке высоколегированных сталей.

Источником питания электросварочной дуги при наплавке в среде защитных газов служат сварочные преобразователи типа ПСГ, которые имеют жесткую внешнюю характеристику.

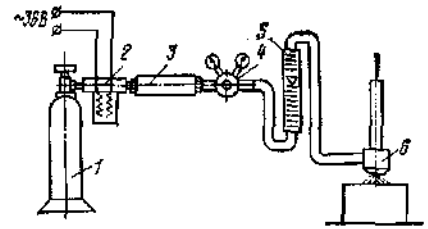


Рис. 2.10. Установка для наплавки в среде углекислого газа

Для питания аргоном пост наплавки оснащен баллоном, понижающим редуктором, расходомером, горелкой. При питании углекислым газом (рис. 2.10) пост имеет баллон *1*, подогреватель *2*, осушитель *3*, понижающий редуктор *4*, ротаметр-расходомер *5*, горелку *6*.

Сварку в струе углекислого газа можно производить во всех пространственных положениях.

Для выполнения полуавтоматических сварочных и наплавочных работ применяют аппараты А-580 и других типов, разработанные в Институте электросварки им. Е. О. Патона. Полуавтомат А-580 состоит из переносного подающего механизма, ручного держателя, аппаратного ящика, газовой аппаратуры, источника питания (селенового сварочного выпрямителя).

Вибродуговая наплавка

Вибродуговая наплавка является разновидностью электродуговой и используется для наращивания изношенных поверхностей цилиндрических деталей (рис. 2.11). Деталь *1* и электродную проволоку *3* включают в цепь источника тока *5*. Проволока *3* с помощью вибратора *4* получает продольные колебания, вследствие чего происходят периодические (до 50 и более раз в секунду) замыкания дугового зазора и принудительный перенос электродных капель в сварочную ванну. За счет вибрации электродной проволоки (с амплитудой 0,5—3 мм) обеспечивается чередование электрических разрядов в виде дуги, коротких замыканий и холостого хода.

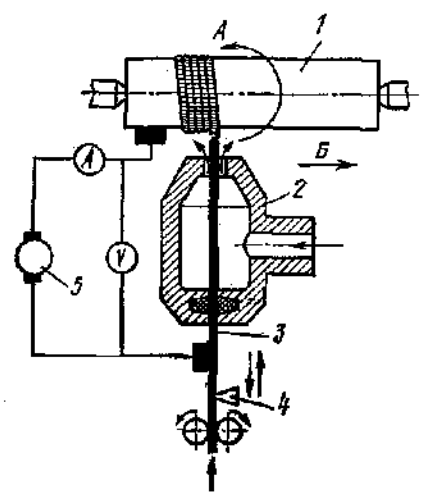


Рис. 2.11. Установка для вибродуговой наплавки детали

Проволоку пропускают сквозь вибродуговую головку *2*.

В процессе наплавки через сопло, имеющееся в головке *2*, в зону сварочной дуги подают охлаждающую жидкость со щелочными свойствами (водный раствор кальцинированной соды и др.). Через эту жидкость в дугу вводят соли, содержащие ионизирующие элементы для улучшения условий ее горения. Образующиеся пары, оттесняя воздух, защищают расплавленный металл от воздействия кислорода и азота, в результате чего наплавленный металл приобретает повышенные механические свойства.

Наплавку ведут при напряжении 14—24 В, диаметре проволоки 1,6—2,5 мм и силе сварочного тока 10—250 А. Восстанавливаемую деталь *1* (см. рис. 2.11) закрепляют в центрах или патроне токарного станка и приводят во вращение (по стрелке *А*), а вибродуговую головку укрепляют на каретке станка и придают ей продольное движение (по стрелке *Б*).

Так как при вибродуговой наплавке тепловое воздействие на восстанавливаемую деталь невелико (длительность горения дуги составляет несколько микросекунд и менее) и значительно меньше, чем при других способах наплавки, зона термического влияния (см. с. 96) имеет небольшие размеры (1—2 мм), а величина деформации в 5—10 раз меньше, чем при электродуговой наплавке.

Диапазон размеров деталей, восстанавливаемых вибродуговой наплавкой, — 8—200 мм. За один проход можно получить ровные слои толщиной от нескольких сотых миллиметра до 3 мм (это зависит от диаметра электродной проволоки). В зависимости от марки электродной проволоки твердость стального покрытия может быть от 180 HB (проволока Св. 08) до 60 HRC (проволока марки 30ХГСА).

Применение вибродуговой наплавки особенно эффективно при восстановлении деталей с износом до 1 мм, а также в случае, если детали не работают при больших динамических нагрузках и нагрузка не имеет циклического характера.

Вибродуговую наплавку можно проводить под слоем флюса (способ, разработанный Институтом сварки им. Е. О. Патона).

В настоящее время получает распространение вибродуговая наплавка в защитной среде водяного пара с одновременным охлаждением детали отдельной струей жидкости. Такой способ обладает рядом достоинств: создает благоприятные условия формирования и кристаллизации наплавленного слоя; уменьшает склонность наплавленного металла к образованию пор и трещин; позволяет в широком диапазоне регулировать структуру и твердость наплавленного металла путем установления определенного расхода охлаждающей жидкости и места ее подвода; повышает усталостную прочность деталей вследствие уменьшения дефектов металла наплавки и др. Поэтому вибродуговая наплавка в защитной среде водяного пара обеспечивает более надежную работу деталей, подверженных динамическим и циклическим нагрузкам.

Газопламенная сварка и наплавка

Технологически газопламенная сварка во многом сходна с дуговой, однако она имеет существенное отличие, заключающееся в более плавном и медленном нагреве металла. Поэтому производительность газовой сварки с увеличением толщины металла снижается. Например, при толщине стальных деталей свыше 8—10 мм применение газовой сварки становится экономически нецелесообразным. Кроме того, при этом способе разогреваются большие объемы основного металла, что вызывает значительные деформации (коробление) свариваемых деталей.

Газопламенная сварка и наплавка применяются при восстановлении деталей из следующих материалов: тонкой стали толщиной 0,2—5 мм; легкоплавких металлов (цветных и их сплавов); металлов, требующих при сварке постепенного плавного нагревания и замедленного охлаждения (инструментальной стали); металлов, требующих подогрева при сварке (чугуна и некоторых сортов специальной стали). Наряду с этим газопламенная сварка применяется при наплавке твердыми сплавами и твердой пайке.

По этому методу местный нагрев, расплавление свариваемых частей и присадочного материала производятся пламенем, получаемым в результате сгорания горючих газов в смеси с кислородом. Из горючих газов при сварке чаще других используется ацетилен, который при сгорании в смеси с кислородом дает температуру пламени 3000—3200 °С.

В зависимости от состава газовой смеси различают три вида пламени: нормальное, или нейтральное (рис. 2.12, *а*), при объемном соотношении кислорода к ацетилену 1 : 1,15—1 : 1,2; науглероживающее, или восстановительное (рис. 2,12, *б*), при избытке ацетилена; окислительное (рис. 2.12, *в*) при избытке кислорода. Распределение температуры по длине нормального пламени видно из диаграммы (см. рис. 2.12, *а*).

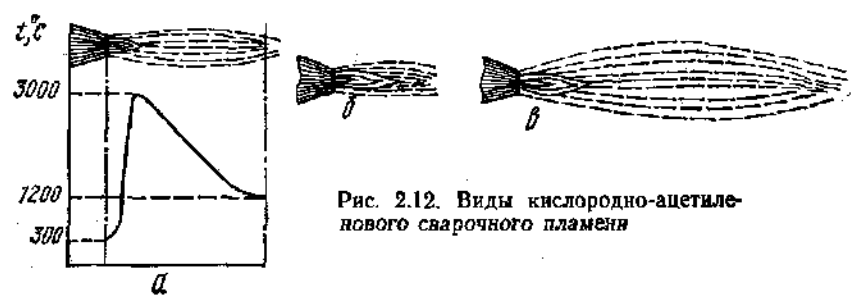


Рис. 2.12. Виды кислородно-ацетиленового сварочного пламени

Нормальное пламя обычно используется для сварки и наплавки стальных, бронзовых, медных, алюминиевых деталей; пламенем с небольшим избытком ацетилена сваривают и наплавляют детали из серого и ковкого чугуна и наплавляют твердые сплавы; пламенем с избытком кислорода — латунные детали.

При сварке восстановительным пламенем свободный углерод соединяется с расплавленным металлом, делая его твердым, хрупким, труднообрабатываемым. Небольшой избыток ацетилена может оказаться полезным при выгорании части углерода (например, при сварке чугуна), избыток углерода в пламени будет компенсировать часть углерода, выгоревшего из металла.

При сварке окислительным пламенем образуются окислы, противодействующие сплавлению металла. Длительное воздействие такого пламени приводит к перегоранию металла. Однако, как уже указывалось, некоторые цветные сплавы (например, латунь) сваривают окислительным пламенем, препятствующим испарению цинка.

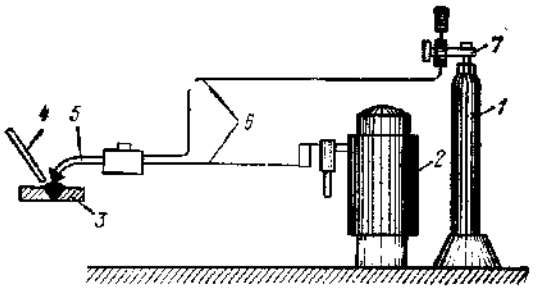
При газовой сварке расплавленный металл поглощает кислород и азот из воздуха менее интенсивно, чем при электродуговой. Это объясняется защитным действием факела пламени и флюсов: факел, окружая расплавленный металл, принимает на себя почти весь кислород воздуха, необходимый для сгорания окиси углерода и водорода в зоне пламени.

Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах непосредственно на месте сварочных работ или доставляют в ацетиленовых баллонах. Для ремонтно-сварочных работ чаще всего используется переносной генератор низкого давления ГВР-1,25. Генератор имеет производительность 1,25 м³/ч, рабочее давление 0,015—0,03 МПа и единовременную загрузку карбида кальция 4 кг. Генератор работает по комбинированному принципу «вода на карбид». Положительными качествами генераторов ГВР-1,25 являются применение шлангов большой длины и сварочных горелок более высокого давления, а также возможность работы при низких температурах.

В генераторах есть водяной затвор и химический очиститель. Водяной затвор предохраняет генератор от взрыва в момент обратного удара пламени из сварочной горелки. Химический очиститель предназначен для очистки ацетилена от сероводорода и фосфористого водорода, являющихся вредными примесями, ухудшающими качество сварки (сера делает металл красноломким, а фосфор — хладноломким).

Жидкостная емкость ацетиленового баллона — 40 л. Внутренняя область баллона заполнена пористой массой, пропитанной ацетоном, в которой растворяется ацетилен. Баллон снабжен редуктором для понижения давления газа, отбираемого из баллона. Чаще всего это ацетиленовые редукторы типа РА-55

Рис. 2.13. Установка для газопламенной сварки и наплавки деталей



и РД-2АМ с пределами регулирования рабочего давления 0,02—0,15 МПа. Однако ацетилен все шире заменяется природным газом (метаном), пропан-бутановой смесью и другими экономичными и доступными горючими газами и жидкостями.

Кислород к месту сварочных работ подается в специальных стальных цельнотянутых баллонах. В них кислород может находиться под давлением до 15 МПа (испытательное — 22,5 МПа). Наиболее распространены баллоны жидкостной емкостью 40 л.

По мере расходования кислорода давление в баллоне понижается; при давлении 0,2 МПа расходование прекращают. Количество кислорода в баллоне можно определить, умножив давление на жидкостную емкость. Как правило, кислородный баллон окрашен в голубой или синий цвет с надписью «Кислород». Баллон снабжен редуктором типа РК53БМ, понижающим давление выходящего кислорода. Пределы регулирования на выходе — от 0,1 до 0,15 МПа, пропускная способность редуктора — до 60 м³/ч.

Горелки. Наибольшее распространение получили инжекторные однопламенные ацетиленокислородные горелки типа ГС и «Москва». Горелки снабжены семью сменными наконечниками № 1—7 для получения пламени различной мощности. Диаметр отверстия мундштука наконечника от 0,8 (№ 1) до 3,5 мм (№ 7) Давление кислорода 0,1—0,4 МПа, а минимальное давление ацетилена 0,001 МПа.

Кроме того, для наплавки и нагрева деталей применяют многопламенные ацетиленокислородные горелки. Существуют горелки для использования газозаменителей, а также для механизированной газовой сварки и наплавки.

Подача кислорода к горелкам производится по резинотканым шлангам, рассчитанным на рабочее давление до 1 МПа (при испытании давление доводят до 2 МПа), а подача ацетилена — по резинотканым шлангам, рассчитанным на давление до 0,3 МПа (испытательное — до 0,5 МПа). Для пропан-бутановых и других смесей применяют специальные бензостойкие резиновые (дюритовые) рукава. Минимальная длина шлангов 5 м.

Мощность сварочной горелки, определяемая часовым расходом ацетилена, может быть подобрана по эмпирической формуле

$$A = KS,$$

где A — расход ацетилена, л/ч; K — опытный коэффициент (для малоуглеродистой стали, чугуна и алюминия $K \approx 100$, для красной меди $K \approx 140$, для нержавеющей стали $K \approx 75$); S — толщина металла, мм.

На рис. 2.13 показана ацетиленокислородная сварочная установка для газопламенной сварки и наплавки деталей, состоящая из кислородного баллона *1* с редуктором *7*, ацетиленового генератора *2*, горелки *5* с питающими шлангами *6*. Здесь же показаны свариваемая деталь *3* и присадочный пруток *4*.

Сведения о применяемых присадочных материалах и флюсах приведены далее (см. с. 102 и др.).

Плазменная и лазерная наплавки

Плазменная наплавка все шире используется в ремонтной технологии. Плазменная дуга характеризуется температурой до 30 000 °С и большим диапазоном регулирования ее технологических свойств.

Плазменная наплавка обладает высокой производительностью, малой зоной термического влияния, не вызывает заметных тепловых деформаций восстанавливаемых деталей. Ее особенностями являются пониженный расход защитных газов, высокая стабильность горения дуги, отсутствие зависимости качества наплавленного металла от изменения длины дуги.

Сущность плазменной наплавки заключается в том, что нагрев присадочного металла и восстанавливаемой детали производится ионизированной газовой плазмой, созданной дуговым разрядом, возбужденным между двумя электродами, через который газ (аргон, водород, азот) пропускается в узком канале. Для наплавки применяют плазмотрон, в котором одновременно горят две дуги: одна плазмообразующая, а вторая служит для подплавления основного металла восстанавливаемой детали и расплавления присадочного материала в виде электродной проволоки, прутка или в виде порошка.

Плазменным способом можно наносить на детали самые различные материалы — от карбидов до чистых металлов и стали. Наплавку производят на деталях из малоуглеродистой и хромоникелевой стали, алюминиевых сплавов и других материалов. За один проход можно наносить слой толщиной 0,25—9 мм и шириной 1,2—45 мм. Точность регулирования наносимого материала достигает ±0,05 мм.

Восстановление и упрочнение деталей оборудования с помощью *лазерной технологии* получает все большее распространение. Этим способом удается восстановить деталь и заметно увеличить ее износостойкость, даже если она изготовлена из малоуглеродистой конструкционной стали.

Покрытие формируется из порошкового материала под действием на его поверхность лазерного луча. Регулируя мощность и длительность действия лазера, на стальной детали можно выполнить такие операции, как термическая обработка, поверхностное легирование и оплавление порошкового слоя.

На отдельных предприятиях отрасли накоплен опыт применения лазера при восстановлении и упрочнении деталей. Так, на Новомайнской ковровой фабрике (при участии Дмитровградского филиала Ульяновского политехнического института) организован участок, оснащенный лазерной установкой непрерывного действия ЛГН-702 (мощность до 1 кВт, длина волны 10,6 мкм). Здесь же смонтирован специально созданный универсальный станок для лазерной обработки мелких и крупногабаритных деталей. Восстановление изношенных деталей производят путем газопламенного напыления покрытий из самофлюсующих сплавов с последующим оплавлением их непрерывным лазерным излучением. Для упрочнения деталей из малоуглеродистой стали используется лазерное борирование. Поверхностный слой детали насыщается бором из борсодержащей обмазки. Благодаря введению в зону лазерного расплава бора как легирующего элемента износостойкость детали повышается в 2—3 раза по сравнению с износостойкостью объемно закаленной детали из стали марки 45.

Строение наплавленного металла

В процессах электродуговой и газовой наплавки присадочный металл и часть металла восстанавливаемой детали переходят из твердого состояния в жидкое. При этом они взаимно сплавляются и затем при охлаждении переходят в твердое состояние. Эти процессы сопровождаются структурными и химическими изменениями в наплавленном и основном металле, возникновением внутренних напряжений и деформаций в свариваемой детали.

На рис. 2.14 показан схематический разрез наплавленной стальной детали. Наплавленный металл *1* имеет строение литого металла, его зерна крупнее, чем у основного металла *5*, и имеют форму столбчатых кристаллов. Этим объясняется ухудшение механических свойств наплавленного металла. Оно обусловлено также наличием в наплавленном металле газовых пор, пузырей и шлаковых включений.

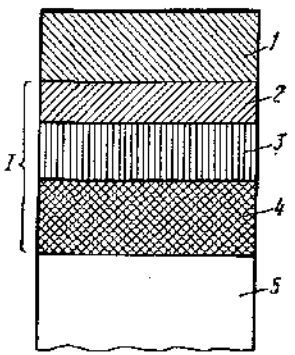


Рис. 2.14. Схема строения наплавленной детали

Химический состав наплавленного металла отличается от состава основного и присадочного металлов, так как часть элементов (углерод, кремний, марганец, хром и др.) при расплавлении металла выгорает. Например, при сварке стали

выгорают углерод, кремний, марганец, при сварке бронзы выгорает олово и т. д. Вместе с тем наблюдается и обогащение наплавленного металла различными элементами, например кислородом и азотом воздуха. При наплавке чугунной детали сталью наплавленный металл науглероживается за счет основного; при сварке электродами со специальной обмазкой (например, высокохромистой, марганцовистой) наплавленный металл обогащается хромом или марганцем обмазки. Выгорание углерода, кремния, марганца, наблюдаемое при восстановлении стальных деталей, влечет за собой уменьшение их прочности.

Науглероживание стальной наплавки на чугунных деталях увеличивает ее твердость и хрупкость. Обогащение наплавленного металла кислородом приводит к резкому снижению предела выносливости, износостойкости и коррозионной стойкости. Кроме того, ухудшается обрабатываемость, наплавка становится холодно- и красноломкой.

В наплавленном металле, обогащенном азотом, повышается прочность (возрастают пределы прочности и текучести, а также упругость и твердость) и уменьшается пластичность (снижаются показатели относительного удлинения, ударной вязкости). Легирование наплавки хромом, марганцем и другими элементами производится с целью увеличения износостойкости восстанавливаемой детали.

Место сплавления основного металла с присадочным называется переходной зоной (зоной сплавления). В ней зерна основного и присадочного металлов сращиваются, образуя сварной шов, и чем лучше происходит сращивание, тем прочнее шов. Глубина проникновения зерен наплавленного металла в основной называется глубиной провара. Если на границе между основным и наплавленным металлом образуется пленка окислов, получается непровар, а наплавка и сварка имеют низкое качество.

Между переходной зоной и основным металлом *5* расположена зона термического влияния *1* (см. рис. 2.14), которая состоит из участков металла: перегретого *2*, нормализованного *3* и улучшенного *4*. Участок перегретого металла имеет крупнозернистое строение и пониженные механические свойства, а участки нормализованного и улучшенного металла — мелкозернистое строение и повышенные механические свойства.

При газопламенной наплавке зона термического влияния в несколько раз больше, чем при электродуговой.

При электродуговой наплавке переменным током зона термического влияния меньше, чем при сварке постоянным током. Следовательно, при газопламенной наплавке металл быстрее перегревается, чем при электродуговой. Поэтому газопламенную сварку и наплавку не следует применять для восстановления деталей, изготовленных из металлов, склонных к образованию трещин при воздействии на них местного высокого нагрева.

Качество наплавленного металла можно значительно повысить следующими мерами: применением при ручной электродуговой наплавке электродов со специальными обмазками (или флюсов при автоматической сварке), обеспечивающих образование в процессе сварки восстановительных газов или шлакового покрова (которые защищают расплавленный металл от насыщения кислородом и азотом воздуха и обогащают наплавленный металл необходимыми элементами); *применением при* электродуговой сварке повышенной силы тока, электродов больших диаметров и дуги возможно меньшей длины (последнее уменьшает длительность соприкосновения капли металла с воздухом); легкой проковкой наплавленного металла при восстановлении стальных деталей; отжигом, или нормализацией, наплавленного металла.

Сварочные напряжения и деформации

При сварке и наплавке восстанавливаемой детали в результате теплового воздействия возникают напряжения и деформации, которые могут вызвать в ней трещины и коробление. Основными причинами, вызывающими напряжения при сварке, являются неравномерное нагревание ремонтируемой детали и усадка наплавленного металла.

При нагревании увеличиваются размеры детали, а при последующем равномерном охлаждении деталь возвращается в исходное состояние. Под воздействием сварочной электрической дуги или газового пламени свариваемое место детали стремится расшириться, чему препятствуют соседние холодные участки, и поэтому в свариваемом месте возникают сжимающие усилия, а в окружающих — растягивающие. При охлаждении будет наблюдаться обратная картина.

То же явление происходит при ремонте сваркой детали, имеющей форму замкнутого контура (рис. 2.15, *а*). Если сваривается перемычка, треснувшая по линии *А — А*, то при нагревании она будет лишена возможности удлиняться и в ней возникнут внутренние сжимающие напряжения, а в сечениях *I—I* и *II—II* детали — растягивающие. Эти напряжения прямо пропорциональны нагреванию, при охлаждении наблюдается обратный процесс. В зависимости от материала детали и размеров отдельных ее частей напряжения могут вызвать разрыв по сечениям *I—I* и *II—II* или прогиб перемычки. При сварке чугунных

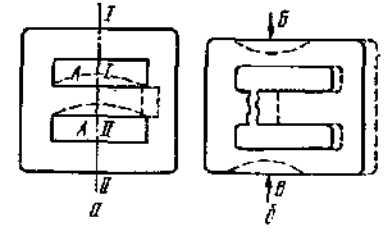


Рис 2.15. Деформации детали, имеющей форму замкнутого контура при заварке трещины

деталей чаще наблюдается разрыв, а при сварке стальных — прогиб.

Усадка наплавленного металла (уменьшение его объема при переходе из жидкого состояния в твердое) зависит от вида металла. Так, среди распространенных материалов наибольшую усадку имеет сталь (2 %), а наименьшую чугун (0,7—0,8 %). Под действием усадки в расположенных рядом местах детали возникают растягивающие напряжения, вызывающие деформацию. Если материал детали недостаточно пластичен, она может треснуть в ослабленном месте, а если пластичность обеспечена, деталь может изогнуться, т. е. покоробиться. Усадка тем больше, чем больше объем наплавленного металла.

При газопламенной сварке наблюдаются наибольшие деформации и напряжения, а при электродуговой с тонкообмазанным электродом — наименьшие. Это объясняется тем, что в процессе сварки в первом случае к детали подводится больше тепла и нагревается больший объем металла, чем во втором. Деформации при сварке зависят также от расположения швов. Длинные швы с несимметричным расположением относительно осей сечения профиля свариваемой детали дают наибольшие деформации.

Для предупреждения и устранения напряжений при сварке прибегают к различным приемам, одним из которых является предварительный подогрев ремонтируемой детали и отжиг ее после сварки. В результате подогрева уменьшается разность температур и скорость охлаждения при сварке. Температура подогрева, °С: для малоуглеродистой стали — до 600, для чугуна 600—700 и для бронзы 300—400.

Подогрев может быть общим и местным. Общий подогрев применяется при восстановлении сваркой небольших деталей, а местный — чаще всего при сварке литых чугунных деталей с замкнутым контуром (шкивов, зубчатых колес, рам и др.). В последнем случае подогревают участки, препятствующие удлинению свариваемого места. Например, при восстановлении сваркой детали, изображенной на рис. 2.15, *б*, нагревают участки *Б* и *В*, благодаря чему трещина в перемычке увеличится, а после сварки она вместе с участками *Б* и *В* укоротится на одинаковую величину.

Отжигом можно устранить сварочные напряжения, при этом нагрев и охлаждение должны проводиться равномерно. Время выдержки детали в печи при температуре отжига рассчитывают из условия: 1 ч на каждые 25 мм толщины детали.

Для предупреждения сварочных напряжений применяют и другие приемы: уменьшают объем наплавленного металла, увеличивают скорость сварки, уменьшают скорость остывания наплавленного металла, добиваются симметричного расположения швов, слегка проковывают швы и т. д.

Для уменьшения сварочных напряжений и деформаций у ремонтируемых (особенно чугунных) деталей лучшим вариантом является сварка мелкими участками с полным промежуточным остыванием и наложением обратноступенчатого шва.

Допустим, что заварка трещины ведется непрерывно с одного конца до другого. При этом разогрев основного металла (а значит, деформации и напряжения в нем) тем больше, чем длительнее процесс непрерывной заварки. Вид эпюры напряжений к моменту окончания сварки показан на рис. 2.16, *а*. Если сварку вести обратноступенчатым способом, направление и последовательность которого показаны на рис. 2.16, *б*, то, как видно из рисунка, эпюра напряжения резко уменьшается. После заварки одного участка (например, *I* на рис. 2.16, *б*) к заварке следующего (участок *II*) можно приступать лишь тогда, когда предыдущий участок (*I*) остынет до температуры 40—50 °С. Так же поступают при заварке участков *III*, *IV* и т. д.

Длина каждого завариваемого участка зависит от толщины детали: при толщине детали до 5 мм длина участка должна быть не более 30 мм, при толщине 5—10 — не более 40 и при толщине свыше 10 мм — не более 50—80 мм.

В толстостенной детали шов необходимо заполнять за несколько проходов в очередности, показанной на рис. 2.16, *в*, соблюдая принцип симметричности расположения сварочных валиков (*1*, *2*, *3* и т. д.). Это обеспечивает равновесность теплоты и напряжений и уменьшение деформаций, но после каждого прохода шов должен остыть до 40—50 °С.

В ряде случаев для уменьшения сварочных деформаций применяют также способ обратных деформаций.

При этом деталь предварительно деформируют в направлении, обратном тому, которое ожидается при сварке (рис. 2.16, *г*, *д*, *е*). Иногда для уменьшения деформации интенсивно охлаждают сторону детали, противоположную наплавляемой (рис. 2.16, *ж*). Однако при этом возрастают напряжения в детали, и в случае, например, наплавки чугуном это может привести к его отбеливанию. Поэтому такой способ имеет ограниченное применение.

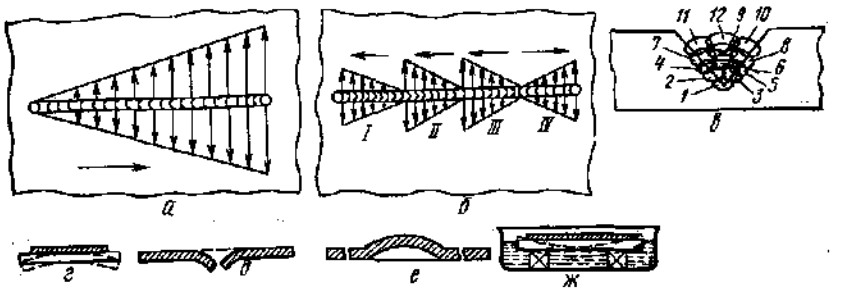


Рис. 2.16. Способы уменьшения сварочных напряжений и деформаций

Жесткое закрепление детали при сварке (например, в кондукторе или другом приспособлении) является одним из самых надежных способов, предохраняющих деталь от сильных деформаций, *но при этом в ней возрастают напряжения*, которые могут быть устранены отжигом. Этот способ применим главным образом при восстановлении стальных деталей; при сварке чугунных могут возникнуть трещины. Жесткое закрепление часто применяется при сварке поломанных деталей, когда необходимо точно соединить отломанные части. В таких случаях сначала накладывают схватки, а затем уже полностью производят сварку.

Итак, некоторые способы, устраняя деформацию детали, вызывают в ней внутренние напряжения, и наоборот. Легкая же проковка наплавленного металла уменьшает как деформацию, так и напряжение. Проковка производится затупленным зубилом по остывшему наплавленному металлу, когда он не находится в опасном состоянии синеломкости. Применяется проковка только в многослойной стальной наплавке, причем каждый слой проковывают отдельно.

Подготовка неисправных деталей к восстановлению

Неисправные детали, подлежащие сварке или наплавке, соответствующим образом подготавливают. Для этого месту соединения придают необходимую форму, обеспечивающую достаточную сцепляемость с наплавленным металлом. Способ подготовки и ее вид зависят от характера повреждения детали, ее материала, формы и размеров. Рассмотрим способы подготовки к ремонту сваркой деталей типа рам, брусьев, а также корпусных деталей (картеров) и пр.

У поломанных частей в месте соединения разделывают кромки, при этом форма кромок зависит от толщины стенки. Так, при толщине стенок до 1,5 мм кромки не скашивают, при толщине до 12 мм кромки делают V-образной формы и при толщине более 12 мм — X-образной. Если при сращивании поломанных частей детали требуется строго сохранить ее первоначальные размеры, при разделке кромок сохраняют линию излома; иногда целесообразно часть излома не вырубать (рис. 2.17, *а*).

При сварке поломанных толстостенных чугунных деталей для усиления связи наплавленного металла с основным в скошенные фаски ввинчивают стальные шпильки (ввертыши). Диаметр d шпилек (рис. 2.17, *б*) выбирают в зависимости от толщины b детали в месте излома в пределах $d = (0{,}3 \ldots 0{,}4)b$; глубина ввинчивания $h = 1{,}5d$; расстояние между шпильками (шаг) $t = (4 \ldots 6)d$. Если в месте излома кромки по конструктивным или иным соображениям не могут быть сняты, шпильки укрепляют, как показано на рис. 2.17, *в*. Прочность соединения может быть усилена применением стальных анкеров

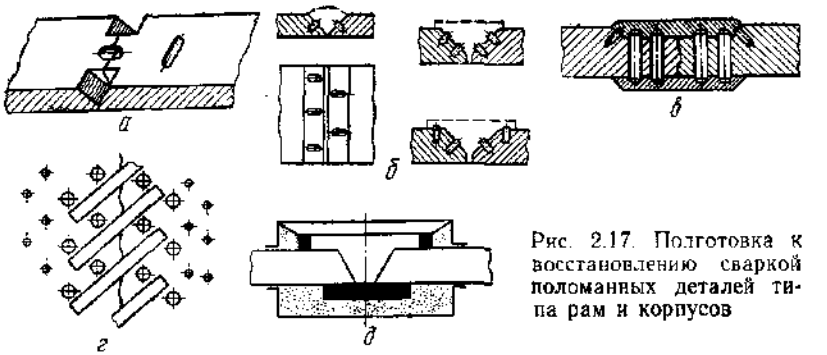


Рис. 2.17. Подготовка к восстановлению сваркой поломанных деталей типа рам и корпусов

(рис. 2.17, *г*). Сверлить, нарезать гнезда и ввинчивать шпильки (плотно и до отказа) следует без масла.

Трещины в деталях должны быть разделаны под сварку так, чтобы они были доступны прямому действию электрической дуги или газового пламени и присадочного материала. Трещины разделывают на всю глубину до нетронутого места. Те из них, которые проходят по всей длине детали, должны быть разделаны под X-образный или V-образный шов, а на конце просверлены. Последнее делается для того, чтобы при сварке трещина не увеличивалась по длине. Если в чугунных деталях трещина не доходит до края на небольшое расстояние, ее целесообразно при разделке довести до края.

Изношенные детали, подлежащие наплавке, как правило, сильно загрязнены из-за длительной работы в машине. Те из них, которые находились под действием ударных нагрузок, часто имеют смятые и наклепанные поверхности, покрытые микроскопическими трещинами, расслоениями, задирами и другими *дефектами*.

Подготовка подобных деталей к наплавке сводится к очистке и снятию дефектных слоев. Все немасленые загрязнения удаляют промывкой детали в ваннах горячим раствором щелочи, а затем горячей водой. Детали, загрязненные маслом, жиром, краской, очищают особенно тщательно — путем обжига в печи или газовым пламенем горелки с последующей механической зачисткой щеткой. Простая очистка растворителями (керосином, бензином и др.) не удаляет полностью загрязняющих веществ из пор замасленной детали. В процессе наплавки эти вещества выгорают, снижая качество наплавленного металла.

Снятие слоя металла с дефектной (смятой, наклепанной, задранной), а также неравномерно изношенной (овальной, конусной) поверхности производят методами резания на токарном, фрезерном и строгальном станках. В отдельных случаях удобно пользоваться переносной шлифовальной машинкой, в которой абразивный круг насажен на гибкий вал. Толщина снимаемого слоя не менее 1,5—2 мм.

Изношенную резьбу перед наплавкой полностью срезают. Разработанные отверстия диаметром до 30 мм заплавляют, а большие подвергают кольцевой наплавке после предварительной расточки. Часто на изношенной поверхности имеются канавки, пазы, отверстия, не получившие повреждений в процессе работы детали и не подлежащие наплавке. При подготовке детали к наплавке их защищают, заделывая вставками из стали, меди, графита. Эти вставки после наплавки должны легко удаляться. Следует защитить также шлифованные, шабреные и другие чисто обработанные участки детали, расположенные вблизи от наплавляемого места. Такие участки покрывают меловым слоем, разведенным водой и жидким стеклом, или колпаками из асбеста или жести. При глубоком износе для усиления связи наплавленного металла с основным в разделанное место ввинчивают шпильки, шурупы.

При наплавке или сращивании неисправных чугунных деталей методом горячей сварки (см. с. 103) необходимо предупреждать растекание и стекание расплавленного металла. Для этого деталь после разделки поврежденной поверхности формуют со всех сторон, за исключением горизонтально расположенной поверхности места сварки. Формовочными материалами служат графитовые или угольные пластинки, просеянный кварцевый песок, замешанный на жидком стекле, и др. (рис. 2.17, *д*). Если наплавляют большую поверхность, то поддерживать чугун в расплавленном состоянии в течение всего процесса очень трудно, и форму разделяют графитовыми пластинками *на несколько последовательно заплавленных секций.* Форму вместе с деталью просушивают при температуре 50—60 °С.

Некоторые чугунные, стальные и бронзовые детали после разделки кромки перед сваркой и наплавкой подвергают предварительному нагреванию (см. с. 103). Детали нагревают в газовых или электрических печах, а при их отсутствии — в горнах, печах или во временных очагах на древесном угле или коксе (на топливе, не содержащем серы). Деталь должна нагреваться равномерно; лучше, если пламя не касается ее. Температура нагрева деталей, °С: чугунных 600—700, высокоуглеродистых стальных 650—700, из хромистой стали 600—650, бронзовых не выше 400.

Восстановление чугунных деталей

Чугунные детали можно сваривать как электродуговым, так и газовым способом, однако в процессе их сварки возникает ряд трудностей:

вследствие выгорания части углерода и кремния и в случае быстрого охлаждения наплавленный чугун отбеливается, становится очень твердым и хрупким, плохо поддается механической обработке и легко выкалывается;

неравномерная усадка вызывает в основном и наплавленном металлах большие напряжения, которые могут привести к образованию трещин, *так как чугун непластичен;*

вследствие низкой температуры плавления и быстрого перехода чугуна из жидкого состояния в твердое газы не успевают выделиться из металла, и наплавленный металл становится пористым;

наплавленный и основной металлы загрязняются окислами железа, кремния, марганца, имеющими более высокую температуру плавления, чем основной металл.

Чугунные детали сваривают с предварительным подогревом и без него: первый способ называется горячим, второй — холодным. Горячую сварку применяют при восстановлении деталей сложной формы, холодную — при восстановлении простых деталей, а также если трудно или невозможно нагревать сложные детали. Цель предварительного нагрева — снижение скорости охлаждения наплавленного металла и предохранение его таким образом от отбеливания, возникновения трещин и пористости. Нагрев может быть общим и местным (местный нагрев иногда называют полугорячим).

При восстановлении чугунных деталей горячей сваркой порядок работ следующий: подготовка детали к сварке (включая в случае необходимости формовку); предварительный нагрев детали и собственно сварка.

Горячую сварку чугунных деталей производят электродуговым или газопламенным способом.

При электродуговой сварке применяют электроды ОМЧ-1 — чугунные стержни (марок Б и А) со специальной обмазкой. Указанная обмазка способствует: повышению стабильности дуги; созданию газовой завесы, предохраняющей капли металла электрода от действия кислорода и азота воздуха; созданию в сварочной ванне шлакового покрытия, предохраняющего расплавленный металл от окисления, и восполнению в наплавленном металле выгорающих или специальных элементов.

Химический состав марки Б стержней, %: углерод 3,0—3,6, кремний 3,6—4,8, марганец 0,5—0,8, сера менее 0,8, фосфор 0,3—0,5, хром 0,05 и никель менее 0,3.

Состав обмазки (масса, %): мел 25, полевой шпат 25, графит 41, ферромарганец 9, растворимое стекло (% к сумме остальных компонентов) 30—35.

Диаметр электрода — 6, 8 и 10 мм. Обмазку наносят на стержни слоем толщиной 0,5—1,1 мм (чем больше диаметр стержня, тем толще слой), сушат при 15—25 °С в течение 24 ч и затем прокаливают при 150—200 °С в течение 3—4 ч. Сварку можно вести на постоянном и переменном токе. Силу тока выбирают в зависимости от диаметра электрода: 250 А при $d = 6$ мм; 350 А при $d = 8$ мм; 150 А при $d = 10$ мм.

Применение при сварке электродов типа ОМЧ-1 обеспечивает стабильное горение дуги (длина дуги не должна превышать

диаметр электрода) и получение плотного металла, легко поддающегося механической обработке (твердостью не выше 212 НВ).

Газовую сварку чугунных деталей производят нейтральным пламенем или пламенем с небольшим избытком ацетилена. Мощность пламени подбирают из расчета 100 л/ч ацетилена на 1 мм толщины свариваемой детали. Присадочные чугунные стержни марки А имеют состав, %: углерод 3,0—3,6, кремний 3,0—3,5, марганец 0,5—0,8, сера 0,08, фосфор 0,2—0,5, хром менее 0,05 и никель менее 0,3.

Для предохранения расплавленного чугуна от окисления, а также для раскисления имеющихся окислов и перевода их в шлак при газовой сварке применяют флюсы (присадочные тонкоистолченные порошки). Флюсы должны иметь более низкую температуру плавления и меньший удельный вес, чем чугун. Составы флюса, %: 1) бура 50, двууглекислый натрий 47, кремниевая кислота 3; 2) бура 56, углекислый натрий 22 и углекислый калий 22. Иногда применяют чистую обезвоженную прокаленную буру.

Флюс вносят в сварочную ванну путем погружения в него конца разогретого присадочного стержня или насыпают, когда место сварки у детали доведено до оплавления. При горячей сварке нагретую деталь укладывают так, чтобы место сварки было расположено горизонтально, и закрывают листом асбеста (одеялом), оставляя открытым только свариваемое место. Сварку надо вести возможно быстрее и без перерывов. После сварки деталь охлаждается медленно и равномерно. Для этого сваренную поверхность посыпают мелким древесным углем, а деталь обертывают асбестом. Еще лучше после сварки деталь нагреть в печи (или горне) и охладить вместе с печью.

Холодная сварка чугунных деталей проводится следующим образом. В детали подготовляют дефектное место (см. с. 100), после чего производят сварку (электродуговую или газовую). При холодной электродуговой сварке применяют электроды стальные, чугунные, из цветных металлов и сплавов, а также комбинированные. Для стальных электродов используют малоуглеродистую проволоку марок Св-08, Св-08А, а обмазка электродов может быть стабилизирующей (тонкой) или качественной (толстой).

При холодной сварке чугуна стальным электродом с тонкой (меловой) обмазкой наплавленный металл насыщается углеродом (до 0,7—0,9 %) из основного металла (чугуна) и, быстро охлаждаясь, закаливается. Слой чугуна, прилегающий к наплавленному металлу, отбеливается; переходная зона наплавки становится твердой и хрупкой, склонной к растрескиванию и отслаиванию.

Для уменьшения разогревания восстанавливаемой детали в рассматриваемом случае сварку ведут электродами небольшого

диаметра (3—4 мм) при силе тока 80—120 А; металл наплавляют вразброс (отдельными участками) с перерывами во времени для остывания. При многослойной наплавке стальным электродом первый слой имеет рассмотренные ранее состав и структуру, а в последующих количество углерода уменьшается.

Главным недостатком холодной сварки чугуна стальными электродами с меловой обмазкой является высокая хрупкость и твердость переходных зон. Это очень затрудняет механическую обработку и намного снижает надежность восстановленных таким способом деталей, особенно при переменной и ударной нагрузках. При наплавке трущейся поверхности наблюдается ее неравномерный износ.

Для увеличения механической прочности деталей (особенно крупных поломанных или треснувших) в месте заварки ввинчивают шпильки, закладывают анкеры (см. с. 100), которые для наплавленного металла являются своеобразной арматурой, улучшающей его связь с основным металлом. Кроме того, шпильки придают соединению некоторую эластичность, уменьшающую возможность образования трещин.

Диаметр электрода для холодной сварки выбирается в зависимости от толщины ремонтируемой детали в месте излома: при толщине стенки детали до 10 мм используют электрод диаметром до 4 мм, а при более толстых стенках — 5—6 мм. Сварку начинают с обварки кольцевыми валиками отдельных шпилек, при этом шпильки лучше обваривать не подряд, а вразбивку. Во время сварки нельзя допускать чрезмерного нагревания ремонтируемой детали, поэтому сварку ведут с перерывами при силе тока 100—120 А. Более плотная наплавка для первого слоя получается при сварке постоянным током и условии обратной полярности.

Сварку стальными электродами с меловой обмазкой рекомендуется применять только для малоответственных чугунных деталей.

Были сделаны многочисленные попытки улучшить качество сварки чугунных деталей путем применения стальных электродов со специальными графитообразующими обмазками. Использование некоторых из них, например обмазки однослойной, имеющей состав, %: графит 45; ферросилиций 45; мел 10, дало положительные результаты. Эффективной оказалась двухслойная обмазка следующего состава, %: первый слой — графит 40—60, ферросилиций 60—40; второй слой — полевой шпат 50 и плавиковый шпат 50. Наконец, следует указать еще один состав обмазки, %: графит 28, ферросилиций 81, мел 11.

При удовлетворительном проваре наплавленный металл приобретает структуру серого чугуна. Однако и здесь часто наблюдается отбеливание наплавленного металла и переходной зоны. Опыты показали, что эти недостатки можно устранить, применяя тонкие электроды (до 2 мм), собранные в пучок из 5—10 шт.

В практике холодной сварки чугунных деталей находят применение чугунные электроды со специальной обмазкой. Сварка голыми чугунными электродами не дает удовлетворительных результатов: наплавленный металл отбеливается, становится хрупким и настолько твердым, что не поддается механической обработке. Назначение специальной обмазки — не допустить отбеливания наплавленного металла и создать условия для его графитизации, чтобы получить в наплавке серый чугун. Состав обмазки для чугунных электродов, %: графит 18, ферросилиций 15, термит 15, мел 9, полевой шпат 18, ферромарганец 4, жидкое стекло 21, вода (% сухой массы) 18.

Графит и ферросилиций являются графитообразующими элементами; кроме того, графит создает газовую завесу, предохраняющую наплавленный металл от окисления. Термит, сгорая, обеспечивает медленное остывание наплавленного металла. Ферромарганец противодействует понижению кремнием механических свойств наплавки. Полевой шпат и жидкое стекло — шлакообразующие элементы. Существует более простой состав обмазки, %: графит 45, ферросилиций 45, мел 10.

Обмазкой покрывают чугунные сварочные прутки марки Б с повышенным содержанием кремния. Диаметр прутков может быть 4, 6, 8, 10 и 12 мм. Диаметр (d) электрода выбирают в соответствии в толщиной (b) стенки ремонтируемой детали в месте сварки: при $b \leqslant 15$ мм $d = 6$ мм; при $b = 15 \ldots 30$ мм $d = 8$ мм и при $b > 30$ мм $d = 10$ мм. Сварку производят постоянным или переменным током, силу которого рассчитывают из условия: 45—50 А на 1 мм диаметра электрода. Минимальной для сварки является сила тока 240—270 А при $d = 6$ мм и 280—300 А при $d = 8$ мм. Толщина слоя обмазки 0,3—0,5 мм в зависимости от диаметра стержня.

Металл, наплавленный описанными выше электродами, представляет собой чугун, близкий по свойствам и составу к основному металлу: он обладает ферритографитовой структурой, в переходной зоне наблюдается плавный переход от наплавленного металла к основному. Металл плотный, в нем отсутствуют газовые пузыри, шлаковые включения и непровар; твердость в пределах 150—190 НВ, предел прочности при изгибе 32—34 МПа.

Существуют и другие способы холодной сварки чугунных деталей. Рассмотрим один из них. В разделанную часть ремонтируемой детали насыпают специальную шихту и сварку производят стальным электродом, который вводится под ее слой. При этом выделяется очень большое количество тепла и шов сильно разогревается, а последующее остывание идет медленно. Это исключает возможность отбеливания шва и основного металла. Шихта состоит из стальной и чугунной стружки, ферросилиция и алюминия. Используется и другой состав шихты, %: бура 50; едкое кали 20 и железная окалина 30. Описанный способ целесообразно применять при наплавке крупных изношенных деталей.

Для изготовления электродов из цветных металлов, используемых при холодной сварке чугунных деталей, чаще других применяется никелево-медный сплав (монель-металл) следующего состава, %: никель 63—65; медь 32—35; примесь марганца 1; кремний 0,75; железо 2. Никель хорошо сплавляется с железом, не растворяет углерод и не образует с ним карбидов.

При использовании электродов из такого сплава наплавленный металл обладает достаточной пластичностью, малой твердостью. Отбеленная зона чугуна выражена слабо или вовсе отсутствует, а закаленная зона сохраняется, но имеет пониженную твердость и может быть отпущена подогревом. Наплавленный металл хорошо обрабатывается режущими инструментами.

Электроды из монель-металла применяют в виде проволоки диаметром 3—4 мм с обмазкой, имеющей состав, %: мел 60; графит 40; растворимое стекло (% к сумме остальных компонентов) 30. Толщина обмазки 0,5 мм. После обмазки электрод сушат при 15—25 °С в течение 12—24 ч, а затем прокаливают при 150—200 °С в течение 1—1,5 ч.

Сварку чугунных деталей можно вести постоянным и переменным током. Силу тока выбирают в соответствии с диаметром электрода: 150—160 А при $d = 4$ мм, 180—200 А при $d = 5$ мм. При сварке поддерживается дуга средней длины. Учитывая большую усадку монель-металла, сварку ведут с перерывами; сначала наплавляют короткие валики длиной не более 50 мм, затем наплавленный металл проковывают, когда он еще горячий. Электроды из монель-металла применяют для заварки трещин, раковин на поверхностях, подлежащих механической обработке.

Главными недостатками использования никелево-медных электродов являются недостаточная прочность сварки и ее значительная стоимость. Следует иметь в виду, что контакт никеля с чугуном создает пару с большой разностью потенциалов, следствием чего может быть усиление электрохимической коррозии в условиях влажной среды.

Для холодной сварки чугунных деталей применяются и медно-железные комбинированные электроды, которые изготавливают различными способами: медный стержень обертывают жестью; стержень из малоуглеродистой стали обертывают медным тонким листовым материалом; производят электролитическое меднение стального стержня; стальные и медные электроды собирают в пучки и др.

Установлено, что металл, наплавленный медно-железными комбинированными электродами при любом покрытии, представляет механическую смесь стали и меди, взаимная растворимость которых в присутствии углерода очень ограничена. Стальная составляющая, как правило, примыкает к чугуну, а медная располагается над стальной. В месте расплавления чугуна создается тонкий отбеленный слой и прослойка высокоуглеродистой стали, к которой примыкает медная составляющая с включениями стали.

В ремонтной практике для заварки трещин и соединения поломанных чугунных деталей чаще других комбинированных электродов используется медная проволока марок М1 и М4 диаметром 3—8 мм с оберткой из белой или черной жести, очищенной от окислов. Предел прочности швов, полученных этими электродами, равен 33—34 МПа. Для обертки электродов целесообразно применять жесть, покрытую алюминием, являющимся хорошим восстановителем и препятствующим отбеливанию чугуна. Состав обмазки, %: мел 70—75 и жидкое стекло 25—30.

Лучшие результаты дает обмазка марки УОНИ 13/55 следующего состава, %: мел 4, плавиковый шпат 15, кварцевый песок 9, ферромарганец 5, ферросилиций 5, ферротитан 12, жидкое стекло (% массы остальных компонентов) 10—15.

Сварку производят постоянным или переменным током. Силу тока выбирают в соответствии с диаметром электрода: 120—130 А при $d = 30$ мм, 300 А при $d = 6$ мм, 330 А при $d = 7$ мм, 350 А при $d = 8$ мм. Длина дуги средняя. Сварку проводят в горизонтальном положении, так как наплавленный металл обладает значительной текучестью. Наплавку шва нужно вести однослойную короткими участками длиной 10—20 мм. После наплавки каждого такого участка необходимо делать перерыв до момента, пока температура металла в зоне сварки не снизится до 50—70 °С.

При холодной газовой сварке (пайке) чугунных деталей присадочным материалом чаще всего служит медно-цинковый сплав следующего состава, %: цинк 38—40; олово 0,9—1,1; медь 59—61; примеси железа и марганца до 2. Этот состав близок к составу латуни марки ЛО-62-1.

Сплав обладает хорошими сварочными и литейными свойствами; температура плавления 880—890 °С. При сварке применяется флюс в виде чистой буры или следующих составов, %: 1) бура 22,5; борная кислота 76,5; магнезиты 1; 2) бура 70; борная кислота 10; поваренная соль 20. Горелку подбирают из расчета расхода ацетилена 60—75 л/ч на 1 мм толщины восстанавливаемой детали; пламя окислительное. Избыток кислорода выжигает графит с поверхности чугуна, что повышает его смачиваемость расплавленным сплавом и увеличивает прочность переходной зоны.

Сварку ведут в такой последовательности: равномерным нагревом горелкой доводят свариваемое место до температуры плавления присадочного сплава, затем быстро наплавляют тонкий слой (чем достигается хорошее сцепление наплавленного металла с основным), после чего заплавляют всю полость, подлежащую сварке. Чтобы избежать выгорания цинка и пористости наплавки, металл не следует перегревать.

Детали из ковкого чугуна свариваются с большим трудом. Это объясняется тем, что углерод отжига при нагревании чугуна свыше 950 °С переходит в связанное состояние, вследствие чего чугун отбеливается. Поэтому сварку приходится вести при температуре ниже 950 °С, выбирая электроды или присадочные материалы, которые плавятся при 850—900 °С (например, латунь, бронза-тобина, монель-металл и др.).

Лучшие результаты получаются при холодной газовой сварке, которая производится так же, как и сварка деталей из серого чугуна. Наплавленный металл поддается обработке и имеет удовлетворительную прочность. Места, не подлежащие обработке, можно сваривать и чугунными электродами.

Восстановление стальных деталей

Детали из малоуглеродистой стали, содержащие до 0,25 % углерода, хорошо свариваются как электродуговой, так и газовой сваркой. С повышением содержания углерода (более 0,3 %) сварка затрудняется, потому что при быстром остывании основной металл в зоне термического влияния частично закаливается (подкаливается) и становится хрупким, а наплавленный металл делается пористым вследствие обильного образования окиси углерода при выгорании углерода.

Скорость охлаждения зависит от толщины детали, режима сварки и количества слоев. Скорость охлаждения понижается, если деталь предварительно нагрета; сварку ведут током большой силы и большого напряжения или горелкой большой мощности и наносят при наплавке несколько слоев. Скорость охлаждения повышается, если толщина детали значительна и сварка ведется быстро.

Детали из малоуглеродистой и низколегированных сталей, работающие при спокойной нагрузке и нормальной температуре, сваривают электродами марки Э-38 из малоуглеродистой стальной проволоки марки Св-08 или Св-08А с меловой обмазкой. Режим сварки: сила тока для электродов диаметром 3, 4, 5 и 6 мм — соответственно 110, 160, 225 и 300 А; напряжение на дуге 15—18 В, дуга — возможно короткая, ток переменный или постоянный.

Детали из таких же сталей, но работающие в более тяжелых условиях (при ударной или переменной нагрузке), сваривают электродами марки Э-42. Эти электроды представляют собой проволоку марки Св-08 или Св-08А, покрытую обмазкой следующего состава, %: титановый концентрат 37, марганцевая руда 21, полевой шпат или гранит 13, ферромарганец 20, крахмал или древесная мука 9, растворимое стекло (% к массе остальных компонентов) 30—35. Толщина покрытия 0,6—1,4 мм в зависимости от диаметра проволоки. Режим сварки: сила тока для электрода диаметром 3, 4, 5 и 6 мм — соответственно 120, 180, 235 и 300 А; напряжение на дуге 18—22 В; дуга средней длины. К этому же виду электродов относятся более производительные марки ЦМ-7С.

Детали из конструкционной стали повышенной прочности, работающие при статической, динамической и переменной нагрузках, а также при повышенных температурах, сваривают электродами марки УОНИ-13, получившими большое распространение. Существует несколько разновидностей этих электродов, различающихся содержанием компонентов, в составе обмазки. Чаще используется такой состав, %: мрамор (мел) 51—54, плавиковый шпат 15—18, кварцевый песок 8—9, ферромарганец 2—7, ферросилиций 3—10, ферротитан 9—15.

Изменяя содержание ферросплавов в обмазке, можно в широких пределах варьировать механические свойства металла наплавки. В соответствии с этим различают электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65. Знаменатель дроби указывает предел прочности наплавленного металла. Вводя в состав обмазки ферромолибден, можно повысить предел прочности наплавленного металла до 85 МПа (УОНИ-13/85).

Обмазку наносят на стальной стержень марки Св-08 или Св-08А; сварку ведут постоянным током с положительным знаком на электроде и переменным при возможно короткой дуге. Силу тока выбирают в соответствии с диаметром электрода: при $d = 2$, 3, 4, 5 мм — соответственно 30—45; 80—100; 120—140, 160—180 А.

Разработан ряд вариантов покрытия электродов УОНИ-13 без ферротитана и без ферромолибдена.

Ранее отмечалось, что усталостная прочность наплавленных деталей значительно ниже, чем новых. Применение метода поверхностного пластического деформирования (накатывание) наплавленного слоя шариковой или роликовой оправкой повышает усталостную прочность восстановленных деталей на 25—50 % и выше, поверхностную твердость до 40 %, чистоту поверхности на 3—4 класса.

При закалке восстановленных деталей с нагревом токами высокой частоты удается повысить усталостную прочность более чем на 100 %, а поверхностную твердость почти на 200 %.

Использование износостойких сплавов

Рассмотренные выше электроды и присадочные материалы применяются главным образом при восстановлении поломанных и треснувших деталей. Они используются также для восстановления изношенных деталей, но при этом не всегда обеспечивается достаточная износостойкость наплавок, особенно при трении без смазки. В ремонтной практике применяют многочисленные износостойкие наплавочные сплавы, предназначенные для восстановления деталей, работающих в условиях трения без смазки, и повышающие их износостойкость в несколько раз.

К сплавам такого вида, получившим широкое применение, относятся электроды марок ОЗН-250У, ОЗН-300У, ОЗН-350У, ОЗН-400У, ЦН-11, ЦН-16, ЦС-1, ЦС-2 и др.

Электроды типа ОЗН представляют собой стальную сварочную проволоку марки Св-08 или Св-15 с покрытием, состав которого в зависимости от марки следующий, %: мрамор 52—48, плавиковый шпат 19—16, ферромарганец малоуглеродистый 26—33, алюминий 3, растворимое стекло 15—18. Эти электроды применяют для наплавки изношенных деталей из углеродистых и низколегированных сталей (марок 35, 40, 45, 30Х, 35Х, 40Х).

Поверхностная твердость наплавки электродами марок ОЗН без термообработки соответствует цифре при марке (от 250 до 400). Наплавленный металл — это марганцовистая сталь, имеющая перлитную структуру. Ее механические свойства достаточно высоки: предел прочности при растяжении составляет 71—75 МПа, относительное удлинение около 17 % и ударная вязкость 44—65 Н·м/см². Выбор электрических режимов наплавки электродами ОЗН зависит от веса и толщины ремонтируемой детали; электрическая дуга короткая; ток постоянный или переменный с обратной полярностью. Для электродов диаметром 4 и 5 мм величина тока соответственно равна 160—220 и 220—250 А.

Металл, наплавленный электродами ОЗН, отличается высоким качеством, в частности он обладает повышенной пластичностью, малой склонностью к

образованию сварочных трещин, большой чистотой и необходимым содержанием серы, фосфора, газов.

Электроды марок ЦН-11 и ЦН-16 предназначены для наплавки изношенных деталей из малоуглеродистой, углеродистой и низколегированной сталей. Эти электроды выполнены из сварочной стальной проволоки Св-08 и Св-15 и имеют примерно такую же обмазку, как и электроды ОЗН, но в их состав вместо алюминия введен ферросилиций. Качество наплавленного металла высокое и практически не отличается от качества металла, наплавленного электродами ОЗН.

Электроды марки ЦС-1 применяют для наплавки деталей из малоуглеродистых и низколегированных сталей с цементированной рабочей поверхностью, а также деталей из углеродистых и легированных сталей с закаленной поверхностью. Электроды марки ЦС-2 предназначены для наплавки деталей, как подвергающихся, так и не подвергающихся термической обработке после наплавки. Электроды ЦС-1 и ЦС-2 выполняют из прутков сормайта № 1 и 2, на которые наносят покрытия следующего состава, %: мрамор 40, 30, плавиковый шпат 30, феррохром 10, алюминий 10, ферромарганец 6, серебристый графит 4, жидкое стекло 15—18.

Сормайт представляет собой твердый раствор хромовых карбидов в никеле. Наплавку электродами марок ЦС-1 и ЦС-2 ведут постоянным и переменным током длинной дугой 5—6 мм при силе тока, выбираемой в зависимости от диаметра электрода (d) и толщины покрытия (Δ). Так, при $d = 5$ мм и $\Delta = 1{,}4 \ldots 1{,}6$ мм $I_{св} = 180 \ldots 225$ А; при $d = 6$ мм и $\Delta = 1{,}7 \ldots 1{,}9$ мм $I_{св} = 200 \ldots 250$ А. Наплавка, получаемая электродом ЦС-1, имеет поверхностную твердость приблизительно 48—54 HRC, а электродом ЦС-2 — приблизительно 56—60 HRC.

Для наплавки некоторых деталей, работающих без смазки в условиях активной абразивной среды, применяют твердосплавные наплавочные электроды типа сталинита, вокара и др. Сталинит и вокар — это порошкообразные механические смеси различных металлов, например магния, хрома, ванадия, железа и т. п., с углеродсодержащими веществами (нефтяным коксом, продуктами разложения патоки или сахара).

Электроды с износостойкой обмазкой имеют вид стержней с обмазкой из ферромарганца, феррохрома или шихты сталинита. Состав обмазок следующий, %: 1) хромистая обмазка: феррохром 70, графит 15, мел 15; 2) марганцовистая обмазка: ферромарганец 75, графит 15, мел 10); 3) сталинитовая обмазка: сталинит 72, плавиковый шпат 10, полевой шпат 6, мел 12, замес на жидком стекле (концентрация раствора жидкого стекла к воде 1 : 2 — 1 : 3).

Твердость слоя, наплавленного твердыми сплавами, довольно высока: вокаром — 61—63 HRC, сталинитом — 56—57 HRC и т. д. Вокар и сталинит, будучи очень твердыми, трудно обрабатываются режущими инструментами, поэтому для восстановления деталей, которые должны иметь чистую поверхность, они не применяются.

Ввиду того что твердые наплавки имеют повышенную хрупкость, толщина наплавленного слоя не должна превышать 4—8 мм при спокойной нагрузке и 2,5—3 мм при ударной.

Твердыми сплавами можно наплавлять как стальные (из углеродистой и легированной стали), так и чугунные детали. Лучше всего наплавляются детали, материалы которых обладают более высокой свариваемостью, меньшей склонностью к образованию трещин и коэффициентом расширения, близким к коэффициенту расширения твердых сплавов. Наплавка производится электрической дугой или газовым пламенем.

Ниже приводятся относительные показатели износа металла, наплавленного различными электродами (в качестве эталона

за единицу принят износ марганцовистой стали, отличающейся высокой износостойкостью при трении скольжения всухую).

	Относительный показатель износа
Марганцовистая сталь	1
Углеродистая сталь марки 50	3,28
Наплавка	
электродом ЦМ7	4,32
электродом с хромистой обмазкой	0,81
электродом с марганцовистой обмазкой	0,96
стеллитом марки В2К	0,53
сормайтом марки № 1	0,7
сормайтом марки № 2	0,83
сталинитом	0,48
вокаром	0,15

Эти данные, полученные при одинаковых условиях испытаний (без смазки), показывают, что многие наплавки по износостойкости в несколько раз превосходят углеродистую конструкционную сталь.

После наплавки, выполненной любым из описанных выше способов, производят механическую обработку восстанавливаемой детали. При этом учитывают неравномерность припусков, наличие шлаковых включений и неоднородность свойств наплавленного металла. Обычно наплавленный металл, имеющий твердость не выше 40 HRC, обрабатывают на токарном станке резцами с твердосплавными пластинками типа ВК6 и шлифуют. При более высокой твердости наплавленного металла применяют черновое и чистовое шлифование.

Восстановление пластмассовых деталей

Различают следующие методы восстановления сваркой пластмассовых деталей: теплоносителями, токами высокой частоты, ультразвуком, трением и др.

Сварка теплоносителями производится путем нагрева детали из термопласта в месте соединения до вязкотекучего состояния и последующего сращивания частей. Теплоносители бывают газообразными и твердыми. В случае применения газообразного теплоносителя свариваемые кромки и присадочный пластмассовый пруток нагреваются струей горячего газа и сдавливаются. Сварку нагретым газом выполняют ручными электрическими и газопламенными нагревателями.

В качестве твердых теплоносителей используются различные металлические инструменты. Свариваемые детали соприкасаются с нагретым инструментом, нагреваются и затем сдавливаются. Твердые теплоносители могут иметь постоянную температуру (контактно-тепловая сварка с прессованием) или подвергаться пропусканию кратковременных импульсов тока

(термоимпульсная сварка). Инструменты для ручной ремонтной сварки имеют вид ролика, лезвия (клина), призмы, цилиндра, пластин различной формы.

Сварка токами высокой частоты основана на способности материалов нагреваться в высокочастотном электрическом поле, возбужденном между электродами, а затем сращиваться под давлением. Сварка бывает шовная и прессовая (в зависимости от формы электродов). Этим методом можно сваривать детали из термопластов, стеклотекстолита, волокнита и других отвержденных пластмасс.

При сварке ультразвуком используется способность полимерных материалов нагреваться в результате преобразования высокочастотных колебаний в тепло на поверхностях раздела сред с различными акустическими свойствами.

Различают точечную, роликовую и контурную (прессовую) сварку пластмасс ультразвуком. Этим методом сваривают детали из термопластов и отвержденных пластмасс.

Сварка трением основана на преобразовании механической энергии в тепловую в результате взаимного трения свариваемых поверхностей детали из термопластичной пластмассы. Лучшие результаты получаются при сварке вибротрением.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПАЯНИЕМ

Паянием можно соединять металлические части, различные по форме и размерам, изготовленные как из одинаковых, так и из разных материалов (сталь со сталью, сталь с чугуном, сталь с медью и т. д.). На предприятиях текстильной и легкой промышленности паяние широко применяют для восстановления ответственных деталей, например жестяных и сетчатых барабанов, рогулек, берд, барабанов шлихтовальных машин, стальных ленточных ножей раскройных машин.

Процесс паяния заключается в том, что металлические части соединяют друг с другом в подогретом состоянии при помощи расплавленных металлов или сплавов (припоев), служащих связующими веществами. В отличие от сварки при паянии основной металл детали не доводят до пластичного состояния и не расплавляют: температура плавления припоя значительно ниже температуры плавления основного металла. При паянии возможны три схемы взаимодействия припоя с основным металлом, обеспечивающие необходимую прочность и плотность соединения: внедрение (диффузия) жидкого припоя в межкристаллические промежутки основного металла; образование химических соединений; образование твердых растворов. Твердые растворы по сравнению с химическими соединениями дают более пластичный и прочный спай.

В ремонтной практике применяют паяние мягкими и твердыми припоями (мягкое и твердое паяние). Мягкими называют припои с температурой плавления 180—300 °С, твердыми — с температурой плавления 620—870 °С. Мягкое паяние применяют в случаях, когда к спаянному месту не предъявляется высоких требований в отношении прочности, а твердое — когда необходимо получить соединение, достаточно прочное и способное надежно работать при высоких температурах.

Технологический процесс паяния состоит из подготовки к паянию и собственно паяния. Подготовка к паянию заключается в зачистке, промывке, сушке, травлении и лужении соединяемых мест восстанавливаемой детали. Зачистку производят шлифным напильником, скребком, шабером с последующей обработкой наждачной бумагой или полотном. Места пайки очищают от жиров травлением; из расплавленного припоя удаляют окислы и шлак.

При мягком паянии для травления применяют различные травильные флюсы, из которых чаще других используется хлористый цинк ($ZnCl_2$) — раствор чистого металлического цинка в крепкой (дымящейся) соляной кислоте (соотношение массовых частей 1 : 5). Этот флюс обладает хорошими растворяющими свойствами, но его остатки после пайки вызывают коррозию металла. Чтобы избежать этого, иногда применяют антикоррозийные флюсы, образованные на основе фосфорной кислоты с добавлением различных органических соединений и растворителей. Но и они имеют недостаток — паяный шов получается недостаточно прочным. Используют также бескислотные флюсы, из которых наиболее распространенным является канифоль. Канифоль относится к малоактивным флюсам, поэтому при ее применении место пайки нужно тщательно зачистить и нагреть. Следует иметь в виду, что в случае перегрева канифоль легко обугливается, и ее следует вносить прямо на место пайки, а не на паяльник.

Среди более сложных бескислотных флюсов известны канифольные, содержащие солянокислый анилин. Примерный состав такого флюса (% массы): канифоль 54—55; солянокислый анилин 2—2,5; глицерин 2—2,5; спирт (остальное).

Для твердого паяния эти флюсы не применяют, так как при высокой температуре они теряют флюсующие свойства. При высокотемпературном паянии используют главным образом буру (температура плавления 741 °С) и ее смеси с борной кислотой и борным ангидридом.

После травления приступают к паянию. Для восстановления машинных деталей в качестве мягких припоев применяют сплавы олова со свинцом и добавкой сурьмы. В табл. 2.1 приведены выборочные данные об оловянно-свинцовых припоях.

Припои марок ПОССу 30-0,5 и ПОССу 25-0,5 являются самыми распространенными в ремонтном производстве. Они при-

Таблица 2.1

Марка припоя	Содержание, %			Температура, °С	
	олово	сурьма	свинец	начало плавления	полное расплавление
ПОССу 30-0,5	29—31	0,05—0,5	Остальное	183	255
ПОССу 25-0,5	24—26	0,05—0,5	»	183	266
ПОССу 40-2	39—41	1,5—2	»	185	229
ПОССу 8-3	7—8	2—3	»	240	290
ПОССу 4-6	3—4	5—6	»	244	270

годны для восстановления паянием деталей машин и для получения герметичных швов. Припой марки ПОССу 40-2 применяют для лужения и паяния деталей машин. Припой марки ПОССу 8-3 используют для лужения и паяния деталей электрооборудования. Припой марки ПОССу 4-6 содержит большое количество сурьмы (что обусловливает его малую пластичность) и пригоден для паяния деталей, не испытывающих больших напряжений в работе.

Способ мягкого паяния заключается в следующем. После зачистки и травления медный паяльник нагревают до 300—400 °С, его нагретый конец натирают нашатырем и вдавливают в припой, который, расплавляясь, пристает к паяльнику в виде капли. Припой переносят на спаиваемую деталь и паяльником равномерно распределяют по шву. Шов должен быть возможно более тонким (значит, более прочным). При ремонте применяются различные виды соединений паянием (рис. 2.18).

При твердом паянии применяют медно-цинковые припои, данные о которых приведены в табл. 2.2. Припой марки ПМЦ-54 используют для паяния стальных, бронзовых и медных деталей, не подвергающихся действию ударных и изгибающих нагрузок; марки ПМЦ-48 — для паяния деталей из медных сплавов, имеющих температуру плавления свыше 900 °С и не испытывающих ударных, вибрационных и изгибающих нагрузок; марки ПМЦ-36 — для паяния латунных деталей. Латуни марок Л-68 и Л-62 предназначены для получения соединения высокой прочности при ремонте медных, стальных и чугунных деталей, работающих в условиях ударных и изгибающих нагрузок.

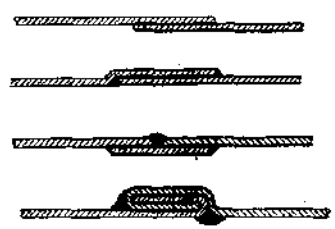


Рис. 2.18. Виды паяных соединений

При твердом паянии работа проводится в следующем порядке. После зачистки мест пайки деталь с наложенным на нее припоем нагревают в печи до его размягчения.

Размягченный припой посыпают бурой (флюсом), не вынимая деталь из печи, и продолжают нагревание до полного расплавления припоя. Расплавленный припой стальным скребком равномерно распределяют по шву.

Главная трудность паяния чугунных деталей заключается в том, что графит, имеющийся в составе чугуна, препятствует соединению припоя с основным металлом. Поэтому путем обдувки песком поверхности чугунной детали в месте паяния удаляют графитовые пластинки. Часто для той же цели используют паяльный порошок (смесь чистых железных опилок с бурой). После такой подготовки паяние можно производить обычными припоями. Хорошие

Таблица 2.2

Марка припоя	Содержание, %			Температура плавления, °С
	медь	примесь	цинк	
ПМЦ-54	50—52	0,6	Остальное	880
ПМЦ-48	46—50	0,6	»	865
ПМЦ-36	34—38	0,6	»	825
Л-62	60—64	0,6	»	905

результаты дает применение специальных припоев следующего состава, %: медь 58—60; цинк 38—40; железо 1; марганец 0,5; олово 1,5.

При паянии алюминиевых деталей места паяния сначала зачищают напильником, шабером, щеткой и т. п., промывают чистым бензином и нагревают до температуры плавления припоя. Затем на них наносят припой, равномерно распределяют его и нагревают до жидкого состояния, после чего под слоем расплавленного припоя шабером зачищают место паяния. Для паяния алюминиевых деталей чаще других применяют алюминиево-кремниевые, алюминиево-медные и алюминиево-медно-кремниевые припои, которые обеспечивают получение прочных и стойких к коррозии соединений.

Алюминиево-кремниевые припои являются сплавами, в которых кроме алюминия и кремния (4—13 %) содержатся также небольшие количества меди, железа, цинка, магния, марганца. Температура расплавления 580—630 °С. Чаще всего применяют припои с содержанием 12 % кремния (эвтектический состав). Алюминиево-медные припои — это сплавы алюминия, меди (5—8 %), олова, а иногда и цинка. Температура расплавления в пределах 600—640 °С. Эти припои дают прочные коррозиестойкие соединения.

Наиболее распространенными являются тройные алюминиево-медно-кремниевые припои марки 34А, в которых содержится 20—29 % меди и 5,5—7,5 % кремния. Температура расплавления 525 °С. Благодаря относительно низкой температуре плавления припой марки 34А применяют для паяния большинства алюминиевых сплавов, не опасаясь пережога и оплавления. Состав флюса для паяния алюминия, %: хлористый литий 25—35, фтористый калий 8—12, хлористый цинк 8—15, остальное — хлористый калий.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ, ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ И ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ НАРАЩИВАНИЕМ

Газотермическое напыление. При газотермическом напылении напыляемый материал расплавляется источником высокотемпературного нагрева (например, *электрической дугой, кислородно-ацетиленовым пламенем*, плазмой). Частицы расплавленного материала подхватываются струей сжатого воздуха, и образовавшийся газопорошковый поток направляется на восстанавливаемую деталь, на которой образуется покрытие.

В зависимости от источника высокотемпературного нагрева различают электродуговое, газопламенное и плазменное напыление. Электродуговое напыление применяют для нанесения черных и цветных металлов и сплавов. Этот способ называется электродуговой металлизацией. Газопламенным и плазменным способом наносятся главным образом твердые сплавы и неметаллические материалы. Все перечисленные способы напыления имеют одинаковую схему технологического процесса. Различие заключается лишь в режиме нанесения покрытий и последующей их механической обработке, что определяется главным образом свойствами материалов покрытий. Ниже приводится описание технологии восстановления деталей электродуговой металлизацией (для краткости — металлизацией).

Сущность металлизации заключается в том, что металлическую проволоку расплавляют специальным аппаратом — металлизатором (пистолетом) и под давлением сжатого воздуха (0,5—0,7 МПа) со скоростью 140—300 м/с в распыленном виде наносят (напыляют) на ремонтируемую поверхность.

Частицы металла, находясь в пластическом состоянии и ударяясь о поверхность детали, удерживаются на ней благодаря заклиниванию их в неровностях поверхности и взаимному механическому и молекулярному сцеплению. При расплавлении и полете частицы металла окисляются и насыщаются азотом. Ударяясь о поверхность детали, частицы пластически деформируются и наклепываются. В результате на поверхности детали образуется очень твердый слой, представляющий собой пористую массу мельчайших окисленных частиц. Структура такого слоя резко отличается от структуры основного металла детали и металла проволоки. Для расплавления проволоки в металлизаторе используется электрическая дуга или газовое ацетилено-кислородное пламя. Соответственно различают электрическую и газовую металлизацию, которую производят электродуговыми или газовыми металлизационными аппаратами.

Металлизация как способ восстановления деталей обладает рядом достоинств. Она технологически несложна, дает возможность наносить слой любого металла толщиной 0,05—10 мм и

больше. Основной металл ремонтируемой детали не нагревается выше 70 °С, и в нем не возникает внутренних и структурных напряжений, а также коробления и структурных изменений (это выгодно отличает металлизацию от сварки); нанесенный пористый слой хорошо удерживает смазку, что обеспечивает его повышенное сопротивление износу при наличии масляного слоя; стоимость процесса относительно невелика.

Эксплуатационные качества нанесенного слоя тем лучше, чем выше его прочность сцепления с основным металлом, собственная механическая прочность и износостойкость. Получение этих качеств зависит от способа и правильности выбора режима металлизации, а также от тщательности подготовки детали. Прочность сцепления повышается с увеличением степени шероховатости, химической чистоты металлизируемой поверхности и толщины наносимого слоя и одновременно с уменьшением скорости подачи проволоки и расстояния от металлизатора до ремонтируемой детали (расстояния металлизации). Прочность сцепления наиболее распространенного стального покрытия колеблется от 8 до 40 МПа, а повысить ее можно предварительным нагреванием детали до 100—200 °С.

Слой, нанесенный металлизатором, малопластичен, обладает повышенной твердостью и хрупкостью, плохо воспринимает динамические нагрузки. При статической нагрузке он разрушается или отслаивается только после того, как в основном металле детали превышен предел упругости. Слой покрытия лучше всего сопротивляется сжатию.

Пластичность напыленного слоя, а также прочность его сцепления с основным металлом детали можно увеличить, если металлизированную деталь нагреть в восстановительной среде (например, в среде водорода, древесного угля и др.) и выдержать в течение 1—3 ч. При нагреве окислы на частицах восстанавливаются и между частицами усиливается металлический контакт. Такая термообработка, например стального покрытия по стали в среде древесного угля, увеличивает прочность сцепления в 10, а в среде водорода — в 14 раз. При этом значительно уменьшаются возникающие при металлизации остаточные напряжения и напыленный слой становится достаточно пластичным. Металлизированная деталь после термообработки может хорошо выдерживать динамическую нагрузку.

Как уже отмечалось, напыленный слой при наличии смазки обладает высокой износостойкостью, что объясняется его пористым строением и повышенной твердостью. Для получения этих свойств процесс металлизации ведут при расстоянии между пистолетом и деталью 70—120 мм, давлении воздуха 0,45—0,5 МПа и небольшой подаче проволоки. При металлизации стальных деталей лучшие результаты дает высокоуглеродистая проволока (например, марки У10)

Металлизацию напылением применяют для восстановления размеров и геометрической формы изношенных деталей, получения антифрикционных покрытий в опорах, устранения раковин, трещин и пористости в чугунном и цветном литье, а также для защиты деталей и различных конструкций от коррозии. При этом следует соблюдать определенные условия: поверхность металлизируемой детали должна допускать ее подготовку путем нарезания рваной резьбы или пескоструйной обдувки (чему плохо поддаются хромированные, цементированные и закаленные поверхности); деталь должна иметь достаточный запас прочности (металлизация не повышает прочность изношенной поверхности); металлизировать можно лишь детали, не подвергающиеся действию резкой ударной нагрузки (например, таким способом нельзя восстанавливать изношенные зубчатые колеса и др.); металлизацию нельзя применять для наращивания небольших поверхностей, находящихся под действием значительных усилий (различных мелких канавок, пазов и др.).

Технологический процесс металлизации состоит из двух основных операций: подготовки поверхности и напыления ее металлом. После напыления металлический слой подвергают механической обработке (обточка, шлифовка и т. д.).

При подготовке поверхности деталь сначала очищают от загрязнений. Для этого ее обтирают ветошью, промывают в керосине, бензине, дихлорэтане или других растворителях. Чугунные детали, работающие в условиях обильной смазки, кроме того, нагревают в печи или газовой горелкой (до 200—250 °С) для выделения масла из пор. При подготовке деталей, имеющих форму тела вращения, токарным способом устраняют неравномерность выработки (овальность, конусность, задиры и др.). После этого на поверхность резцом наносят грубую шероховатость в виде рваной резьбы или кольцевых канавок. На детали с твердой поверхностью (закаленной, цементованной) шероховатость наносят электроискровым или электровибрационным способом. Детали более сложной или плоской формы подвергают дробеструйной или пескоструйной обдувке.

Шероховатости под слоем напыленного металла являются концентраторами напряжений, что сильно снижает предел выносливости (усталостную прочность) восстановленной детали. Например, при нанесении рваной резьбы прочность сцепления на сдвиг напыленного слоя с деталью самая высокая (180 МПа), зато предел выносливости такой детали на 25 % ниже, чем шлифованной неметаллизированной.

Время между подготовкой и напылением должно быть минимальным. Полезно рваную резьбу перед металлизацией также подвергнуть пескоструйной обдувке для удаления окислов. Рваную резьбу наносят при скорости резания $v = 6 \ldots 8$ м/мин, подаче $S = 0{,}8 \ldots 1{,}2$ мм/об и глубине резания $t = 0{,}5 \ldots 0{,}8$ мм. Нарезание ведут без охлаждения, за один проход. Резец устанавливают ниже линии центров на 3—6 мм (в зависимости от диаметра ремонтируемой детали) с вылетом 150—175 мм. Пескоструйную обдувку производят кварцевым сухим песком (или стальной крошкой), направляемым сжатым воздухом при помощи специального пистолета, в особой камере. Подготовленную поверхность детали металлизируют напылением.

Наиболее распространенными металлизаторами являются электрические.

Электрометаллизационная установка (рис. 2.19, *а*) состоит из электрометаллизатора *1*, трансформатора *2*, компрессора *5*

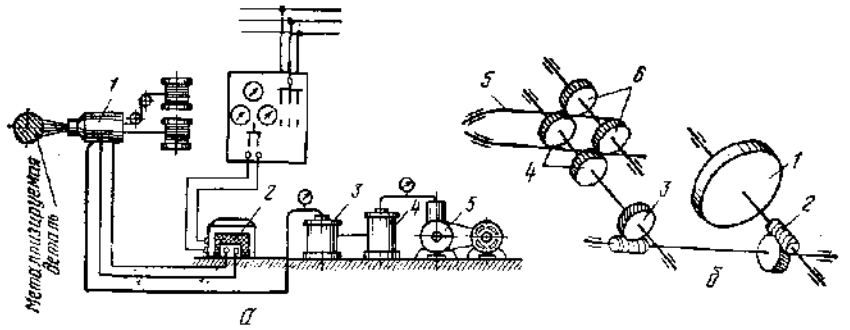


Рис. 2.19. Установка для газотермического напыления (электрометаллизации)

с ресивером *4* и масловодоотделителя *3*. Принцип работы электрометаллизатора (рис. 2.19, *б*) заключается в следующем. Часть воздуха, поступающего из компрессора в металлизатор, приводит во вращение воздушную турбинку *1* со скоростью 40—50 тыс. мин$^{-1}$. Через две червячные пары *2* и *3* турбинка вращает ведущие ролики *4*. Две проволоки *5* (d = 1—2 мм) от катушки через приемник пропускают между ведущими и нажимными роликами *6* и подают к соплу. На расстоянии 8—12 мм от сопла проволоки скрещиваются и расплавляются возникающей между ними электрической дугой. Капли расплавленного металла струей воздуха уносятся на поверхность детали.

Для металлизации труднодоступных мест (внутренних поверхностей втулки, трубы) к металлизатору присоединяют специальную удлиненную наставку, снабженную угловым соплом. Такое сопло позволяет направлять металловоздушную струю не прямо, а вбок.

На предприятиях получили распространение следующие типы электрических металлизаторов: ручные марок ЭМ-3, ЭМ-9 и станочные более высокой производительности марок ЭМ-6, МЭС-1, ЭМ-12. При металлизации используется проволока марок Нп-40, Нп-30ХГСА, Нп-3Х13 и др. Преимуществами электродуговой металлизации являются высокая производительность напыления (13—14 кг напыляемого металла в час) и несложность оборудования. Недостатки процесса — повышенное окисление и заметное выгорание легирующих элементов.

Электрический режим металлизатора марки ЭМ-9: напряжение 20—35 В, сила тока 60—180 А, мощность потребляемого тока 2,9—6 кВт. Механический режим: скорость подачи проволоки 1—5 м/мин (прямо пропорциональна силе тока), продольная подача металлизатора при работе на токарном станке 2,5—1,25 мм/об (чем больше диаметр детали, тем меньше подача); рабочее давление сжатого воздуха 0,4—0,6 МПа; расход сжатого воздуха 1 м^3/мин. При нанесении стального покрытия под давлением 0,6 МПа производительность аппарата составляет 4 кг/ч.

Из газопламенных металлизаторов, работающих на смеси горючего газа (ацетилен, пропан-бутан и др.) с кислородом, широко применяются металлизаторы марок МГИ-1, МГИ-2, предназначенные для металлизации вручную и

на станках, станочный аппарат марки МГИ-5 высокой производительности для напыления крупных деталей. Для газового металлизатора марки МГИ-2 требуемое давление, МПа: воздуха 0,4—0,5, кислорода 0,2—0,5, ацетилена 0,035—0,12, пропан-бутана 0,08 и выше; расход, л/ч: воздуха 60·10^3, кислорода 3600, ацетилена 1100, пропан-бутана 1100; производительность покрытия сталью (при применении ацетилена) 2,2 кг/ч.

Детали, имеющие форму тела вращения, металлизируют на токарном станке. Для этого деталь закрепляют в центрах или патроне, а металлизатор — в суппорте. При скорости вращения детали 8—20 м/мин металлизатор за каждый проход наносит слой толщиной 0,4—1 мм. Припуск на сторону для последующей механической обработки нанесенного слоя: на обточку 0,4—0,75 мм, на последующую шлифовку 0,1—0,25 мм, на шлифовку без предварительного обтачивания 0,3—0,6 мм.

При использовании для восстановления деталей ручных электрических металлизаторов применяют мягкие и отожженные сорта стальной проволоки диаметром 1—2 мм. Газовые и электрические аппараты позволяют применять более толстую и жесткую наклепанную проволоку. Для восстановления стальных деталей используют проволоку из малоуглеродистой стали. При необходимости получить покрытия высокой твердости (48—51 HRC) и износостойкости стальные малоуглеродистые покрытия цементируют и закаляют.

Режим резания при станочной обработке покрытия выбирают в зависимости от характера подготовки поверхности под металлизацию и материала проволоки. Так, для обтачивания стального покрытия, нанесенного на рваную резьбу, v = 20...30 м/мин, S = 0,3...0,4 мм/об, t = 0,3...0,5 мм. Для такого же покрытия, но нанесенного на поверхность, обдутую песком, v = 15...25 м/мин, S = 0,2...0,3 мм/об, t = 0,2...0,4 мм. Облегченный режим резания в последнем случае объясняется меньшей прочностью сцепления металла покрытия с основным металлом. Обтачивание ведется резцами из твердых сплавов. Шлифование стального покрытия после обточки производится при v = 25...30 м/с, S = 5...10 мм/об, t = 0,005...0,03 мм алундовыми кругами зернистостью 46—48 средней мягкости (СМ).

Получили распространение также высокочастотный и плазменно-дуговой способы напыления (металлизации).

При высокочастотном напылении непрерывно движущуюся проволоку (стальную, цинковую и т. п.) расплавляют индуктивным нагревом током высокой частоты, подводимым к индуктору металлизатора от генератора этого тока. Высокочастотное напыление обеспечивает получение покрытия лучшего качества, чем электродуговое и газовое: частицы напыляемого металла более мелкие (дисперсные), однородные, менее окислены, а основные химические элементы выгорают примерно в 5 раз меньше. В результате физико-химические свойства полученного покрытия выше, чем при электродуговой металлизации. Для высокочастотной металлизации применяют аппараты типа МВЧ.

Плазменно-дуговое напыление используют для нанесения покрытий из тугоплавких материалов и окислов. В качестве

исходного материала для напыления служат проволока диаметром 1—1,5 мм или порошки (размеры частиц 40—70 мм) из указанных материалов. В процессе плазменно-дугового напыления между концом движущейся проволоки и кольцевым охлаждаемым электродом аппарата образуется электрическая дуга, зажженная от высокочастотного пускового устройства. В область горения дуги поступает плазмообразующий газ (аргон), который сильно нагревается (до 14 000—17 000 °С). Для напыления проволокой применяют плазменный аппарат марок УПМ-3 и УПМ-4. Напыление порошком производят плазменным аппаратом марки УПМ-5, снабженным вместо проволокоподающего устройства бункером (бачком). Плазменное напыление порошком дает более равномерное покрытие по сравнению с напылением проволокой, однако напыление проволокой является более производительным.

Плазменное покрытие будет лучшего качества, если оплавить плазменной струей, ацетиленокислородным пламенем или токами высокой частоты. Прочность сцепления в этом случае повышается в 8—10 раз по сравнению с обычным электродуговым напылением, а износостойкость увеличивается вдвое. В целом плазменно-дуговое напыление позволяет получить почти беспористое покрытие, обладающее высокой прочностью и твердостью. Такое покрытие другими способами металлизации практически получить невозможно.

Электроискровая обработка. *Данный способ обработки металлов* используется для восстановления трущихся поверхностей, имеющих небольшой износ (до 0,5—0,8 мм), путем наращивания их твердыми сплавами и другими материалами, для упрочнения трущихся поверхностей, извлечения оборванных шпилек, болтов и других деталей, сверления базовых монтажных отверстий и др.

Электроискровая обработка происходит под воздействием искрового разряда. При сближении двух металлических электродов, один из которых присоединен к положительному (анод), а другой к отрицательному (катод) полюсу источника тока, наступает момент, когда между электродами создается электрическое поле высокого напряжения. Вследствие этого происходит пробой межэлектродного воздушного зазора: в первой фазе *пробоя наблюдается ионизация молекул воздуха и образование* токопроводящего канала; во второй фазе по образовавшемуся каналу устремляется электронная лавина, переносящая большое количество электричества и расплавляющая металл в месте пробоя. В результате металл в виде жидкой капли выбрасывается взрывными силами, действующими в месте разряда.

Для образования такого разряда в конденсаторе постоянной емкости накапливается энергия, которая освобождается за очень короткий отрезок времени. В результате в конденсированном искровом разряде развивается мгновенная мощность большой величины, на поверхности электродов выделяется значительное количество теплоты, расплавляющей и даже испаряющей металл. Таким образом, электроискровое разрушение в значительной степени обусловлено мгновенным тепловым действием электрического разряда. Описанные процессы периодически повторяются, производя соответствующее действие на электродах. Длительность существования электрической искры составляет 10^{-8}—10^{-5} с, температура канала достигает 11 000 °С, площадь поражения — до 1 мм², а мгновенная плотность тока превышает 10 000 А/мм².

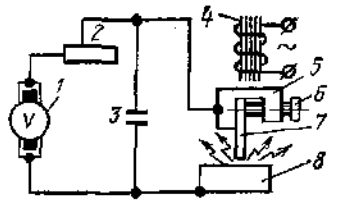


Рис. 2.20. Схема установки для электроискрового наращивания и упрочнения деталей

Более интенсивному разрушению подвергается анод. Если анодом является пруток твердого сплава или другого токопроводящего материала (инструмента), то его частицы, отрывающиеся при образовании электрического искрового разряда, переносятся на катод, которым служит ремонтируемая деталь, и прочно удерживаются на ней. В результате на поверхности детали образуется новый слой, свойства которого зависят от свойств материала анода. Если же анодом служит деталь, а инструментом катод, то под действием электрического искрового разряда в детали образуется отверстие, паз или другое углубление, форма и размеры которого зависят от формы и размеров катода (инструмента).

Установка для электроискрового наращивания и упрочнения деталей, схема которой дана на рис. 2.20, состоит из ящика с электрической частью и вибратора. Основными элементами электрической части являются: источник постоянного тока *1* (выпрямитель), ограничивающее (буферное) сопротивление *2* и конденсатор постоянной емкости *3*. Вибратор (электромагнитный прибор) состоит из якоря и пружины электромагнита (сердечника и катушки). Металл (пластинка) *7*, которым хотят нарастить (покрыть) упрочняемую деталь *8*, закрепляют в держателе *5* вибратора винтом *6*. Электромагнит *4* включается в сеть переменного тока.

Наращивание производят следующим образом. Хорошо очищенную деталь *8* присоединяют к отрицательному полюсу (катоду), после чего к ней прикасаются пластинкой *7*, закрепленной в вибраторе, и плавно от руки водят по поверхности детали наращиваемым металлом (вибратором).

Для упрочнения деталей применяют электроискровые установки марок ЭФИ-25, ЭФИ-10 и др. Процесс наращивания и упрочнения деталей, имеющих форму тел вращения, механизируют, укрепляя деталь в шпинделе токарного станка, а вибратор — в суппорте. Наибольшую износостойкость нанесенного слоя получают при предварительном наращивании детали твердым сплавом марки Т15К6 с последующим покрытием графитом

марки ЭГ-2. Графитовое покрытие не только дополнительно упрочняет слой, но и придает ему более ровную поверхность. В процессе трения графит частично выполняет и функции смазки.

Слой, нанесенный электроискровым способом, покрыт большим количеством мелких пор, образующихся в результате действия единичных импульсов. Пористость поверхности улучшает ее смачиваемость, т. е. способствует хорошему удержанию смазочного масла. Прочность соединения нанесенного слоя с основным металлом детали большая. Слой наносят без специальной предварительной подготовки детали. Наращивание рекомендуется производить за два прохода.

Экономически целесообразнее наращивать закаленные детали, износ которых не превышает 0,5—0,8 мм, работающие со смазкой или без нее и не подверженные действию циклических нагрузок, вызывающих усталостные разрушения. Износостойкость деталей, подвергнутых электроискровому наращиванию твердыми сплавами, повышается в 3—15 раз.

На предприятиях текстильной и легкой промышленности электроискровая обработка применяется для восстановления и упрочнения деталей и режущих инструментов, лезвий ножниц, губок пружины микропрокладчика, деталей пульверизатора станка типа СТБ и т. д. На обувных предприятиях электроискровая обработка используется для восстановления и упрочнения штампов, режущих инструментов и др.

Электролитическое (гальваническое) наращивание. Из всех видов электролитического наращивания металлического слоя в ремонтной технологии чаще других применяют наращивание хромом (хромирование), медью (меднение), сталью (осталивание или железнение). Принцип электролитического наращивания заключается в следующем. Деталь *4* (рис. 2.21, *а*) помещают в качестве катода в электролит *1*, содержащий соли металла, которым она покрывается; при прохождении постоянного тока от источника тока *2* через анод *3* из электролита выделяется металл, осаждающийся на поверхности детали. В различных процессах в качестве анода служит металл, соль которого находится в растворе, или металл, который нерастворим в электролите.

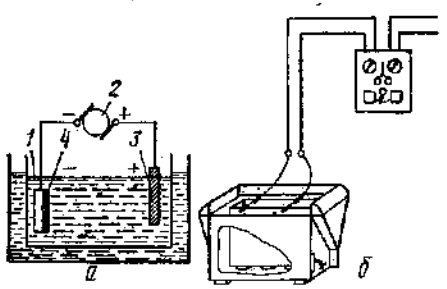


Рис. 2.21. Установка для электролитического (гальванического) наращивания металлического слоя

Электролитический процесс в количественном отношении подчиняется двум основным законам Фарадея: 1) количество вещества, выделившегося при электролизе, прямо пропорционально количеству электричества, протекающего через электролит; 2) количество вещества, образовавшегося на электроде, пропорционально эквивалентной массе вещества. Эти законы можно выразить зависимостью

$$G = Cit,$$

где G — количество вещества, выделенного при электролизе, г; C — электрохимический эквивалент вещества, г/(А·ч) (т. е. количество вещества, выделяющегося при электролизе в течение 1 ч при прохождении тока силой 1 А); i — сила тока, А; t — время электролиза, ч.

Фактическое количество ($G_ф$) вещества, осажденного на катоде (детали), меньше теоретического (G), потому что на катоде одновременно с осаждением металла идут и другие процессы (например, выделение водорода), на которые затрачивается часть тока. Отношение $G_ф$ к G называется выходом по току и выражается в процентах.

$$G_ф = Cit\alpha/100 = G\alpha/100,$$

где $\alpha = G_ф 100/(Cit)$ — выход по току, %.

Выход по току при хромировании составляет 12—18 %, при меднении — 98 %, никелировании и осталивании — 80—90 %.

Время t, необходимое для осаждения слоя толщиной h, мм, и площадью S, дм², находят из формулы

$$t = Sh\gamma 100/(Ci\alpha D_к),$$

где γ — удельный вес наносимого металла, Н/м³; $D_к = i/S$ — катодная плотность тока, А/дм².

При электролитическом процессе добиваются равномерного по толщине осаждения покрытия на поверхности восстанавливаемой детали, что в значительной мере определяет его качество. С целью получения равномерного покрытия применяют аноды, по форме приближающиеся к форме восстанавливаемой детали, что позволяет выравнять поток силовых линий тока между анодом и катодом.

Хромирование. Хромирование применяется для восстановления деталей с небольшим износом и для защиты деталей от коррозии. Хромовое покрытие обладает высокой твердостью (800—1000 HB), малым коэффициентом граничного трения в паре с чугуном, бронзой и баббитом, большой сопротивляемостью износу и коррозии. Детали, работающие в паре с хромированными, изнашиваются меньше, чем при работе с нехромированными деталями.

Хромирование применяют для восстановления изношенных стальных закаленных деталей (51—61 HRC), имеющих износ не более 0,2 мм с одной стороны (чем толще слой хрома, тем он менее прочен), работающих со смазкой в условиях спокойных нагрузок при удельном давлении не выше 3 МПа. Хромированные детали обладают пониженной способностью смачи-

ваться маслом и пониженной усталостной прочностью. На предприятиях текстильной и легкой промышленности хромированием восстанавливают детали прядильного устройства пневмомеханических прядильных машин, пульверизаторов ткацких станков СТБ, микропрокладчиков и другие детали.

Технологический процесс хромирования состоит из подготовки детали к хромированию и собственно хромирования, а в случае необходимости — механической обработки хромированной поверхности. Деталь подготовляют к хромированию так, чтобы наращиваемая поверхность имела правильную геометрическую форму, была гладкой (не ниже 8—9-го класса чистоты), свободной от рисок, задиров и каких-либо загрязнений, а места, не подлежащие хромированию, были изолированы.

С этой целью принимается следующий порядок работ (для стальных деталей):

шлифование кругом и полирование полотном хромируемой поверхности до требуемой гладкости;

изоляция лаком или целлулоидной лентой мест, не подлежащих хромированию (нехромируемые отверстия закрывают свинцовыми пробками, чтобы избежать искривления силовых линий и непокрытия хромом поверхности вокруг отверстия);

легкая зачистка хромируемых поверхностей мелкозернистым наждачным полотном или полировальной пастой ГОИ, монтаж деталей на подвеску;

электролитическое обезжиривание в ванне, наполненной раствором такого состава, г на 1 л воды: едкий натр, растворенный в воде, 30—50, углекислая или кальцинированная сода 50—75, жидкое стекло 2,5. Режим: плотность тока 3—10 А/дм², температура 70—75 °С, длительность 5—8 мин. Качество обезжиривания проверяют по смачиваемости поверхности детали водой. Промывка — сначала в горячей, а затем в холодной проточной воде;

декапирование, т. е. травление для удаления тончайших окисных пленок и выявления структуры металла, в 5 %-ном растворе серной кислоты H_2SO_4 или в ванне, содержащей раствор такого состава, г на 1 л воды: хромовый ангидрид 100, серная кислота 2—3. Режим: плотность тока 5 А/дм², напряжение 4—5 В, температура 30—36 °С, длительность до 1 мин, деталь подвешивают на анод. Промывка в холодной воде. Часто декапирование производят в хромовой ванне путем переключения тока;

протирание кашицей из венской извести (смесь из окиси кальция и магния). Промывка в холодной проточной воде.

Хромирование детали до требуемого размера ведут в специальной ванне (рис. 2.21, *б*) из листовой стали (железа), выложенной внутри рольным свинцом или винипластом. Ванну заполняют электролитом, состоящим из хромового ангидрида (CrO_3) и химически чистой серной кислоты, разведенных в воде. Хромируемую деталь подвешивают на катод, а анодом служит свинцовая пластина. Электролит подогревают горячей водой, циркулирующей между двойными стенками ванны. Источником постоянного тока служат генераторы низкого напряжения — 6/12 В (ток 1000/500 и 1500/750 А) или выпрямитель (например, селеновый).

Выбор режима хромирования, т. е. плотности тока и температуры электролита, зависит от того, какого вида хромовый осадок хотят получить на детали. Различают молочный, блестящий и матовый осадки, имеющие различные свойства. Молочный осадок является наиболее мягким (твердость по Виккерсу 500—600 ед.), пластичным и обладает удовлетворительной смачиваемостью маслами, поэтому он хорошо сопротивляется изнашиванию. Блестящий осадок характеризуется более высокой твердостью (по Виккерсу — до 900 ед.), хрупкостью и в отличие от молочного имеет повышенную пористость. Матовый осадок является наиболее твердым (твердость по Виккерсу 1200 ед.), хрупким и пористым. Сочетание высокой хрупкости и пористости снижает эксплуатационные свойства блестящих и особенно матовых покрытий.

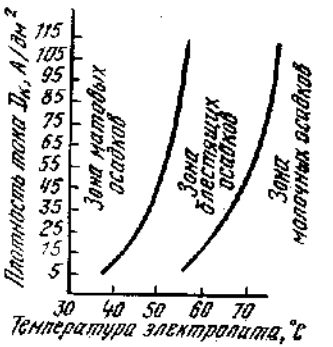


Рис. 2.22. Влияние температуры и плотности тока на вид хромового покрытия

Молочные осадки образуются при высокой температуре электролита и малой плотности тока (рис. 2.22), блестящие — в пределах так называемого рабочего интервала, который на рис. 2.22 ограничен двумя кривыми, а матовые — при низкой температуре электролита и высокой плотности тока. Ремонтируемые детали, хромированные поверхности которых работают при давлении до 0,5 МПа в условиях трения, покрывают блестящим осадком. Детали, работающие в условиях трения при среднем (0,5—2 МПа) и высоком (свыше 2,5 МПа) давлении, хромируют молочными осадками.

Для ремонта и восстановления размеров деталей хромированием рекомендуется применять ванну с низкой концентрацией хромового ангидрида, г/л: CrO_3 — 150; H_2SO_4 — 1,5. Эта ванна довольно экономична, обладает хорошей рассеивающей способностью и достаточным выходом по току (см. с. 125), но требует более высокого напряжения (до 8 В). В ней молочный осадок получают при $D_к = 25$ А/дм² и $t = 68 \ldots 70$ °С, а блестящий — при $D_к = 30$, 50 и 75 А/дм² и $t = 55$, 60 и 70 °С соответственно. Длительность хромирования при выбранном режиме и требуемой толщине покрытия рассчитывают по формуле, приведенной на с. 125.

Как уже отмечалось, существенным недостатком гладкого хромового покрытия является его плохая смачиваемость маслами. Для повышения смачиваемости применяют так называемое пористое хромирование: в порах создаются масляные ванночки, в которых удерживается смазка. Пористость хромового слоя можно получить механическим, химическим и электрохимическим способами.

При механическом способе на поверхности детали перед хромированием делают углубления в виде пор или каналов путем

накатки рифлеными роликами (на стальных деталях) или пескоструйной обработкой (на чугунных деталях). Эти углубления затем покрывают хромом. Так как хром осаждается по рельефу поверхности детали, покрытие будет также иметь поры или каналы.

Химический способ состоит в кратковременном травлении хромового покрытия в разбавленной (1 : 1) соляной кислоте. При этом микротрещины, имеющиеся в хромовом покрытии, расширяются и углубляются.

Электрохимический способ заключается в анодном травлении хромового покрытия, что достигается переключением полюсов (хромированная деталь становится анодом). При анодном травлении хромового покрытия преимущественное растворение хрома происходит по трещинам, которые вследствие этого расширяются и углубляются. В результате поверхность хромового покрытия оказывается изборожденной сеткой каналов, ограничивающих участки гладкого хрома.

Наиболее широко применяются электрохимический, а в последнее время и механический способы получения пористого хромового покрытия.

В случае, когда деталь работает под нагрузкой в условиях коррозионной среды и трения, например рифленые цилиндры машин мокрого прядения, рекомендуется применять двухслойное хромирование (первый слой молочный, второй — блестящий). Практика показывает, что двухслойное хромирование дает хорошие результаты.

После хромирования деталь промывают в дистиллированной проточной горячей воде для удаления электролита, снимают с подвески, сушат в древесных опилках или в сушильном шкафу и обрабатывают нагреванием в масляной ванне при температуре 150—200 °С в течение 2—3 ч для удаления из осадка водорода и уменьшения хрупкости слоя. Затем при необходимости деталь шлифуют кругами средней мягкости или мягкими зернистостью 48—60 с глубиной резания 0,01—0,03 мм при интенсивном охлаждении.

Меднение. В ремонтной практике меднение применяют: для наращивания наружной поверхности колец подшипников качения, различных вкладышей и втулок, посадочных мест валов и других деталей с целью восстановления первоначального натяга; для наращивания изношенной винтовой поверхности червячной передачи с целью восстановления плавности зацепления. Меднение используют также для образования подслоя под хромовый, никелевый и другие антикоррозийные покрытия и защиты отдельных мест детали от насыщения углеродом или цементации. Медью покрывают сталь, чугун, цинк и другие металлы. Поверхность под меднение подготавливают так же, как при хромировании.

Меднение можно проводить в кислых ваннах. Обычный состав кислых ванн, г на 1 л воды: 1) медный купорос 200, серная кислота 50 (температура ванны 20 °С, плотность по Боме 17°, плотность тока 1—3 А/дм²); 2) медный купорос 250—350, серная кислота 60—75 (температура ванны 40—60 °С, плотность по Боме 20°, плотность тока 10 А/дм²).

При меднении применяют растворимые аноды. Анодом служит чистая электролитическая медь марки М-1, почти свободная от мышьяка и сурьмы, присутствие которых в медной ванне вызывает образование ломких осадков. При меднении стальных деталей в кислых ваннах можно получить осадки толщиной не более 0,005 мм, плотные, мелкокристаллические, хорошо сцепленные с основным металлом. Чтобы предупредить отслоение покрытия, меднение делают по никелевому подслою.

Осталивание (железнение). Покрытия из электролитического железа (стали) обладают сравнительно большой твердостью (до 800 ед. по Виккерсу) и износостойкостью. Железо осаждается быстрее, чем хром (электрохимический эквивалент железа втрое больше, чем хрома); выход железа по току в 3—6 раз больше, чем при хромировании; можно получать толстые осадки (более 1 мм), обладающие хорошими механическими свойствами.

Осталивание применяется для наращивания изношенной поверхности, восстановления неподвижной посадки, образования подложки под хромовый слой. Порядок работ при осталивании такой же, как и при хромировании.

Осталивание проводят в холодных и горячих ваннах. В холодных ваннах (до 40 °С) процесс ведется при малой плотности тока, так как повышение плотности тока при холодной ванне вызывает обильное выделение на катоде водорода и выход по току сильно падает, доходя до нуля. Скорость осаждения при этом очень незначительна, вследствие чего такие ванны при осталивании применяются редко. В горячих ваннах (95—110 °С) осталивание проводят при высокой плотности тока (до 20 А/дм²), что позволяет заметно увеличить скорость осаждения — до 200 мкм/ч. При восстановлении деталей машин рекомендуется следующий состав электролита, г на 1 л воды: хлористое железо 500, поваренная соль 150—200, соляная кислота 3—3,5 (плотность тока 20—30 А/дм², температура 95—110 °С). В качестве анода применяется листовое железо. После осталивания деталь нагревают до 300—400 °С и медленно охлаждают для устранения хрупкости слоя. Слой покрытия легко поддается механической, термической и термохимической обработке, не растрескиваясь и не отслаиваясь при этом.

Если в больших деталях требуется восстановить отдельные участки, например посадочное гнездо под подшипник качения в корпусной детали, производят местное осталивание. Для этого восстанавливаемую поверхность детали предварительно промывают бензином, протирают венской известью, промывают водой. Затем отверстие закрывают с одной стороны путем плотной припассовки диска *1* (рис. 2.23) из кислотостойкой резины, винипласта или другого

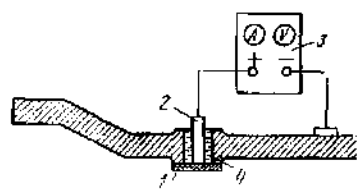


Рис. 2.23. Местное осталивание крупных деталей (безванный способ)

подобного материала и заливают электролитом железнения *4*. После этого устанавливают железный анод *2*, диаметр которого равен $^1/_3$ диаметра восстанавливаемого отверстия, и производят наращивание по описанной ранее схеме. В качестве источника тока можно применять выпрямитель *3* малой мощности (например, выпрямитель для зарядки аккумуляторов).

Восстановление деталей осталиванием получило широкое применение.

Никелирование. Твердые износостойкие никелевые покрытия получают гальваническим и химическим способами.

При гальваническом способе никелевые покрытия получают из щавелевокислого электролита следующего состава, г/л: щавелевокислый аммоний 300, сернокислый никель 140, хлористый натрий (калий) 10; pH 7,5—8,5. Режим электролиза: температура электролита 75—82 °С, плотность тока 10 А/дм². Аноды растворимые, изготовленные из никеля марки Н-1.

При химическом никелировании детали погружают в нагретый до 85—90 °С раствор и выдерживают заданное время. Металл осаждается без применения электрического тока. Этот способ основан на способности гипофосфита восстанавливать никель из его солей. В состав раствора входят соли никеля, гипофосфит и органические соединения, регулирующие уровень концентрации водородных ионов, которые образуются в ходе реакции и оказывают влияние на скорость ее протекания. Процесс осуществляют в стеклянной, фарфоровой или эмалированной емкости.

Химическое никелирование имеет ряд преимуществ перед гальваническим: процесс происходит без применения электрического тока, позволяет получать равномерное по толщине покрытие и восстанавливать детали сложной формы без экранирования, при этом способе процесс можно вести при высокой плотности загрузки (1—2 дм² на 1 л раствора); покрытие имеет высокую твердость, износостойкость и антикоррозионную стойкость.

Недостатком химического никелирования является сравнительно низкая производительность процесса (15—30 мк/ч), а также использование сложных дорогостоящих реактивов высокой стоимости.

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ И ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Механические способы. На предприятиях текстильной и легкой промышленности механические способы восстановления деталей получили широкое распространение, так как они доступны любому предприятию и чаще всего не требуют специального оборудования и аппаратуры, дешевы и обеспечивают хорошее качество ремонта. К механическим способам восстановления неисправных деталей относятся: кольцевание, применение стяжек, применение наставок и перевод размеров деталей в ремонтные. Первые три способа позволяют восстановить конструктивные размеры деталей и посадку сопряжения, а последний — только посадку сопряжения.

Кольцевание заключается в том, что на изношенную цилиндрическую поверхность насаживают кольцо, за счет тела которого восстанавливается деталь. Различают наружное (рис. 2.24, *а*) и внутреннее (рис. 2.24, *б*) кольцевание. Наружное кольцевание (бандажирование) применяют, например, при вос-

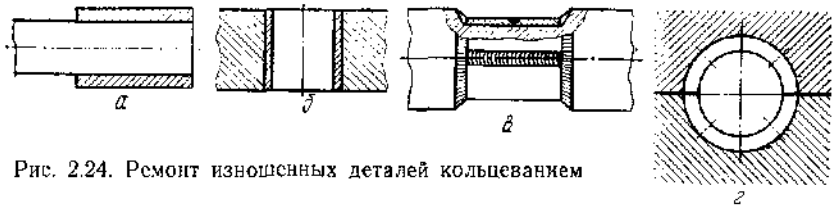


Рис. 2.24. Ремонт изношенных деталей кольцеванием

становлении изношенной цапфы вала, а внутреннее — при восстановлении изношенного отверстия в корпусе, раме, втулке, глухом подшипнике и т. п.

Прочность посадки, с которой кольцо, посаженное с натягом, удерживается на поверхности детали, зависит от диаметра сопряжения, длины кольца, контактного давления на поверхности и коэффициента трения. Чем выше эти параметры, тем больше прочность посадки. Насадку кольца производят различными способами: под прессом; с предварительным нагреванием кольца (при наружном кольцевании) или восстанавливаемой детали (при внутреннем кольцевании); с предварительным глубоким охлаждением кольца (при внутреннем кольцевании) или детали (при наружном кольцевании) (см. с. 190).

Однако горячая посадка, как и посадка с глубоким охлаждением, неприменима, например, при нагревании или охлаждении крупных деталей или деталей со сложной конфигурацией. При всех прочих равных условиях, т. е. при одинаковом диаметре детали, натяге, материале, качестве поверхности и др., прочность соединения, образованного горячей посадкой, выше прочности соединений, полученных другими способами. При кольцевании детали втулками без теплового воздействия прочность соединения тем выше, чем более гладкими будут контактные поверхности. Это объясняется большим влиянием молекулярного схватывания, проявляющегося у очень гладких поверхностей.

Детали, восстанавливаемые наружным кольцеванием, имеют пониженную усталостную прочность (см. с. 47). Чтобы устранить этот недостаток, поверхность детали, на которую насаживается кольцо, подвергают накатке стальным роликом (наклепыванию) или кратковременному азотированию. Если при данном натяге и рассчитанной толщине стенки кольца в нем возникают чрезмерно большие напряжения, натяг уменьшают, а кольцо обваривают. Чтобы ослабить отрицательное влияние обварки на усталостную прочность, у наплавленного слоя снимают резцом галтель с возможно большим радиусом и затем это место накатывают (наклепывают) роликом.

Разновидностью кольцевания является прикрепление полуколец (полувтулок) к изношенной наружной (рис. 2.24, *в*) или внутренней (рис. 2.24, *г*) поверхности. Такое кольцевание применяют, например, при восстановлении шатунных шеек

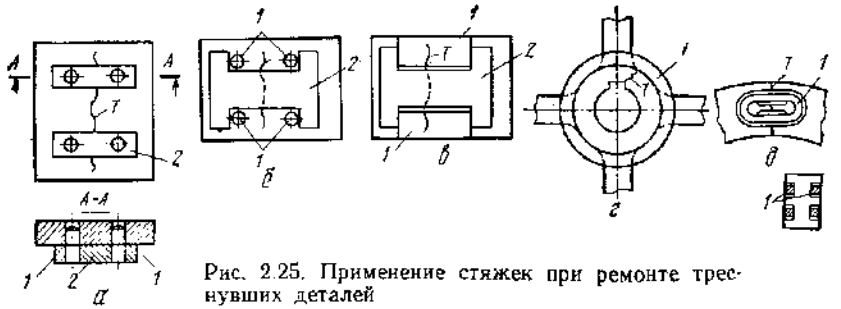


Рис. 2.25. Применение стяжек при ремонте треснувших деталей

коленчатых валов, разъемных подшипников скольжения и т. д. Полукольца можно прикреплять различными способами: сваркой, винтами и др.

Для кольцевания применяют стальные, чугунные и бронзовые кольца; первые чаще всего при наружном, а вторые и третьи при внутреннем кольцевании.

Стяжки используют в аварийных случаях для стягивания треснувшей детали, например остова машины (рис. 2.25, *а*). По обе стороны трещины (на всех позициях она обозначена буквой *Т*) просверливают отверстия, в которые вводят штыри *1* нагретой планки *2* (стяжки, скрепки); планка после остывания стягивает трещину. Вдоль по трещине могут быть установлены одна или несколько стяжек. Расстояние между отверстиями меньше, чем расстояние между штырями (в холодном состоянии), на величину натяга.

Стяжные планки могут иметь и другую форму, например *Н*-образную. Тогда вместо отверстий по обе стороны трещины ввинчивают шпильки *1* (рис. 2.25, *б*) или делают уступы *1* (рис. 2.25, *в*). Стяжки *2*, как и в предыдущем случае, устанавливают в горячем состоянии. Если деталь, у которой стягивается трещина, работает с вибрацией, то стяжную планку дополнительно крепят болтами, чтобы предупредить ее выпадание. В этом случае отверстия под болты сверлят после горячей посадки стяжных планок. Другой разновидностью стяжек являются стяжные кольца — круглой *1* (рис. 2.25, *г*) или овальной *1* (рис. 2.25, *д*) формы.

Наставки применяют при аварийном ремонте таких деталей, как валы (наставка цапф, шеек — см. с. 148), шестерни (наставка зубьев — см. с. 175), эксцентрики (наставка изношенных мысков) и др. Этот способ заключается в том, что на место изношенной или поломанной части детали наставляют новую часть (наставку). Наставки прикрепляют к детали на резьбе, конусе, «ласточкином хвосте» и т. п. обычно в комбинации со сваркой.

Перевод размеров деталей в ремонтные осуществляется следующим образом. Если вал с конструктивным размером $d_к$ износился на величину $z_в$, его перетачивают и шлифуют на новый, меньший, размер, снимая слой $\Delta_в$. Новый размер $d_р = d_к - (z_в + \Delta_в)$ является ремонтным. Под вал с новым ремонтным размером изготовляют новый подшипник. Вал и подшипник должны иметь те же предельные отклонения, что и новые детали. При таком условии восстанавливается посадка и обеспечивается взаимозаменяемость ремонтируемых деталей.

Деталь может иметь несколько ремонтных размеров, в которые ее последовательно переводят. Разработав шкалу ремонтных размеров для более дорогостоящей несменяемой детали сочленения, например для вала, можно создавать запас более дешевых сменяемых деталей, например подшипников. Этим устраняется подгонка детали по месту (к которой обычно прибегают, когда шкалы ремонтных размеров нет), благодаря чему ускоряется весь ремонт.

Пластическое деформирование. Этот метод ремонта заключается в том, что под действием давления добиваются: перемещения пластически деформированного металла с нерабочих участков детали к ее изношенным поверхностям; выпрямления изогнутых и скрученных деталей. При правильном применении данного метода удается достичь полного восстановления свойств рабочих поверхностей детали без дополнительного расхода металла при небольших затратах труда. Пластическое деформирование может быть использовано для ремонта деталей, имеющих сравнительно простую конфигурацию и изготовленных из пластичных материалов (стали, латуни, мягкой бронзы). Только в отдельных случаях этот метод удается использовать для ремонта деталей из малопластичных материалов (например, чугуна). Ремонт деталей пластическим деформированием может быть осуществлен различными способами: осадкой, раздачей, обжатием, вдавливанием, накаткой и правкой. Эти способы отличаются друг от друга направлением действующих сил и деформации относительно оси восстанавливаемой детали.

Осадка (рис. 2.26, *а*) применяется в тех случаях, когда требуется уменьшить внутренний диаметр полой детали (например, втулки) или увеличить наружный диаметр сплошной детали (например, пальца). При осадке направление деформации δ перпендикулярно направлению внешнего усилия *P* (эти обозначения приняты на всех позициях).

Раздача (рис. 2.26, *б*) заключается в том, что у полой детали (например, пустотелого валика) путем распирания ее изнутри увеличивают наружный диаметр. В этом случае направление деформации совпадает с направлением приложения внешнего усилия.

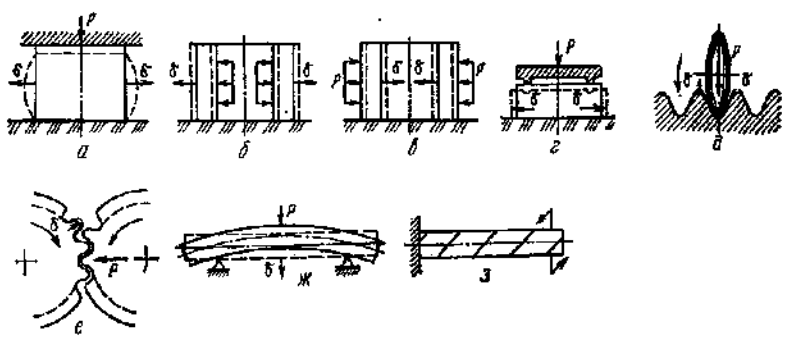


Рис. 2.26. Схема ремонта деталей пластическим деформированием

Обжатие (рис. 2.26, *в*) состоит в том, что путем приложения внешнего усилия к наружной цилиндрической поверхности полой детали (например, втулки) добиваются уменьшения ее наружного и внутреннего диаметра за счет перемещения металла от периферии к центру. Направления деформации и действующего усилия здесь совпадают.

Вдавливание (рис. 2.26, *г*) совмещает осадку и раздачу детали и используется для увеличения наружного диаметра у сплошных преимущественно плоских деталей. Вдавливание осуществляется за счет приложения концентрированных усилий.

Накатка (рис. 2.26, *д*) представляет собой пластическое перемещение металла посредством вдавливания стального ролика в отдельные участки детали. Например, если у рифленого незакаленного стального цилиндра (валика) изношены головки рифель, то, вдавливая стальной дисковый ролик специальной формы во впадину рифлей и прокатывая его вдоль по впадине, можно «приподнять» изношенную рифлю благодаря пластическому перемещению металла из впадин к вершине. Таким способом на многих предприятиях восстанавливают рифленые цилиндры и другие детали.

Обкатывание роликами заключается в следующем. Восстанавливаемую цилиндрическую деталь приводят во вращение, прижимают к ней один или несколько радиально расположенных легковращающихся гладких роликов из закаленной стали или твердого сплава и обильно смазывают маслом. Роликам придают не только вращательное, но и продольное перемещение. Процесс обкатки обеспечивает выглаживание поверхности детали за счет перераспределения металла и наклепывание поверхностного слоя. Благодаря этому деталь приобретает заданный размер и повышенную долговечность. Другой способ накатки, но уже рифлеными роликами, показан на рис. 2.26, *е*. Для облегчения пластической деформации при обкатывании деталей в последнее время применяют электроподогрев деформируемых участков. Этот способ называют электромеханическим.

Правка представляет собой способ ремонта деталей, у которых изменение первоначальных размеров и формы произошло не вследствие износа, а из-за остаточного прогиба (рис. 2.26, *ж*) или скручивания (рис. 2.26, *з*). При воздействии на такую деталь внешним усилием удается создать в ней остаточные деформации, обратные по направлению тем, которые вызвали образование в детали остаточного прогиба или скручивания.

Различают правку холодную и горячую (с подогреванием). Горячую правку применяют редко — главным образом при очень большом прогибе, а холодную — при сравнительно малом остаточном прогибе. Горячая правка не обеспечивает должной точности, точность холодной правки гораздо выше. Однако деталь после холодной правки оказывается недостаточно стабильной (по форме и размерам из-за повторного коробления). Стабилизация достигается нагреванием стальных деталей после правки до температуры 400—450 °С, в результате чего снимаются оставшиеся в детали напряжения.

Стальные детали с небольшим прогибом выправляют также поверхностным наклепыванием: легкими ударами наклепывают вогнутую сторону искривленной детали. Правку широко используют при ремонте погнутых или скрученных валов, осей, ножей, бил, лениксов, брусьев, направляющих, смятых барабанов и других деталей.

Для осуществления осадки, раздачи, обжатия, вдавливания необходимы штампы или простейшие приспособления (см. с. 171); работа производится под прессом. Накатка требует специальных накатных приспособлений, монтируемых на токарном, строгальном или специальном станке. Для правки применяют прессы или специальные правильные приспособления.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Нанесение полимерных покрытий. В ремонтной технологии полимерные материалы (пластмассы) все шире применяются для выполнения различных ремонтных работ. С их помощью восстанавливают размеры и форму изношенных деталей, заделывают в деталях вмятины, трещины, пробоины, раковины, отколы. Из полимерных материалов также изготовляют большими сериями многие быстроизнашивающиеся детали.

Полимерные материалы обладают достаточной прочностью, высокими антифрикционными свойствами, химической стойкостью, способностью хорошо поглощать колебания, технологичностью и др. Недостатками этих материалов являются: низкие теплостойкость и теплопроводность, малая усталостная прочность, повышенная хрупкость некоторых из них (например, термореактивных).

Различают термореактивные (реактопласты) и термопластичные (термопласты) материалы. Особенностью термореактивных пластмасс является то, что после отверждения их нельзя нагреванием довести до пластичного состояния и повторно использовать. Термопластичные же пластмассы, наоборот, при нагреве вновь приобретают пластичность, что позволяет использовать их неоднократно.

Пластмассовые покрытия на восстанавливаемых деталях или новые детали из термореактивных материалов формируются в пресс-формах путем нагрева и прессования порошков (пресс-порошков), засыпанных в пресс-формы. Основа термореактивной пластмассы — бакелитные (фенолальдегидные и

фенолформальдегидные) смолы, из которых получают фенопласты.

Для придания покрытиям необходимых эксплуатационных свойств (твердость, износостойкость, прочность, коэффициент линейного расширения и др.) к фенопластам добавляют: наполнитель (волокнит, древесная мука, асбест, стекловолокно и др.), пластификатор (дибутилфталат), отвердитель (полиэтиленполиамин).

Покрытия из термореактивной пластмассы на восстанавливаемые детали наносят в следующем порядке:

1. Восстанавливаемую деталь тщательно очищают, обезжиривают и помещают в металлическую пресс-форму, расположенную на прессе. Пресс-форму хорошо очищают, удаляют следы пластмассы и других загрязнений. Конструкция пресс-формы должна обеспечить возможность правильно расположить и центрировать в ней восстанавливаемую деталь, дать хороший доступ пластмассе к изношенной поверхности.

2. Пресс-форму вместе с помещенной в ней восстанавливаемой деталью подогревают до 145—185 °С и засыпают в пресс-форму пресс-порошок, предварительно подогретый до 80—130 °С.

3. Собранную и подогретую пресс-форму под прессом подвергают давлению. Под действием давления размягченный пресс-порошок заполняет все полости пресс-формы и покрывает восстанавливаемую изношенную поверхность детали.

4. Восстановленную деталь извлекают из пресс-формы (не дожидаясь ее полного охлаждения, так как покрытие из термореактивного материала твердеет сразу после того, как оно сформировалось), удаляют облой и заусенцы. Деталь готова, если не считать тех случаев, когда она требует незначительной дополнительной механической обработки.

Пресс-порошки марок ФКП-1, ФКП-2, К-18-2 и др. используют для изготовления новых и восстановления изношенных деталей, к которым предъявляются требования повышенной механической прочности, хорошего сопротивления удару и изгибу (кулачков, шестерен, фланцев и др.).

Эпоксидная смола марок ЭД-6, ЭД-5 и композиции на ее основе отличаются хорошими антифрикционными свойствами и износостойкостью, достаточной прочностью, которая может быть значительно увеличена путем армирования стеклонитью. Эпоксидную смолу не следует применять при восстановлении деталей, работающих при ударной нагрузке и температурах, превышающих 120 °С.

Среди восстанавливаемых деталей имеются детали со сравнительно большими размерами, малой жесткостью и склонностью к короблению при нагревании, например чугунные колосники шляпок хлопкочесальной машины. Для выравнивания плоскости и восстановления изношенных платиков путем нанесения покрытия из пластмассы приходится применять формование без приложения давления и температуры. Формование таким способом возможно, если использовать полимерные материалы, способные переходить из жидкого состояния в твердое при обычной температуре под действием катализаторов. К таким материалам относятся компаунды холодного отверждения на основе эпоксидных смол, акрилатов, стиракрилов и др.

Акрилат марки АСТ-Т приготавливают из полимера (порошка) АСТ-Т и мономера (жидкости) АСТ-Т в пропорции 2 : 1. Пластмасса марки АСТ-Т отличается износостойкостью и химической стойкостью. В ремонтной практике ее применяют для восстановления посадочных мест под подшипники качения и скольжения, резьбовых соединений деталей из пластмасс, заделывания трещин и др. Стиракрил марки ТШ образуют путем смешивания полимера (порошка) и мономера (жидкости) в пропорции 1 : 1. Полученный однородный раствор способен затвердевать при комнатной температуре и атмосферном давлении. Пластмасса марки ТШ прочно сцепляется с восстанавливаемой металлической деталью, обладает хорошей износостойкостью и сопротивляемостью коррозии. Ее применяют для восстановления изношенных деталей, которые работают при статических нагрузках (без ударов). На рис. 2.27, *а* показан шляпочный колосник, восстановленный холоднотвердеющими реактопластами.

Из термопластичных пластмасс в ремонтной технологии чаще всего применяют капроновую смолу (капролактам, капрон) марок А и Б. Применяют и другие полиамидные смолы (например, марок П-6, П-68, П-54, АК-7 и др.). Нанесение покрытия из капрона на восстанавливаемую деталь производят литьевым способом или напылением.

При литьевом способе восстанавливаемую деталь обезжиривают в горячем растворе (75—90 °С), состав которого, г на 1 л воды: кальцинированная сода 50, едкий натр 10, тринатрийфосфат 30. Обезжиривание производят в течение 5 мин, затем деталь промывают горячей водой, фосфатируют, снова промывают водой, сушат и устанавливают в пресс-форму, размещенную в литьевой машине.

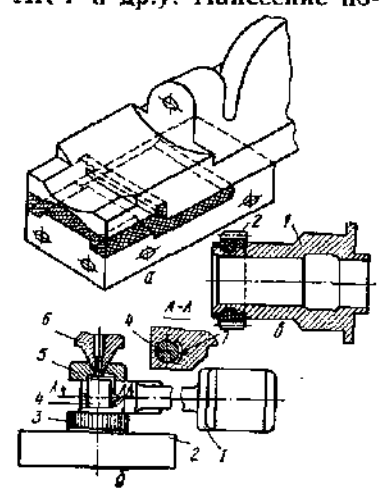


Рис. 2.27. Восстановление изношенных деталей пластмассовым покрытием

Капрон в измельченном виде, засыпанный в бункер литьевой

машины, подается к электронагревательной части машины, где он расплавляется и отдельными порциями под давлением впрыскивается в пресс-форму. После некоторой выдержки давление снимают, раскрывают пресс-форму и извлекают из нее восстановленную деталь. Для повышения качества покрытия деталь подвергают термической обработке, выдерживая ее в течение 10—20 мин в подогретом масле (180 °С). После такой термической обработки износостойкость капронового покрытия возрастает в 2—4 раза.

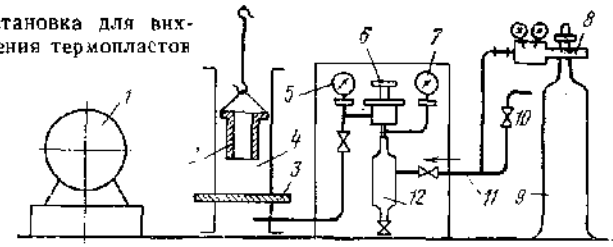
Описанным литьевым способом восстанавливают различные вкладыши, втулки, зубчатые колеса и др. Например, на рис. 2.27, *б* показано применение литьевого способа для восстановления вкладыша цилиндровой стойки вытяжного прибора хлопкопрядильной машины. На стол *2* литьевой машины (пресса) устанавливают нижнюю часть пресс-формы *3*, на которую укладывают восстанавливаемую цилиндровую стойку *1*. В отверстие стойки вставляют знак (стержень) *4*, диаметр которого по номиналу соответствует диаметру шейки цилиндра. Сверху укрепляют крышку *5* пресс-формы с центральным отверстием для заливки. Пресс-форма собрана так, что по всему пути следования жидкого капрона оставлены каналы (литниковая система) и отверстия для удаления воздуха. Сопло *6* литьевой машины упирают в отверстие крышки и впрыскивают расплавленный капрон. Место заливки вкладыша имеет форму *7*. После некоторой выдержки пресс-форму разнимают, удаляют литники и наплывы. Залитый слой достаточно тонок, что обеспечивает хороший отвод тепла и высокую несущую способность вкладыша при эксплуатации.

Различают следующие наиболее распространенные виды напыления полиамида на деталь: вихревой, вибрационный, газопламенный и электростатический. Достоинствами этих видов напыления являются: простота применяемого оборудования, малые потери материала, равномерность покрытия. Напылением можно нарастить поверхности деталей сложной формы, в том числе и те, которые имеют глухие отверстия.

Для ремонта деталей напылением применяют порошкообразный полиамид. Для его получения можно переработать капрон, капролон и другие полиамидные смолы, выпускаемые в виде гранул, а также отходы капрона и капролона в виде нитей, пленок и обрезков, остающихся после переработки. Обычно порошки получают переосаждением путем растворения полиамидов в растворителях (мономер-капролактам и ледяная уксусная кислота) и последующего осаждения их в виде порошка при охлаждении раствора или введения осадителей.

Напыляемые поверхности ремонтируемой детали не должны иметь резких переходов и острых углов: на таких поверхностях напыленный слой плохо удерживается. При подготовке деталей к напылению с изношенных поверхностей вручную или

Рис. 2.28. Установка для вихревого напыления термопластов



на станке снимают тонкий слой металла с целью придать им необходимую форму и размеры, а также шероховатость. Затем поверхности обезжиривают (см. с. 75). Стальные детали для лучшей сцепляемости подвергают при комнатной температуре фосфатированию в растворе следующего состава, г на 1 л воды: соль «Мажеф» 50, азотнокислый цинк 92, фтористый натрий 3. Длительность выдержки 1 ч. После этого детали промывают проточной водой, нейтрализуют 5 %-ным раствором кальцинированной соды и повторно промывают.

Покрываемые поверхности детали должны быть сухими, совершенно чистыми, свободными от жировых загрязнений. Поверхности, которые не будут подвергаться напылению, защищают слоем жидкого стекла, кремнийорганического лака, фольгой или асбестом, а отверстия заглушают металлической пробкой. Перед напылением ремонтируемую деталь нагревают до температуры, превышающей температуру плавления полиамида на 15—30 °С. Нагрев необходим для создания в детали запаса тепла, требуемого для расплавления напыленной пластмассы. Детали нагревают в термостате или в специальном шкафу лабораторного типа. Для сокращения времени нагрева иногда практикуют кратковременный (в течение нескольких минут) нагрев детали при температуре печи 600—900 °С. Крупные детали нагревают при помощи тока высокой частоты. Перед нанесением полиамидного слоя термопарой или термочувствительными карандашами измеряют температуру ремонтируемой детали.

Покрытие наносят в установке (аппарате) для **вихревого напыления** (рис. 2.28), которая представляет собой камеру напыления *4*, перегороженную пористой перегородкой *3*. В верхнюю часть камеры засыпают предварительно высушенный полиамидный порошок (толщина слоя 80—100 мм), а в нижнюю подают под давлением (0,03—0,04 МПа) инертный газ (азот) из баллона *9*. Система снабжена редуктором давления *8* с манометрами, масловодоотделителем *12*, регулятором давления *6*, манометрами *5* и *7* и воздушной сетью *11* с краном *10*, а также термостатом *1*. Под действием подаваемого газа образуется равномерный псевдоожиженный слой полимерного порошка, в который опускают предварительно нагретую

ремонтируемую деталь 2. Частицы полимерного порошка попадают на нагретую поверхность детали, прилипают к ней, плавятся за счет тепла нагретой детали и обволакивают ее поверхность равномерным слоем.

Деталь, имеющую цилиндрическую форму, располагают так, чтобы ее геометрическая ось оказалась параллельной потоку взвихренных частиц порошка. При более сложной форме деталь периодически перемещают в разных направлениях, что обеспечивает ее равномерное покрытие полимерным слоем. В вихревом слое деталь выдерживают в течение 10—20 с, за это время наносится слой толщиной 0,2—0,4 мм. В пересчете на толщину покрытия, равную 0,1 мм, расход полимерных порошков составляет в среднем 90—130 г на 1 м² поверхности детали.

Тонкостенные детали с большой площадью поверхности быстро остывают, вследствие чего не вся нанесенная масса полиамидного слоя оказывается расплавленной. Поэтому такие детали подогревают вторично в течение 5—10 мин, что вполне достаточно для полного оплавления налипшего порошка. Наиболее прочное сцепление (адгезионная связь) получается при напылении полиамидного слоя на стальную деталь, наименее прочное — при напылении на латунную и бронзовую. При качественном напылении полиамидного порошка на стальную деталь прочность соединения на отрыв равна 12—15 МПа.

Если деталь после напыления охладить на воздухе, то ее поверхность может стать бугристой и непригодной для работы. Чтобы избежать этого, деталь сразу после напыления переносят в масляную подогретую ванну (110—130 °С) и постепенно охлаждают. Такая термическая обработка одновременно повышает твердость полимерного покрытия.

Пластмассовое покрытие не должно иметь трещин и вмятин: небольшие вмятины, трещины и другие дефекты, видимые только в лупу, должны быть заплавлены электропаяльником. Толщину покрытия проверяют магнитным толщиномером (например, типа ИТП). Качество сцепления покрытия с основанием проверяют простукиванием подвешенной детали: при плохом сцеплении деталь издает глухой звук. Забракованное покрытие удаляют путем выжигания.

Полиамидный порошок можно наносить на нагретую деталь также вибрационным и газопламенным способами.

Вибрационный способ отличается от вихревого тем, что при вихревом способе полиамидный порошок поддерживается во взвешенном состоянии потоком газа, а при вибрационном — колебаниями, возбуждаемыми электровибратором. Вибрационный способ применяют для нанесения покрытия на внешние поверхности металлических деталей. Точные размеры и форму покрытию придают механической обработкой, выполняемой режущими инструментами на станках.

Газопламенный способ напыления заключается в том, что струю воздуха со взвешенными в ней частицами порошкового полимерного материала пропускают через пламя газовой горелки. Частицы полимерного порошка находятся в среде горячих газов в течение сотых или тысячных долей секунды, но этого времени достаточно, чтобы они нагрелись до 120—150 °С и выше и перешли в пластическое состояние. В таком виде они наносятся на предварительно нагретую поверхность детали и схватываются с ней. Толщина покрытия может колебаться от долей миллиметра до нескольких миллиметров. В зависимости от требуемой толщины покрытие наносят в один или несколько слоев. Газопламенное напыление используется для нанесения полимерного покрытия на крупногабаритные детали. Для этого способа применяют установку типа УПН.

Все описанные способы нанесения полимерных покрытий требуют предварительного подогрева восстанавливаемой детали до температуры, превышающей температуру плавления материала покрытия.

Способ нанесения тонких покрытий в электростатическом поле свободен от этого недостатка. Сущность способа заключается в том, что напыляемые частицы электризуют, затем придают им направленное движение по силовым линиям электростатического поля и после этого осаждают на поверхности восстанавливаемой детали. Процесс нанесения можно регулировать, автоматизировать и интенсифицировать. Покрытия по толщине получаются очень равномерными. Слой можно наносить на холодные и труднодоступные поверхности.

Существует три основных способа электризации частиц наносимого порошка: ионный, контактный и индукционный. Наиболее эффективным способом электризации является ионный, который осуществляется в поле униполярного коронного разряда.

Ионную электризацию используют при нанесении на деталь порошков в ионизированном кипящем слое (схема установки показана на рис. 2.29). Холодную восстанавливаемую деталь погружают в псевдоожиженный слой порошкового полимера, который находится под воздействием коронного разряда электрического поля высокого напряжения. Частицы порошка заряжаются и под действием электростатических сил равномерно оседают на поверхности детали. После этого деталь перемещают в электрическую оплавительную печь, где нанесенный слой сплавляется, в результате чего на восстанавливаемой детали образуется покрытие из полимерного материала.

Ремонт деталей клеями. Клеевой способ ремонта деталей

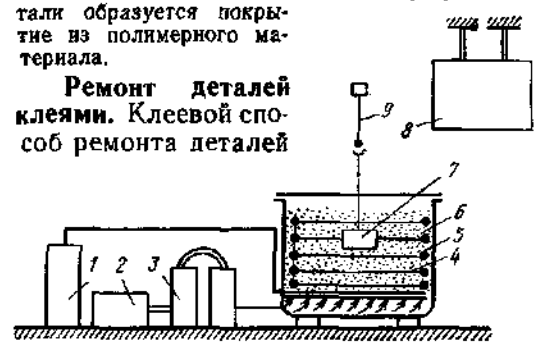


Рис. 2.29. Установка для нанесения полимерного покрытия в электростатическом поле:

1 — источник высокого напряжения; 2 — компрессор; 3 — масловодоотделитель; 4 — система коронирующих электродов; 5 — ванна; 6 — ионизированный кипящий слой; 7 — покрываемая деталь; 8 — оплавительная печь; 9 — опускное устройство

является доступным, технологичным и надежным. При помощи клеев восстанавливают детали с самыми разнообразными неисправностями: у поврежденных тонко- и толстолистовых деталей заделывают поры, трещины, вмятины, пробоины, раковины, а также склеивают разбитые части; у неисправных неподвижных соединений приклеивают втулки, кольца подшипников качения, шпильки, оси, наклеивают фрикционные накладки, производят стопорение резьбовых деталей; у изношенных деталей восстанавливают отверстия втулок и подшипников скольжения, валов.

В ремонтной практике чаще других синтетических клеев применяют клеи типа БФ (спиртовые растворы термореактивных смол). Клей БФ-2 используют для склеивания металлов и неметаллических материалов, работающих при температурах в пределах 60—80 °С. Клей БФ-4 обладает большой вибростойкостью и хорошей сопротивляемостью коррозии в щелочных средах. Клей БФ-6 отличается хорошей эластичностью и применяется для склеивания тканей, фетра, резины. Близки по свойствам к описанным и клеи марок ВС-10Т и ВС-350. Клей марки 88Н применим для склеивания вулканизированной резины с металлом при нормальной температуре.

Синтетические смолы на эпоксидной основе также широко распространены в ремонтной практике и обладают рядом положительных свойств: хорошей адгезией (способностью прилипать) к различным материалам; малой усадкой при отверждении (0,15—0,4 %); способностью отверждаться при температурах 15—100 °С без приложения давления; химической стойкостью в различных средах; водостойкостью; повышенными физико-механическими свойствами в отвержденном состоянии и др.

В качестве основных компонентов клей кроме эпоксидной смолы содержит пластификатор, наполнитель и отвердитель. В табл. 2.3 приведены составы и свойства клеевых композиций (на основе смолы ЭД-6), применяемых при ремонте различных деталей (для ремонта чугунных деталей применяют составы 1 и 4, стальных деталей — состав 2, алюминиевых — состав 3, пластмассовых деталей — состав 5).

Таблица 2.3

Номер состава	Компоненты (масс. ч.)									Свойства	
	смола ЭД-6	дибутилфталат	чугунный порошок	окись железа	графит	алюминиевая пудра	молотая слюда	этрол	полиэтиленполиамин	среднее напряжение при сдвиге, МПа	теплостойкость, °С
1	100	15	150	—	—	—	20	—	10	180	83—112
2	100	15	—	150	—	—	20	—	10	110	86—106
3	100	15	—	—	—	20	—	—	10	135	83—128
4	100	15	—	—	50	—	—	—	10	155	—
5	100	15	—	—	—	—	—	90	10	157	50

Детали, работающие при повышенных температурах (до 120 °С), ремонтируют клеем, в состав которого введена стеклянная пудра или молотая слюда (30—60 мас. ч.).

Перед применением эпоксидной смолы из нее удаляют влагу, подогревая при температуре 120—160 °С в течение 1—2 ч. После подогревания смолу отвешивают в требуемом количестве, вводят в нее пластификатор и тщательно перемешивают. При перемешивании вводят требуемое количество наполнителя и в течение 10—15 мин прогревают при температуре 80—100 °С для удаления пузырей воздуха, оказавшегося в массе при введении наполнителя. Затем клеевую массу, непрерывно помешивая, охлаждают до 20 °С и вводят в нее малыми дозами полиэтиленполиамин или другой отвердитель холодного отверждения. Отвердитель горячего отверждения предварительно расплавляют и после этого вводят в клеевую массу, разогретую до 60—70 °С.

Поверхности деталей, подлежащих ремонту клеем, подготавливают слесарно-механическими способами: обработкой на металлорежущем станке; зачисткой абразивной шкуркой; обработкой напильником, шабером, металлической щеткой; дробеструйной обработкой. Выбор того или иного способа подготовки зависит от материала ремонтируемой детали, ее конструкции и размеров.

Подготовленную таким образом деталь обезжиривают бензином марки Б-70 или ацетоном, выдерживают на воздухе при температуре 15—20 °С в течение 5 мин и затем волосяной щеткой промывают в 10 %-ном горячем растворе моечного препарата ОП-7 в воде, прополаскивают проточной водой и сушат при температуре 70—100 °С в течение 10—15 мин до полного удаления следов влаги. Деталь считается достаточно обезжиренной, если капля воды хорошо смачивает ее поверхность.

На поверхность детали, подготовленной к ремонту, шпателем наносят слой клея. На деталях, где требуется получить нужный размер без последующей механической обработки нанесенного слоя (например, гнезда под подшипники, сферические поверхности и др.), специальной оправкой либо новой деталью калибруют еще не окончательно отвержденный слой (через 0,5—1 ч после его нанесения). Разделительный слой, применяемый в этом случае, представляет собой 10 %-ный раствор синтетического каучука в толуоле, приготовленный следующим образом: отвешивают 10 г каучука, разрезают на мелкие частички и укладывают в посуду с герметично закрывающейся пробкой, заливают 90 см³ толуола и оставляют для набухания и растворения в течение 3—4 сут.

После калибровки деталь выдерживают до полного отверждения нанесенного материала при температуре 20 °С в течение 24 ч, а при 60 °С — в течение 4—5 ч и затем производят слесарно-механическую обработку отвержденного на детали слоя синтетического материала до требуемой формы и размера. В заключение проводится технический контроль с помощью измерительного инструмента и лупы четырехкратного увеличения. Размеры детали должны строго соответствовать рабочему

чертежу. Само покрытие должно быть ровным и плотным, без трещин и раковин.

На ремонтном посту необходимо иметь аптечку, в которой находятся: три банки емкостью по 0,5 л с плотно закрывающимися крышками и три тюбика по 150—200 г, заполненные различными клеевыми композициями (для ремонта стальных, чугунных и алюминиевых деталей); флакон емкостью 200 г с отвердителем — полиэтиленполиамином; мерники на 5 и 10 г; две пипетки для введения отвердителя при использовании эпоксидных композиций из тюбика; стальная линейка длиной 200 мм; три ванночки для смешивания эпоксидных композиций с отвердителем (размерами 200 × 100 × 20, 100×50×10 и 75 × 25 × 10 мм); два металлических шпателя; волосяная кисточка № 3; ножницы 150 мм; нож; фляга с ацетоном емкостью 1 л; пять бумажных стаканов емкостью 100—150 г; стеклоткань в виде полосы размером 100 × × 2000 мм; бязь в виде полосы 100×1000 мм; киперная лента (20×2000 мм); одна пара резиновых перчаток; один флакон жидкого мыла (200 г); бумажные салфетки (100 шт.); крем для рук в тюбике; фляга емкостью 200 г, заполненная этилцеллюлозой для удаления случайно попавших на кожу капель смолы или отвердителя; защитные очки; фляга емкостью 200 г с раствором борной кислоты; один пакет бинта шириной 100 мм.

Для подготовки деталей под склеивание слесарно-механическими способами и обработки их после склеивания необходим следующий комплект инструментов: пневматическая или электрическая ручная сверлилка; фрезы торцевые разные диаметром 6—25 мм; металлические круглые щетки (2 шт.); пеналы со спиральными сверлами диаметром 2—6 мм; наждачные круги диаметром 25 и 50 мм (2 шт.); слесарный молоток массой 0,5 кг; зубила (2 шт.); кернер, бородок, плоские напильники; раздвижной вороток; ручная ножовка по металлу; отвертки с шириной лезвия 3 и 6 мм (2 шт.); лупа четырехкратного увеличения; защитные очки.

Ниже приводятся примеры ремонта деталей при помощи клея.

Заделка трещин. В корпусных деталях во время эксплуатации иногда возникают трещины, вследствие чего нарушается герметичность корпусов, начинается протечка масла или возникают другие неисправности.

В этом случае при ремонте сначала разделывают трещину под V-образный шов (угол раскрытия 60—70°) на глубину 2—3 мм; по концам трещины сверлят отверстия диаметром 2,5—3,5 мм; поверхность по обе стороны трещины зачищают шкуркой или щеткой до металлического блеска. Подготовленную трещину промывают ацетоном и через 10—15 мин (после испарения растворителя) наносят эпоксидный клей, который хорошо уплотняют шпателем.

Трещину заделывают и жгутом из стекловолокна, пропитанного эпоксидной смолой. Жгут укладывают в разделанный V-образный паз, прижимают гладким металлическим листом и выдерживают в течение 25—30 ч. После заделки трещины клеевой шов (рис. 2.30, *а*) обрабатывают любым режущим инструментом (шабером, напильником, фрезой и т. п.).

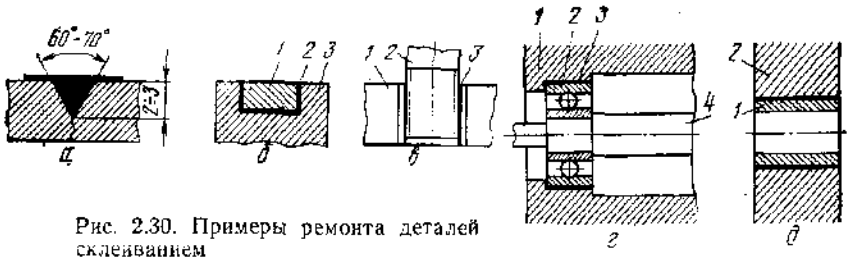


Рис. 2.30. Примеры ремонта деталей склеиванием

Заделка забоин и задиров. В различных направляющих в процессе работы возникают забоины или задиры. Детали с такими дефектами ремонтируют в следующем порядке. Сначала фрезерованием или строганием дефектному месту детали *3* придают форму канавки (рис. 2.30, *б*), в которой на клею *2* укрепляют наделку *1*, изготовленную с достаточной точностью из того же материала, что и ремонтируемая деталь. Высота наделки должна на 1—2 мм превышать глубину канавки. Соединяемые поверхности наделки и ремонтируемой детали промывают растворителем и покрывают слоем клея. Затем плотно притирают наделку к канавке и прижимают грузом, создающим давление 0,8—0,9 МПа. После отверждения клея производят окончательную обработку дефектного места детали до заданного размера.

Задиры, возникающие при износе трущихся поверхностей деталей, заделывают эпоксидным клеем и заглаживают. Поврежденный участок детали зачищают абразивным кругом или шабером и тщательно протирают растворителем. После испарения растворителя на поврежденное место наносят слой эпоксидного клея (замазки) так, чтобы он немного выступал над поверхностью детали. После отверждения клея заделанное место обрабатывают напильником, шлифовальным кругом и шабером.

Установка шпилек. В корпусных деталях шпильки ввинчивают на резьбе. В процессе работы машины соединение чаще всего расшатывается из-за износа нарезки в отверстии. При ремонте такого соединения (рис. 2.30, *в*) сначала металлическим ершом зачищают изношенную резьбу отверстия, а щеткой — резьбовой конец шпильки, после чего их дважды обезжиривают ацетоном и выдерживают при нормальной температуре в течение 8—10 мин. Затем на резьбу отверстия детали *1* и шпильки *2* наносят тонкий слой эпоксидного клея *3* (состав которого приведен в табл. 2.3), ввинчивают шпильку *2* до отказа и удаляют излишки клея, выдавленные из отверстия. Соединение выдерживают до момента отверждения клея и окончательно зачищают.

Закрепление подшипников в корпусных деталях. В неразъемных корпусах (гнездах) подшипники

качения и втулки скольжения обычно закрепляют за счет натяга. В процессе работы машины от регулярных сотрясений прочность неподвижного соединения указанных опор с корпусами постепенно ослабляется вследствие деформации контактных поверхностей. В результате опоры проворачиваются в своих гнездах и узел выходит из строя.

Ремонт такого узла производят в следующем порядке. Гнездо корпуса *1* (рис. 2.30, *г*) и наружное кольцо подшипника *2* зачищают и обезжиривают. Выждав некоторое время, пока улетучится растворитель, поверхности кольца подшипника и гнезда покрывают тонким слоем *3* эпоксидной смолы, аккуратно вставляют подшипник вместе с валом *4* в гнездо корпуса *1* и выдерживают до отверждения клея, а затем зачищают потеки клея. Так же поступают и при закреплении втулки *1* в гнезде корпуса *2* (рис. 2.30, *д*). Чтобы обеспечить необходимую соосность, опоры, в которых располагается вал, следует устанавливать одновременно.

Детали, восстановленные полимерными материалами, в некоторых случаях приходится обрабатывать режущими инструментами. Из-за низкой теплопроводности полимерного покрытия необходимо применять хорошо заточенные режущие инструменты и охлаждение сжатым воздухом или керосином. Например, точение производят твердосплавным резцом со скоростью резания в пределах 200—300 м/мин и подачи 0,15—0,2 мм/об.

Применяя различные полимерные материалы, особенно эпоксидные композиции, необходимо учитывать их огнеопасность и токсичность и строго соблюдать правила техники безопасности при обращении с ними.

ВЫБОР СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В текстильной и легкой промышленности широко практикуется централизованное восстановление деталей. При этом важен правильный выбор способа восстановления деталей, осуществляемый по технико-экономическому признаку, который может быть выражен формулой

$$C_в \leqslant KC_н,$$

где $C_в$ — стоимость детали, восстановленной данным способом; $K = T_в/T_н$ — коэффициент долговечности восстановленной детали; $T_в/T_н$ — срок службы соответственно восстановленной данным способом детали и новой; $C_н$ — стоимость новой детали.

В табл. 2.4 приведены примерные коэффициенты долговечности деталей, восстановленных различными способами (по Шадричеву В. А.). В таблице приняты следующие обозначения различных групп восстанавливаемых деталей: I — цилиндрические поверхности валов, сопряженные с подшипниками скольжения, работающие при статической (IА) и знакопеременной (IБ) нагрузке; II — цилиндрические поверхности валов и осей, сопряженные с бронзовыми втулками; III — цилиндрические стержни с возвратно-поступательным перемещением в направляющих; IV — фиксированные цилиндрические стержни, сопряженные с деталями, имеющими вращательное движение или возвратно-вращательное перемещение; V — цилиндрические поверхности деталей, сопряженные с внутренними кольцами подшипников качения по посадкам с гарантированным натягом; VI — то же по переходным посадкам; VII — то же по подвижным посадкам; VIII — шлицевые поверхности; IX — наружные резьбовые поверхности деталей класса валов.

Таблица 2.4

Группа восстанавливаемых деталей	Материал сопряженной детали	Коэффициенты долговечности деталей при восстановлении						
		хромированием	осталиванием	напылением	вибродуговой наплавкой	ручной электродуговой наплавкой	ремонтными размерами	дополнительными деталями
IА	Баббит	1,5	0,75	0,9	0,95	—	0,95	—
	Бронза	0,95	0,83	0,85	0,95	—	0,95	—
IБ	Баббит	1,25	0,85	0,6—1	0,8	—	0,9—1	—
	Бронза	1	0,8	—	—	—	0,9—1	—
II	Бронза	—	—	—	1	0,7—0,75	0,95—1	—
III	Чугун	2,5	0,83	—	—	—	0,95—1	—
IV	Чугун	1,5	0,9	—	—	—	—	—
	Бронза	0,64	0,57	—	—	—	—	—
V	Сталь шарикоподшипниковая	1,3—1,4	0,7—0,74	—	0,87—1	—	—	0,95
VI	То же	1,58	0,54	0,73	0,94	—	—	—
VII	»	—	—	0,74	1	0,9	—	—
VIII	Сталь легированная	—	—	—	—	0,64—0,75	—	—
IX	Сталь углеродистая	—	—	—	0,85—1	0,8—0,9	—	—

Ремонту (восстановлению) подвергаются разнообразные детали машин текстильной и легкой промышленности, подразделяемые на детали общего и специального назначения. Первые представлены почти во всех машинах: это валы, подшипники, шестерни, шкивы, цепи, пружины и т. д., а вторые являются специфичными для данного типа машины, например прядильные камеры, веретена, рифленые цилиндры, рогульки, барабаны, лопасти и др.

Эксплуатационные свойства восстановленных различными способами деталей неравноценны. Например, детали, восстановленные плазменной технологией, обладают высокой надежностью, в то время как восстановленные вибродуговой наплавкой имеют пониженную усталостную прочность, а восстановленные металлизацией — недостаточную прочность сцепления покрытия с поверхностью детали.

Следует отметить, что возможности таких традиционных способов восстановления, как наплавка, хромирование, осталивание, далеко не исчерпаны, и они могут быть усовершенствованы. Проводится большая работа по дальнейшему развитию

новых способов восстановления, какими являются плазменные и лазерные покрытия и упрочнение деталей, применение новых порошковых и полимерных материалов, использование принципов поверхностной пластической деформации (ППД) и др. Эти новые способы восстановления деталей особенно эффективны в условиях их централизованного ремонта.

ГЛАВА 3

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВАЛОВ

Валы, применяемые в машинах текстильной и легкой промышленности, бывают прямыми (например, главный вал прядильной машины, валы ткацкого станка, гладкий вал мездрильной машины) и фигурными (например, *главный вал ровничной машины, коленчатый вал ткацкого* станка, швейной машины). В современном оборудовании широко используются валы со шлицами. Размеры валов колеблются в широких пределах: по диаметру — 20—250 мм и более, по длине — 200—8000 мм и более. Масса некоторых из них, например вала ротора резиносмесителя, достигает 5 т.

Валы изготовляют из различной стали: конструкционной углеродистой обыкновенного качества марок Ст. 4, Ст. 5 или качественной углеродистой конструкционной марок 30, 40 и 50, а наиболее ответственные — из сортовой легированной конструкционной 20Х, 40Х и др. Многие валы вообще не подвергаются термической обработке, а у некоторых шейки и шлицы подвергаются поверхностной закалке токами высокой частоты.

В процессе работы валов возникают следующие типичные неисправности: остаточный прогиб местный и общий, трещины, поломки, износ трущихся поверхностей, износ и смятие шлицев, смятие шпоночных канавок, деформация мест под посадку других деталей, вытяжка или срыв резьбовых концов и др.

Погнутые валы

Погнутые валы чаще всего правят в холодном состоянии. Чтобы вал выправился, напряжения в нем в процессе правки должны значительно превышать предел упругости материала. Поэтому холодная правка сопровождается перераспределением внутренних напряжений, которые впоследствии остаются неуравновешенными, что и является главным ее недостатком. Однако холодная правка широко применяется при ремонте деталей машин, так как ее технология проще, чем технология горячей правки, и обеспечивает более высокую точность.

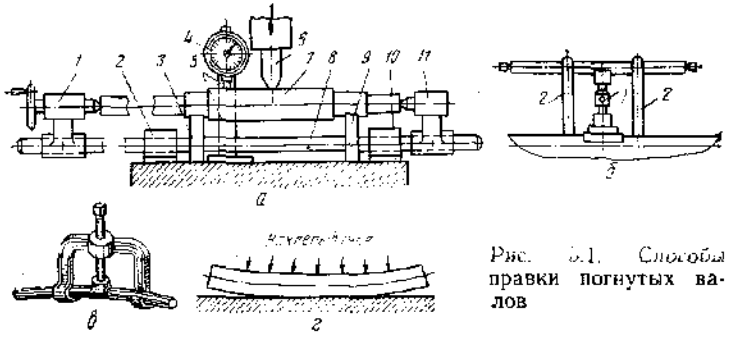


Рис. 3.1. Способы правки погнутых валов

Холодную правку производят *под прессом, снабженным* центрами или призмами (лучше всего использовать гидравлический пресс).

Правку под прессом осуществляют следующим образом (рис. 3.1, *а*). Вал *7*, имеющий центровые отверстия, закрепляют в центровых бабках *1* и *11* так, чтобы он легко мог в них проворачиваться от руки. Подведя к валу индикатор *4*, укрепленный на стойке *5*, и проворачивая вал *7*, выявляют место прогиба вала. Затем по обе стороны от места прогиба устанавливают жесткие призмы *3* и *9* и нажатием пуансона *6*, укрепленного в штоке пресса, выправляют вал. После этого вал снова проверяют индикатором *4*. Так поступают до тех пор, пока вал не будет выправлен полностью. Для правки валов различной длины в прессе предусмотрена возможность осевого перемещения центровых бабок *1* и *11* по штанге *8*, имеющей опоры *2* и *10*. По окончании работы бабки *1* и *11* могут быть повернуты вниз. Если правят вал, не имеющий центровых отверстий, его опорой служат только призмы 3 и 9. Для правильного выявления места прогиба вал должен опираться на призмы своими неповрежденными местами.

В случае, когда отсутствует пресс, правку можно производить на *токарном станке* с помощью домкрата *1* и крючьев *2* (рис. 3.1, *б*) или правильной скобой (рис. 3.1, *в*). Точность холодной правки указанными способами составляет 0,05—0,15 мм на 1 пог. м. Валы, имеющие небольшой прогиб (0,03—0,05 % длины вала), правят поверхностным наклепыванием. На рис. 3.1, *г* показаны места нанесения ударов (с целью создания поверхностного наклепанного слоя). Удары наносят пневматическим молотком, укрепленным в приспособлении.

Изношенные валы

Износу и смятию у валов подвергаются цапфы, поверхности под посадку шкивов, шестерен и других деталей, шпоночные канавки, шлицы, резьбовые

участки и пр. В результате трущиеся поверхности приобретают овальную, коническую, бочко- или седлообразную форму, шпоночные и шлицевые канавки становятся шире, вследствие чего шпоночное соединение ослабляется, в шлицевых соединениях возникают удары, резьба сминается, срезается, вытягивается и т. д. Изношенные валы восстанавливают различными способами, основными из которых являются: наращивание изношенной поверхности слоем металла наплавкой, напылением (металлизацией), гальваностегией; кольцевание (насадка на изношенную поверхность кольца); перевод механической обработкой размера вала в ремонтный.

Выбор способа ремонта определяют следующие условия:

1. Величина износа: если износ больше 2 мм, прибегают к наплавке или напылению (металлизации); при незначительном износе (до 0,15—0,2 мм) применяют гальваностегические способы нанесения слоя или перевод размера детали в ремонтный.

2. Условия работы вала: при ударной нагрузке вал наплавляют, металлизация имеет ограниченное применение; вал, работающий в коррозийной среде, покрывают слоем хрома, а для вала, работающего в активной износной среде, применяют наплавку сормайтом, электродом с марганцовистой или хромистой обмазкой.

3. Наличие средств ремонта: если ремонтно-механическая мастерская не располагает установками для напыления (металлизации) и наплавочных работ, применяют насадку ремонтных колец (втулок).

4. Наличие системы ремонтных размеров: если предприятие имеет разработанную систему таких размеров, то применяется перевод размера изношенного вала в очередной ремонтный размер путем переточки или перешлифовки.

5. Экономические соображения: при прочих равных условиях способ ремонта выбирают в зависимости от его стоимости и сроков службы деталей (см. с. 146).

Восстановление валов наплавкой. Изношенные поверхности валов (шейки, цапфы) должны быть подготовлены так, чтобы наплавленный слой получался одинаковой толщины, иначе этот слой легко отслаивается, особенно при конической и овальной форме износа.

Наплавку производят стальными электродами марок ЦМ-7, ОММ-5 или качественным электродом марки ЦН-250 (см. с. 108), дающим поверхность повышенной износостойкости. Сварочные валики наплавляют в порядке нарастания номеров (рис 3.2, *а*) или по спирали (рис. 3.2, *б*). Такая последователь-

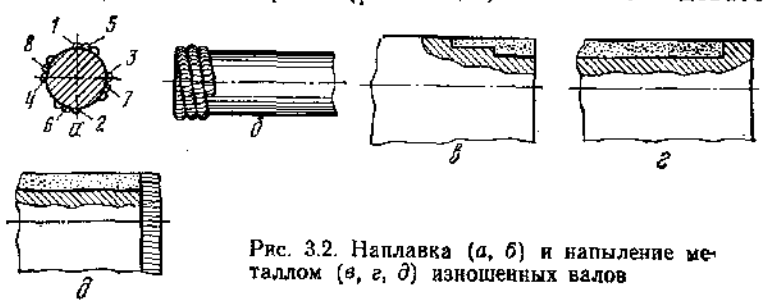


Рис. 3.2. Наплавка (*а*, *б*) и напыление металлом (*в*, *г*, *д*) изношенных валов

ность необходима, чтобы предотвратить коробление вала при наплавке (см. с. 97). Перерывы в процессе наплавки (на поворачивание детали, очистку валиков) способствуют выравниванию температуры сварки и частично предохраняют детали от коробления.

Смятую или сорванную резьбу наплавляют после снятия ее резцом. При наплавке следует предусмотреть большой припуск для механической обработки, чтобы резьба получилась чистой. Резьбу восстанавливают также контактной приваркой проволоки.

При централизованном ремонте валов наплавку изношенных мест эффективнее производить автоматически под слоем флюса на специальных станках (см. с. 86) или вибродуговым (см. с. 89) способом.

Шлицы валов изнашиваются по ширине (до 1—1,2 мм) и по центрирующему диаметру (до 0,1—0,2 мм). Восстанавливают такие валы электродуговой наплавкой. Впадины между шлицами (средними и мелкими) заплавляют поочередно на диаметрально противоположных его сторонах. Наплавку производят электродами марок ОЗН-300, ОЗН-350 и другими диаметром 3—4 мм при постоянном токе и обратной полярности (сила тока 200—250 А). Наплавку ведут в продольном направлении так, чтобы наплавленный слой выступал над поверхностью шлица на 1—1,5 мм. Наплавленный вал подвергают отжигу в высокочастотной электропечи, после чего его обтачивают твердосплавным резцом марки Т15К6, фрезеруют и калибруют, пользуясь роликовым раскатным устройством (при такой обработке не нужен шлицешлифовальный станок). Этим раскатным устройством можно воспользоваться при восстановлении шлицев с малым износом. В основе работы раскатного устройства лежит метод пластической деформации.

Восстановление валов металлизацией. Подготовка поверхности валов под металлизацию необходима для устранения искажений ее геометрической формы (овальности, бочкообразности и др.) и увеличения шероховатости. При подготовке поверхности вала на ней нарезают рваную резьбу (шаг 0,8—1,2 мм, глубина 0,5—0,8 мм; см. с. 119). На поверхности не должно быть масляных пятен и других загрязнений, поэтому резьбу нарезают за один проход всухую, а затем подвергают пескоструйной обработке.

При износе цапфы на конус поверхность под металлизацию должна иметь ступенчатую форму (рис. 3.2, *в*), чтобы цапфа не ослаблялась и сохранялся напыленный слой.

Для предохранения поверхности от выкрашивания и усиления концевой части делают предохранительные буртики проточкой или обваркой (рис. 3.2, *г*, *д*) или нарезают шлицы.

Для напыления цапф и шеек применяют стальную проволоку ($d = 1,5$ мм), содержащую 0,4—0,6 % углерода (сталь

марки 50), а для покрытия мест под насадку шкивов, шестерен и т. п. — малоуглеродистую стальную проволоку с 0,1—0,2 % углерода (сталь марок 10 и 20). Если требуется получить твердую поверхность, используют проволоку с 1—1,2 % углерода. Металлизационный пистолет закрепляют в суппорте станка или в специальном приспособлении на расстоянии 75—80 мм от вала. Геометрическая ось металловоздушной струи (конус распыла) должна находиться несколько выше линии центров станка. Механический режим металлизации валов на токарных станках: окружная скорость вращения вала 10—15 м/мин, подача пистолета 2—2,5 мм/об. Электрический режим: сила тока 90 А, напряжение 35—40 В.

Если металлизации подвергается вал, имеющий сложную конфигурацию (коленчатый вал, вал с уступами, фланцами и т. п.), его сначала покрывают слоем напыленного металла в местах резких изменений сечения (углах, уступах), после чего с повышенной подачей наносят металл на остальную часть поверхности. Толщина слоя, наносимого за один проход, составляет примерно 0,7—1 мм для валов диаметром до 100 мм. Припуск на механическую обработку: под обточку 0,4—0,8 мм, под шлифовку 0,3—0,6 мм. Металлизированные валы обрабатывают на токарных станках обычным путем, но при назначении режима резания учитывают прочность сцепления напыленного слоя с основным металлом (см. с. 117).

Восстановление валов хромированием. При хромировании валов принимается следующий порядок работ: шлифование и полирование хромируемых поверхностей; изоляция мест, не подлежащих хромированию, экранирование острых граней и рельефных мест, зачистка шкуркой; подвешивание на рамки; электролитическое обезжиривание; промывка в горячей воде; анодное декапирование; хромирование; промывка в проточной холодной воде; нейтрализация в щелочном растворе; промывка в горячей воде; снятие деталей с рамки (демонтаж); промывка в горячей воде на сетках; контроль; механическая обработка хромированной поверхности (в случае необходимости).

Рассмотрим основные из перечисленных операций. Шлифование и полирование, применяемые для исправления формы изношенной и смятой поверхности (устранение овальности, конусности, задиров, царапин и пр.) и доведение ее до требуемой чистоты обработки, производят на круглошлифовальном или токарном станках, оснащенных шлифовальным приспособлением. Поверхности, не подлежащие хромированию, изолируют цапонлаком и резиновым клеем или обертывают листовым целлулоидом. Резьбовые и другие резко выступающие поверхности экранируют дисками целлулоида, меди, стали или медной проволокой. Шпоночные канавки и различные отверстия изолируют свинцом. Подготовленные валы закрепляют в рамке-подвеске. На рис. 3.3 приведена схема подвески для хромирования валиков прядильных машин.

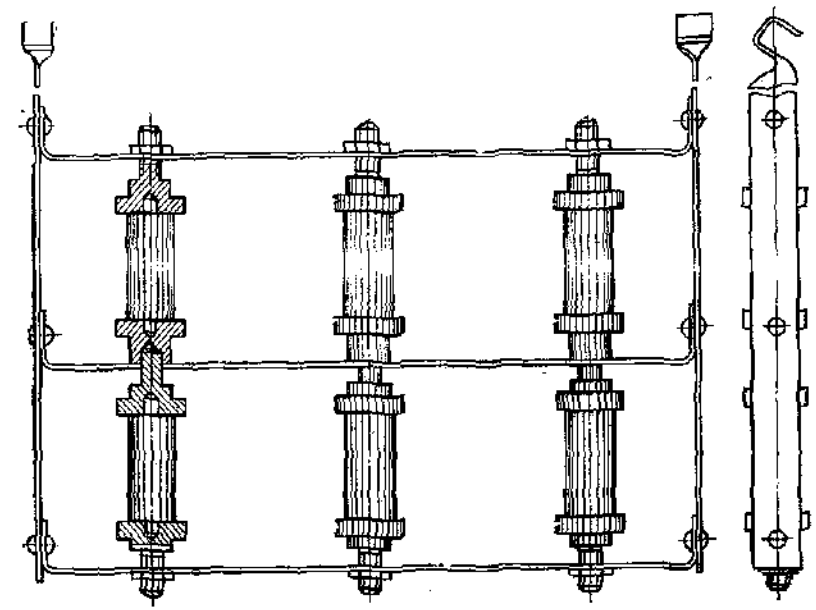


Рис. 3.3. Подвеска для хромирования валиков прядильных машин

Хромирование производится после анодного декапирования (см. с. 125).

Состав электролита, г на 1 л воды: окись хрома 150, серная кислота 1,5. Расход 2—2,5 кг/м² при толщине 0,07—0,08 мм на каждую сторону хромируемой поверхности. Режим хромирования: плотность тока 30—35 А/дм²; напряжение до 12 В; температура ванны 50—55 °С. Состав анода, %: свинец 90—93; олово 7—10. При хромировании валов диаметром до 50 мм аноды располагают с двух, а при хромировании валов большего диаметра — с четырех сторон. Расстояние между хромируемыми деталями составляет 2—2,5 диаметра детали.

Для хромирования крупных валов удобно пользоваться переносными компактными ваннами, позволяющими хромировать цапфы и шейки вала, не погружая в них деталь целиком. Переносную ванну *1* (рис. 3.4, *а*) надевают на то место вала *7*, которое должно быть покрыто слоем хрома, и хорошо изолируют кольцом *6* и обмазкой. Электролит *5* наливают на высоту несколько большую хромируемой шейки *а* или цапфы. Так как вентиляция такой ванны затруднена, электролит следует покрывать защитной жидкостью *2* (керосином, тщательно очищенным крепкой серной кислотой с последующей промывкой водой). На кольце из текстолита *3* укрепляют анод *4*. К валу подводят отрицательный, а к аноду положительный полюс.

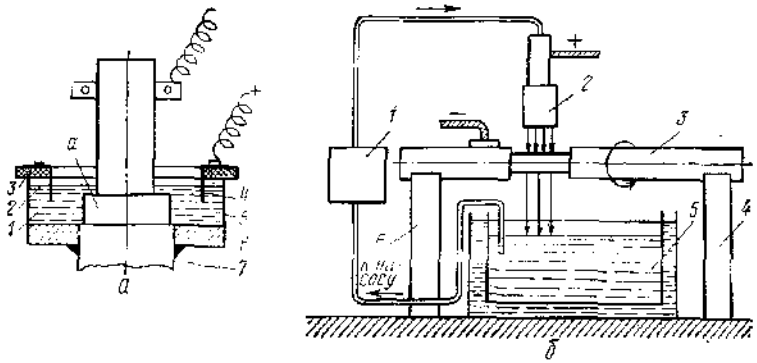


Рис. 3.4. Хромирование крупных валов с помощью переносной ванны (*а*) и струйным способом (*б*)

Для хромирования шеек и цапф крупных валов применяют также струйный способ. При этом способе электролиз хрома проводится в струе электролита по схеме, представленной на рис. 3.4, *б*. Ремонтируемый вал *3* располагают на опорах *4* и *6* и приводят во вращение со скоростью 7—8 м/мин электродвигателем через редуктор. Над хромируемой шейкой вала размещают свинцовый плоский наконечник — анод *2*, а под ней — ванну *5* для слива и забора электролита насосом *1*. Из плоского наконечника *2* хромируемую шейку вала *3* поливают подогретым электролитом. Процесс струйного хромирования ведут при высокой плотности тока (60—110 А/дм²). В ходе струйного хромирования удобно контролировать толщину покрытия и легче обеспечить равномерное осаждение покрытия, чем в стационарной ванне.

Об остальных операциях см. на с. 125.

Кольцевание изношенных валов. На изношенные цапфы насаживают цельные кольца (муфты), а на шейки — составные. При подготовке к кольцеванию изношенную цапфу протачивают для получения правильной формы и необходимого под соответствующую посадку размера. Минимальный диаметр проточенного места определяют расчетом цапфы на прочность.

Материал ремонтного кольца (муфты) — сталь марок 30 или 40. Внутренний его диаметр должен соответствовать диаметру проточенной части цапфы с учетом необходимого натяга при горячей посадке. Температура нагрева кольца 480—500 °С. После насадки кольцо *1* приваривают по окружности (рис. 3.5, *а*) электродами марок ЦМ-7 или ОММ-5 при токе 130—140 А. Затем кольцо (муфту) чисто протачивают поверху, причем швы обварки обрабатывают заподлицо с кольцом (муфтой), и шлифуют до нужного размера.

На некоторых предприятиях насаженные кольца (муфты) закрепляют сквозными штифтами. Это нецелесообразно, так как отверстие под штифт значительно ослабляет сечение цапфы.

Разъемные ремонтные кольца-муфты *1* (рис. 3.5, *б*) предварительно закрепляют на электрозаклепках *2*, а затем проваривают в указанных на рисунке местах *3* и *4*.

Иногда кольцевание применяют для предохранения тела вала от износа. Так, например, на некоторых кожевенных заводах с этой целью на вал диска

барабана «Гигант» насаживают стальное кольцо, которое в случае износа можно легко заменить новым.

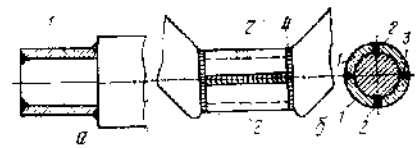


Рис. 3.5. Ремонт валов кольцеванием

Перевод размера вала в ремонтный. Искаженную форму шеек и цапф вала при переводе их в ремонтный размер можно исправить обточкой, обточкой с последующей шлифовкой или только шлифовкой. При значительном искажении формы сырые шейки или цапфы обычно обтачивают на токарном станке, а затем шлифуют. При небольшом искажении ограничиваются только шлифовкой. Допуск должен быть таким же, как у новых валов (его определяют по чертежу детали).

Пример. Для шеек вала установлены два ремонтных размера: первый $d_{p_1} = 44{,}5\,f7$ и второй $d_{p_2} = 44\,f7$. Соответственно этим размерам подбираются вкладыши с ремонтными размерами: первый $D_{p_1} = 44{,}5\,H7$ и второй $D_{p_2} = 44\,H7$.

Механическая и анодно-механическая обработка ремонтируемых валов. Цель механической обработки заключается в придании валам окончательной формы и размеров после сварки, наплавки, металлизации, хромирования, насадки и т. п., а также при переводе размера вала в ремонтный.

При выборе режима обработки резанием наплавленных и металлизированных валов необходимо учитывать следующее: твердость покрытий обычно выше твердости основного металла; наружные слои покрытий сильно загрязнены окислами, неметаллическими включениями и обладают низкими эксплуатационными свойствами (в работе легко выкалываются, неравномерно изнашивают подшипник и т. д.); поверхность покрытий неровная; прочность сцепления покрытия с основным металлом (особенно металлизированного) невелика. Все это вынуждает уменьшить скорости и глубину резания, а также подачу по сравнению с рекомендуемыми для обработки исходного материала детали.

Обтачивание. Обычно валы обтачивают на токарном станке в центрах. Поэтому забитые и искаженные центровые отверстия необходимо исправить, иначе при обтачивании и шлифовании вал может приобрести неправильные размеры и форму. При обтачивании надо удалять дефектные слои и неровности и обнажать здоровые слои покрытий, не нарушая связи между покрытием и основным металлом.

Наплавленные валы обтачивают твердосплавными резцами марки Т15К6. При черновой обработке глубина резания должна быть больше высоты неровностей и толщины дефектного слоя. При этом резец сохраняет нормальную стойкость, потому что работает по наплавленному металлу неискаженного строения. Рекомендуемые режимы обработки: черновое

обтачивание — глубина резания 1,5—2 мм, подача 0,2—0,6 мм/об, скорость резания 100—120 м/мин; чистовое обтачивание — глубина резания 0,5—0,6 мм, подача 0,1—0,15 мм/об, скорость резания 150—180 м/мин.

При черновом обтачивании металлизированных валов следует в первую очередь учитывать прочность сцепления покрытия с основным металлом, вследствие чего обтачивание надо вести с малым сечением стружки: глубина резания 0,2—0,5 мм, подача 0,1—0,2 мм/об, скорость резания 8—10 м/мин (резец из быстрорежущей стали) и до 30 м/мин (резец с пластинкой из твердых сплавов). Стойкость резца при обтачивании металлизированных покрытий в 2—4 раза ниже нормальной. Припуск на шлифовку составляет 0,2—0,4 мм.

Коленчатые валы для обточки шеек закрепляют в специальных приспособлениях — центросместителях. На рис. 3.6, *а* показан простейший центросместитель, рассчитанный на один радиус *R* кривошипа вала, а на рис. 3.6, *б* — универсальный.

Приспособление, показанное на рис. 3.6, *а*, состоит из двух планшайб *2* и *4* противовесов *7* и *6*. В центровых отверстиях укрепляют вал *3*, а смещенными отверстиями зажимают планшайбы в центрах передней *8* и задней *5* бабок токарного станка. *При вращении шпинделя передней бабки вал 3* приводится во вращение через поводковый палец *1*. В таком положении протачивают шейки вала. Когда надо проточить концевые цапфы, то обходятся без приспособления: вал укрепляют в центрах обычным способом, а для уравновешивания устанавливают лишь противовесы.

Универсальное приспособление (см. рис. 3.6, *б*) состоит из планшайбы *3* с направляющими планками *1* и *4* и передвижных салазок *5*. Планшайбу *3* навинчивают на конец шпинделя токарного станка. Патрон (*на рисунке не показан*), имеющий призматические губки, тремя винтами прикрепляют к салазкам *5*. В патроне закрепляют конец обрабатываемого вала. Салазки вместе с патроном перемещаются по направляющим планкам *1* винтом *2*. Величина смещения оси вала контролируется имеющейся на приспособле-

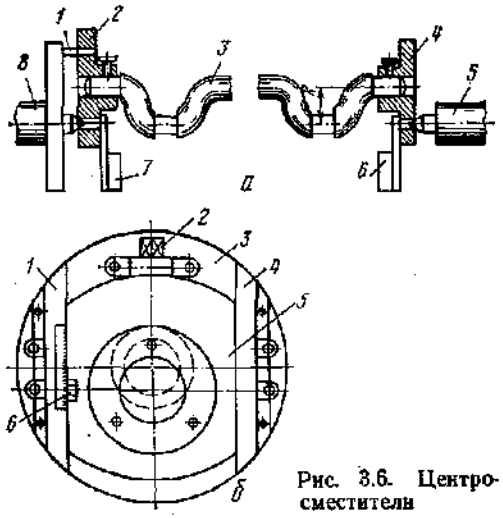


Рис. 3.6. Центросместители

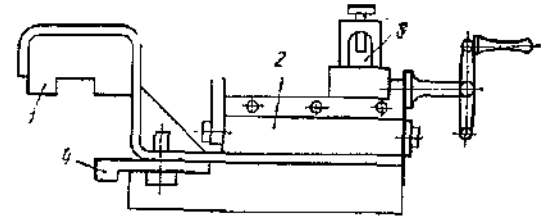


Рис. 3.7. Переносной суппорт для обтачивания крупных валов непосредственно на ремонтируемой машине

нии нониусной линейкой *6*. Для получения высокого качества обработки коленчатый вал должен быть уравневешен противовесами во избежание возникновения сильных вибраций.

Иногда тяжелые изношенные валы приходится обтачивать в ремонтный размер непосредственно на ремонтируемой машине. В таких случаях пользуются переносным суппортом с токарного станка (рис. 3.7). Суппорт *2* устанавливают на кронштейны *1*, которые планками *4* прикрепляют к корпусу машины. Обтачиваемый вал получает вращение от привода. Резец, закрепленный в резцедержателе *3* суппорта *2*, перемещают вручную вдоль шейки вала.

Шлифование и накатывание шеек и цапф. Восстанавливаемые прямые валы шлифуют на круглошлифовальных станках или на токарных, оснащенных специальными суппортно-шлифовальными приспособлениями (например, шлифовальными головками, показанными на рис. 3.8, *а, б*). Коленчатые валы шлифуют на тех же станках, причем поводковые шейки обрабатывают в центросместителях указанных выше типов. При шлифовании коленчатого вала диаметр круга должен в 2,2—2,5 раза превышать радиус колен.

Наплавленные, металлизированные и хромированные валы шлифуют мягкими кругами и кругами средней мягкости. Перешлифовку валов в ремонтный размер производят кругами средней твердости. В табл. 3.1 приведены режимы шлифования валов при ремонте. Если валы шлифуют на токарном станке, скорость вращения круга снижают на 15—20 % по сравнению с данными, приведенными в табл. 3.1, а при шлифовании

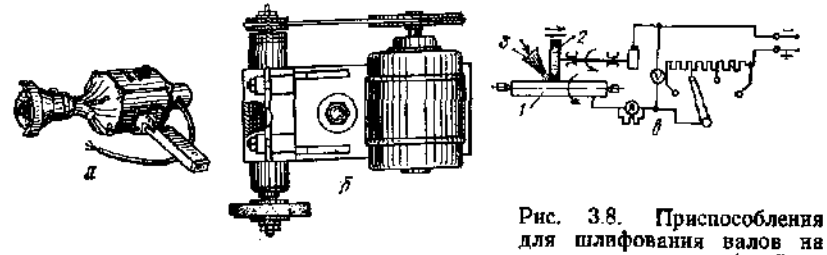


Рис. 3.8. Приспособления для шлифования валов на токарном станке (*а, б*) и схема анодного механического шлифования (*в*)

коленчатого вала скорость вращения детали и круга уменьшают на 10—20 %.

Для чистовой обработки валов, восстановленных хромированием, металлизацией, наплавкой и т. д., применяют также анодно-механическое шлифование. При этом методе обработки к поверхности вращающегося вала *1* (рис. 3.8, *в*), являющейся анодом, подводят вращающийся металлический (например, чугунный) круг *2*, который служит катодом. В место их контакта подают электролит (раствор силиката натрия в воде) *3*. Раствор ионизирован и при пропускании постоянного тока подвергается электролизу, оставляя на аноде (детали) вязкую

Таблица 3.1

Валы	Скорость вращения вала, м/мин	Скорость вращения круга, м/с	Глубина, мм	Подача, мм/об
Шлифуемые в ремонтный размер	9	30—35	0,02	7—9
Наплавленные	11—12	25—30	0,02	7—9
Напыленные	10—14	20—25	0,015	5
Хромированные	6—8	25—35	0,015	5—6

пленку из твердых кремнекислых отложений (окись кремния SiO_2). Эта пленка создает условие для сеточного контактирования электродов (детали *1* и круга *2*) по микровыступам анода (детали), что способствует интенсивному оплавлению его поверхности под тепловым воздействием тока большой плотности. Нерастворимая в воде кремнекислая пленка прочно лежит на поверхности детали и снимается лишь механическим действием вращающегося круга. Вместе с этим усиливается электролитическое растворение металла (главным образом выступов) на аноде (анодное растворение), чаще наблюдаемое при пониженных режимах тока.

Таким образом, анодно-механическое шлифование представляет собой сочетание электротермической эрозии и анодного растворения поверхностных неровностей металла. Образующаяся поверхность покрыта мелкими язвочками (глубиной 2—3 мкм) и остатками анодной пленки. Класс чистоты обработки 8—10 (3,2—0,8 мкм). Детали, подвергшиеся такому шлифованию, хорошо работают в условиях трения и особенно при тяжелых его режимах (например, смазочном голоде). Это объясняется наличием анодных пленок, играющих роль твердой смазки, и язвочек, в которых хорошо удерживается масло.

Анодно-механическое шлифование осуществляют при напряжении 6—12 В и токе 10—25 А (ширина металлического круга 25 мм). Процесс можно проводить на круглошлифовальном или токарном станке, снабженном шлифовальным суппортом.

Питание постоянным током установки для анодно-механического шлифования осуществляют от группы селеновых выпрямителей, включенных последовательно.

Из изложенного ранее можно заключить, что процессы восстановления с использованием самых распространенных способов (например, наплавок, гальванических осаждений и др.) хотя и обеспечивают получение качественных покрытий, в то же время вызывают некоторое снижение усталостной прочности, пористость, трещиноватость, неоднородность структуры в покрытии, наводороживание осажденного металла и другие явления, снижающие эксплуатационные свойства деталей. К этому следует добавить, что при шлифовании, которым обычно завершается процесс восстановления изношенных валов, вносятся дополнительные дефекты, такие, как прижоги, трещины и т. п., являющиеся дополнительными причинами разрушения детали.

Возникновение подобных дефектов может быть предупреждено применением способов поверхностного упрочнения покрытия, нанесенного на восстанавливаемую деталь. Из известных способов наиболее доступным является способ механической поверхностной пластической деформации (ППД), примером которого служит накатка поверхностей шеек и цапф валов гладкими роликами. Как отмечалось ранее (см. с. 133), у накатанных поверхностей предел усталости и износостойкость значительно выше, чем у ненакатанных. Особенно благоприятное влияние оказывает накатка в местах наибольшей концентрации напряжений (галтелях, переходах от одного сечения к другому и пр.). Накатывают чисто обточенные и шлифованные поверхности.

Для накатки применяют закаленный, хорошо доведенный ролик *1* (твердость 61—63 HRC, материал марки ШХ15), свободно вращающийся в специальном хвостовике *2* (рис. 3.9, *а*). Инструмент зажимают державкой *3* в суппорте токарного станка и сильно прижимают к накатываемой детали, вращающейся со скоростью 20—30 м/мин. Накатываемую поверхность обильно смазывают. При одностороннем нажиме одиночным роликом

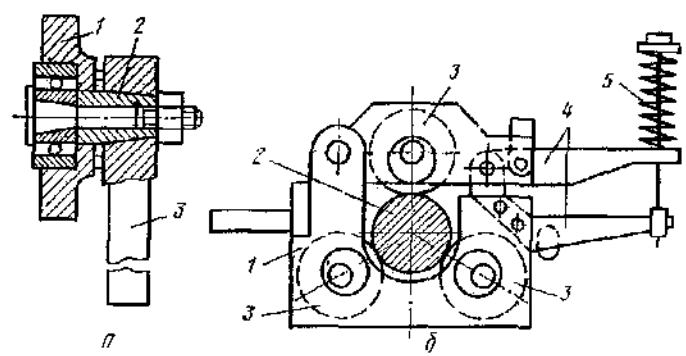


Рис. 3.9. Накатный ролик (*а*) и схема накатного приспособления (*б*)

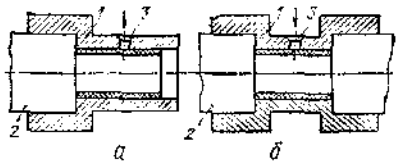


Рис. 3.10. Схемы пресс-форм:
а — цельная для заливки цапфы; *б* — разъемная для заливки шейки

деталь (особенно маложесткая) может прогнуться. Для предупреждения такого прогиба, а также с целью равномерного наклепывания детали применяют многороликовые накатные приспособления, устанавливаемые на токарном станке. На рис. 3.9, *б* приведена схема трехроликового накатного приспособления *1* и помещенной в нем шейки вала *2*. Ролики *3* через систему рычагов *4* прижимаются к шейке вала *2* при помощи пружины *5*. При накатке по чисто обточенной поверхности можно получить высокую гладкость — до 9-го класса чистоты.

При большой твердости покрытия вместо накатки роликами применяют выглаживание на токарном станке твердосплавной гладилкой цилиндрической формы, укрепленной в пружинящей державке.

Ремонт изношенных валов полимерными материалами. Валы с изношенными шейками восстанавливают также путем нанесения на них слоя полимерного полиамидного материала. В этом случае рабочие поверхности сопряженных подшипников скольжения могут быть выполнены не только из твердых антифрикционных материалов, но даже из закаленной стали. Такие сочетания трущихся пар называют обратными (или обращенными) в отличие от прямых, когда рабочая поверхность вала стальная, а рабочая поверхность подшипника выполнена из антифрикционного материала.

Обратная пара имеет ряд преимуществ: облегчается отвод теплоты трения; трущиеся поверхности изнашиваются меньше и более равномерно, чем в прямой паре; пластмассовое покрытие прочно удерживается на детали благодаря сжимающим усилиям, возникающим при остывании залитого слоя.

Изношенные цифры и шейки валов наращивают полиамидным материалом путем заливки в пресс-форму. На рис. 3.10 показаны схемы таких пресс-форм *1* с помещенными в них ремонтируемыми валами *2*. Заливку производят на вертикальной литьевой машине через отверстие *3*. Полиамидный материал предварительно высушивают до определенной влажности (0,2—0,3 %) и помещают для хранения в термостат. После заливки покрытия подвергают термической обработке (см. с. 135). При хорошем качестве пресс-форм покрытия получаются достаточно точными и деталь не требует механической обработки.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ

В машинах текстильной и легкой промышленности применяются подшипники скольжения и качения самых разнообразных конструкций. На предприятиях

ремонтируют только подшипники скольжения. Подшипники качения ремонтируют на специальных ремонтно-подшипниковых заводах, оснащенных специальным оборудованием.

Подшипники скольжения подразделяются на неразъемные (*со втулками или без них*) и разъемные (*с вкладышами или без них*). На некоторых машинах имеются открытые подшипники (например, опоры рифленых цилиндров прядильных машин).

Корпуса подшипников изготовляют преимущественно из чугуна, а втулки и вкладыши — из антифрикционного чугуна, бронзы, цинковых и алюминиевых сплавов, порошкового материала — металлокерамики, пластмасс и др. Применяются и биметаллические вкладыши и втулки, а также чугунные или стальные, залитые баббитом, бронзой, цинковыми, алюминиевыми и некоторыми другими антифрикционными сплавами. Встречаются подшипники, отлитые заодно с кронштейном (например, подшипники для вала лентоукладчика ленточной машины) или с рамами (например, подшипники некоторых типов ткацких станков).

Типичный дефект подшипников скольжения — износ трущихся поверхностей. В некоторых случаях обнаруживаются трещины, поломки и т. п. В зависимости от типа, размеров, материала и вида дефекта подшипники ремонтируют различными способами — металлизацией, заливкой антифрикционными сплавами или пластмассой, запрессовкой ремонтной втулки, заменой износившейся части, пластическим сжатием и др.

Газотермическое напыление (металлизация)

Металлизировать можно главным образом разъемные подшипники почти всех конструкций, а при наличии угловых наставок на металлизаторе можно восстанавливать и крупные неразъемные опоры. Металлизация улучшает антифрикционные свойства, повышает срок службы подшипников (особенно чугунных) и снижает затраты на их восстановление.

Способом металлизации можно наносить на трущуюся поверхность подшипника различные антифрикционные материалы (оловянистую, свинцовистую и другие виды бронзы, цинковые и алюминиевые сплавы). Расплавляя и распыляя различные металлы или биметаллы, удается получить высококачественные антифрикционные покрытия. Так, при распылении биметаллической проволоки, состав которой, %: 1) свинец 50, алюминий 50 или 2) цинк 80, алюминий 20, на подшипнике образуется слой, обладающий высокими антифрикционными свойствами и большим сроком службы.

При подготовке поверхностей подшипника или вкладыша под металлизацию, т. е. при устранении их овальности или

конусности путем расточки и нарезания рваной резьбы, следят за тем, чтобы стенки ремонтируемой детали не были чрезмерно ослаблены. Поэтому в случае большого износа металлизируемой опоры рваную резьбу нарезают без предварительной расточки.

Разъемные вкладыши подготавливают к металлизации следующим образом. Обе половинки соединяют хомутом или спаивают, тщательно выверяют и закрепляют в приспособлении на токарном станке, затем растачивают или, в случае большого износа, сразу нарезают с одного прохода рваную резьбу глубиной до 0,8 мм.

Разъемные подшипники, не имеющие вкладышей, стягивают болтами и зажимают в четырехкулачковом патроне. Если размеры или конфигурации подшипников не допускают закрепления в патроне, их закрепляют на каретке токарного станка, а резец — в борштанге. То же делают с неразъемными подшипниками.

Металлизатор с удлиненной угловой насадкой укрепляют в резцедержателе на специальной державке так, чтобы насадку можно было ввести внутрь металлизируемой опоры. Струя распыленного металла должна быть направлена нормально к внутренней поверхности детали. Прочность сцепления покрытия с основным металлом может оказаться недостаточной из-за короткого конуса распыла. Для увеличения прочности сцепления сначала наносят тонкий слой (0,5 мм) распыленного металла и последующими проходами доводят покрытие до требуемой толщины. Особенно тщательно наносят покрытие на внутреннюю поверхность детали около торцов. Затем покрывают распыленным металлом торцы и прилегающие к ним наружные поверхности. Повысить прочность сцепления можно также предварительным нагреванием детали.

Чугунные и бронзовые подшипники и вкладыши металлизируют бронзовой или биметаллической проволокой диаметром до 2 мм. Режим металлизации: напряжение 25 В, сила тока 75 А, давление сжатого воздуха 0,6 МПа, скорость вращения детали 8—10 м/мин, подача пистолета 2 мм/об. Разъемные вкладыши и подшипники металлизируют также в разъединенном виде вручную (не на станке), но в этом случае образуется слой неравномерный по толщине, что при расточке вызывает его выкалывание. Слой получается более равномерным по толщине, если при металлизации вручную для контроля пользуются шаблонами.

Металлизированные подшипники подвергают термической обработке в восстановительной среде при температуре нагрева 700—750 °С и выдержке 2—3 ч, что не только повышает прочность самого напыленного слоя и его сцепления с металлом детали, но и улучшает антифрикционные свойства и износостойкость детали. Установлено, что коэффициент трения подшипника, металлизированного свинцовистой бронзой и прошедшего термообработку в восстановительной среде, в 2,5 раза ниже, а износостойкость в 1,5—2 раза выше, чем эти же показатели для подшипника, металлизированного литой бронзой; при этом сопряженная стальная шейка вала изнашивается в 1,5 раза меньше.

При металлизации подшипники растачивают и развертывают, а разъемные вкладыши, кроме того, шабрят. Припуск на механическую обработку должен составлять 0,6—0,7 мм на сторону. При растачивании принимают меры для предохранения напыленного слоя от выкалывания. С этой целью тщательно выверяют растачиваемый подшипник (или собранные вкладыши) в патроне; первую стружку снимают с минимальным сечением (глубина резания 0,15 мм, подача 0,1 мм/об) при скорости резания 6—8 м/мин. В дальнейшем стружку можно снимать при глубине резания до 0,3 мм, подаче 0,2 мм/об и скорости резания 10—20 м/мин. Чтобы металлизированные подшипники в работе не выкрашивались, при растачивании необходимо снять фаски под углом в 45°, нигде не оставлять заостренных углов и предусмотреть припуск 0,06—0,1 мм на развертывание.

Развертывание производят хорошо заточенной разверткой с мелкими зубьями. Если развертка имеет крупные и затупленные зубья, в слое покрытия создаются повышенные напряжения и он может выкрашиваться. Шабрение разъемных вкладышей обычно проводят при сборке узлов и машины. После механической обработки металлизированные подшипники и вкладыши погружают на несколько часов в горячее минеральное масло (70—100 °С). Масло проникает в поры напыленного слоя и удерживается в них; если при работе подшипника смазка оказывается недостаточной, начинается подъем температуры, масло выступает из пор и предохраняет вал и подшипник от заедания.

Заливка цветными антифрикционными сплавами

В некоторых машинах применяются подшипники скольжения, залитые цветными антифрикционными сплавами, полимерным материалом и др. В случае износа слоя его приходится удалять и заливать подшипник новым слоем. К заливке иногда прибегают и при восстановлении чугунных и бронзовых подшипников.

Заливка опор бронзой. Бронзой заливают как новые, так и ремонтируемые (чаще стальные или чугунные) опоры. Это позволяет заменять цельные опоры комбинированными, чем достигается значительная (60—70 %) экономия бронзы. Главное достоинство бронзы заключается в ее повышенной прочности и износостойкости при хорошей антифрикционности, что дает возможность использовать бронзу и для заливки сильно нагруженных опор. Из всех сортов бронзы чаще других для заливки используется свинцовистая и безоловянистая (алюминиево-железистая). Опоры заливают вручную и центробежными способами.

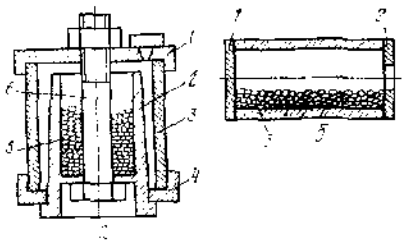


Рис. 3.11. Подготовка опор под заливку бронзой

Подготовка к заливке. Подготовка к заливке состоит из следующих операций: расточки для устранения следов износа и получения слоя бронзы необходимой толщины (3—4 мм на сторону); очистки от грязи и жиров промывкой в 25 %-ном растворе едкого натра; погружения в ванну с 3 %-ным раствором буры (70—80 °С) для предохранения очищенной поверхности от окисления на воздухе; сушки в сушильном шкафу (150—180 °С) с выдержкой в течение 15—20 мин; покрытия заливаемой поверхности тонким ровным слоем флюса (150 г буры, растворенной в 200 см³ воды и размешанной до густоты сметаны).

Ручная заливка. Подготовленную опору формуют под заливку, затем нагревают в печи. Одновременно в тигле расплавляют бронзу и заливают подогретую опору. После заливки опору охлаждают. При заливке свинцовистой бронзой опор из черных металлов бронза иногда плохо пристает к основанию из-за наличия на его поверхности окислов железа. Чтобы избежать этого, заливку свинцовистой бронзой следует производить в восстановительной среде.

Наиболее простыми восстановителями окислов железа являются углерод и его окись (CO). При подготовке под заливку опору формуют, как показано на рис. 3.11, *а*. Пустотелый металлический стержень *2* заполняют хорошо прокаленным древесным углем *5*. Наружную поверхность стержня, как и поддон *4*, покрывают слоем графито-асбестовой обмазки для предохранения их от приваривания бронзы. Заливаемую опору *3* со вставленными в нее стержнем *2*, поддоном *4* и крышкой *1* стягивают центральным болтом *6*. При нагревании формы до 850 °С выделяется CO и углекислый газ CO_2, которые, взаимодействуя с окисью железа, восстанавливают его. Благодаря этому заливаемая поверхность очищается от окислов, что обеспечивает условия для хорошего приставания бронзы к основанию.

Бронзу, расплавленную в тигле и раскисленную 0,3 %-ной фосфористой бронзой при 1100 °С, заливают через отверстие в крышке в зазор между опорой *3* и стержнем *2* подогретой формы. Залитую опору охлаждают обрызгиванием водой.

Центробежная заливка. Очищенную и зафлюсованную заливаемую опору (рис. 3.11, *б*) заполняют кусочками бронзы *3* и для создания восстановительной среды добавляют порошок из активированного древесного угля. С торцов к опоре приваривают крышки (стальные кружки) *1* и *2*, в одной из которых просверлено отверстие для выхода газов. В таком виде опору помещают в печь для нагревания до 1250 °С. После расплавления бронзы опору закрепляют в станке для центробежной заливки, сообщают ей вращение с частотой 800—1000 мин⁻¹ и охлаждают поверхность воздухом. Таким образом, внутренняя поверхность опоры покрывается ровным плотным слоем бронзы. Этот способ можно применять для заливки опор, имеющих стальной корпус.

При центробежной заливке свинцовистой бронзой наблюдается повышенная ликвация: во внутренних и внешних слоях бронзы свинец располагается неравномерно. Поэтому для центробежной заливки рекомендуется применять алюминиево железистую бронзу. Описанный способ центробежной заливки бронзой носит название печного и благодаря несложности и доступности является наиболее распространенным. Однако он малопроизводителен. Более производительными и совершенными являются следующие способы:

1. Центробежная заливка с расплавлением бронзовой шихты внутри подшипника (или втулки) при помощи нагревания токами высокой частоты. В этом случае подшипник (или втулку), заполненный бронзовой шихтой и закрытый с торцов крышками, укрепляют на шпинделе центробежной машины, на него надвигают медный индуктор и включают от установки ток высокой частоты. После расплавления внутри подшипника бронзовой шихты шпиндель машины приводят во вращение и после понижения температуры расплавленной бронзы до 700 °С останавливают.

2. Центробежная заливка с расплавлением бронзовой шихты внутри подшипника (или втулки) при помощи электрической дуги, которая образуется между трубчатыми латунными или бронзовыми электродами, введенными внутрь заливаемой опоры.

3. Центробежная заливка путем введения во вращающуюся опору предварительно расплавленной бронзы проводится аналогично центробежной заливке опоры баббитом.

Заливка цинковым сплавом. Цинковый сплав (например, марки ЦАМ10-5) обычно заливают по нелуженой поверхности подшипников. Подготовка вкладышей к заливке заключается в удалении изношенного слоя (баббита или цинкового сплава), очистке (стальной щеткой или пескоструйной обдувкой), обезжиривании (10 %-ным раствором едкого натра), травлении (соляной кислотой), промывке, сушке и формовке. Заливку цинковым сплавом можно производить и по оцинкованной поверхности. Оцинковку проводят в ванне с расплавленным цинком, содержащим 0,6—0,7 % алюминия, добавляемого с целью повышения жидкотекучести цинка.

Для получения сплава ЦАМ10-5 применяют: цинк марки 10 или Ц1; лигатуру алюминий — медь (состав, %: алюминий 66,7; медь 33,3); магний металлический. В графитовый тигель загружают всю необходимую лигатуру и две трети цинка (от общего его количества). Поверхность расплава (зеркало) покрывают древесным углем, вводят оборотный металл (лом и литники) и перемешивают сплав. Затем вводят подогретый металлический магний (при помощи толстой железной проволоки, на конце которой закреплен кусочек магния). При вводе магния температура сплава не должна быть ниже 660 °С, иначе

магний будет долго растворяться в сплаве. После этого добавляют оставшуюся треть цинка; температура жидкого сплава понижается до 440—450 °С. Затем сплав снова перемешивают, снимают с его поверхности весь уголь и шлак и заливают опоры.

Заливка ведется ручным или центробежным способом. Если слой заливают по оцинкованной поверхности, промежуток времени между оцинковкой и заливкой должен быть возможно меньшим (10—30 с), для того чтобы заливка происходила по жидкой оцинковке. Техника ручной и центробежной заливки вкладышей цинковым сплавом в основном такая же, как и при заливке другими сплавами. Твердость залитого слоя после остывания не должна превышать 110 НВ.

Заливка алюминиевым сплавом. Заливка алюминиевым сплавом может быть произведена только при механическом креплении слоя к заливаемому подшипнику, поэтому на заливаемой поверхности опоры необходимо сделать кольцевые канавки или нарезку. При этом следует избегать образования острых углов, так как вследствие большой усадки сплава в слое могут возникнуть трещины. Подготовленный таким образом подшипник очищают, обезжиривают, протравливают, промывают, формуют и затем подогревают. Сплав расплавляют в графитовом тигле и рафинируют хлористым цинком. Температуру сплава в тигле необходимо поддерживать в пределах 720—760 °С. При этой же температуре сплав заливают в опору.

Заливку можно производить вручную (при любом диаметре подшипника) или центробежным способом (при $d > 60$ мм). Для получения удовлетворительной структуры рабочей поверхности вкладыша необходимо, чтобы толщина заливаемого слоя была примерно вдвое больше толщины рабочего слоя подшипника после расточки. Залитый подшипник следует охлаждать со средней скоростью. После заливки слой надо уплотнить. Техника заливки алюминиевым сплавом такая же, как и при заливке другими сплавами. Твердость залитого слоя после охлаждения не должна превышать 80 НВ.

Использование полимерных материалов

Способ восстановления изношенных подшипников скольжения с помощью полимерных материалов все шире распространяется на предприятиях текстильной и легкой промышленности. Чаще всего восстановление сводится к запрессовке полимерной втулки с определенным натягом в предварительно расточенное тело подшипника или к заливке тела подшипника под давлением расплавленной массой полимера.

Из полимеров для изготовления втулок и заливки в тело подшипника применяют термопластичные материалы. Обладая

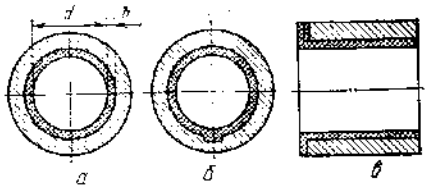


Рис. 3.12. Полимерная втулка в металлическом корпусе

хорошими антифрикционными, антиизносными и технологическими свойствами, термопластичные материалы имеют существенный недостаток — малую теплопроводность, которая препятствует отводу тепла через тело подшипника. По этой же причине желательно, чтобы толщина втулки (или залитого слоя) была минимальной. Однако при малой толщине стенки втулка оказывается недостаточно жесткой, что не обеспечивает должной надежности запрессовки. Поэтому отношение толщины h (рис. 3.12, *а*) полимерной (капроновой) втулки к диаметру вала d регламентировано и должно быть примерно равным 0,05. В процессе работы под влиянием релаксации прочность соединения полимерной втулки с металлическим телом подшипника постепенно снижается (уменьшается натяг) и может настолько ослабиться, что втулка начнет проворачиваться. Чтобы избежать этого, полимерную втулку дополнительно фиксируют в теле подшипника шпоночным выступом (рис. 3.12, *б*), буртом (рис. 3.12, *в*) или другим способом. В ряде случаев проще втулку закрепить в теле подшипника с помощью клея. Однако демонтаж втулки при ремонте подшипника в этом случае затруднен.

Термопласты имеют повышенные значения температурного коэффициента линейного расширения, и при работе нагрев полимерной втулки, запрессованной в тело подшипника, приводит к заметному уменьшению сборочного зазора. Поэтому начальный сборочный зазор следует задавать на 10—15 % выше обычного.

Полимерные втулки отливают главным образом из капрона, обладающего рядом эксплуатационных и технологических достоинств, например хорошими антифрикционными свойствами (даже в условиях среды, загрязненной абразивными частицами), доступностью для переработки, простотой технологии и др. Вместе с тем капрону присущи и недостатки: низкий модуль упругости, малая теплостойкость и недостаточная стабильность размера. Для втулок используются и другие полимерные материалы, например литьевой полиамид марки П-68, который отличается высокими антифрикционными свойствами, износостойкостью, сильным сцеплением с телом восстанавливаемого подшипника. Полиамид этой марки хорошо склеивается эпоксидными смолами, стоек в минеральном масле. Присадками талька повышают его прочность и антифрикционные свойства. Подшипники из полиамида марки П-68 с присадками обладают свойствами самосмазываемости.

Перспективным видом конструкционных термопластичных материалов являются ацетальные смолы типа СТД (сополимер триоксана с диоксаланом) и СФД (сополимер формальдегида с диоксаланом). Их предел прочности при сжатии, твердость, теплостойкость в 1,5—2 раза выше, чем у капрона, при одинаковой антифрикционности и большей износостойкости.

Высокой теплостойкостью, очень низким коэффициентом трения, стабильностью свойств отличается фторопласт (политетрафторэтилен — ПТФЭ). Однако в чистом виде фторопласт *для восстановления изношенных подшипников не применяют* из-за его низкой механической прочности. Положительные свойства фторопласта проявляются в полной мере, если его

Таблица 3.2

Диаметр		Длина втулки (допуск −0,5 мм)	Диаметр		Длина втулки (допуск −0,5 мм)
внутренний допуск H9	наружный допуск p6		внутренний допуск H9	наружный допуск p6	
10	13	10—16	25	28	16—40
12	15	10—20	30	33	20—50
15	18	10—25	32	37	20—50
16	19	10—25	36	41	25—50
18	21	12—32	40	45	32—60
20	23	16—40	55	60	32—70
22	25	16—40			

внедрить в металлическое (бронзовое) пористое покрытие, нанесенное на стальную основу. В процессе работы при нагреве подшипника фторопласт будет выдавливаться из пор металлического покрытия, так как температурный коэффициент линейного расширения фторопласта выше, чем материала пористого покрытия. Выдавленный фторопласт размазывается по поверхностям вала и подшипника, и *происходит саморегулирование* процесса трения (коэффициента и температуры трения).

На Климовском машиностроительном заводе им. В. Н. Доенина организовано производство металлофторопластовой ленты с коэффициентом трения 0,1—0,22 для работы без смазки при различных нагрузках и температурах (до 130 °С). Из металлофторопластовой ленты штампуют втулки, которые в готовом виде используются при ремонте и изготовлении новых подшипников. Основные размеры (мм) втулок из металлофторопластовой ленты приведены в табл. 3.2. Из этой ленты штампуют также вкладыши для разъемных и открытых подшипников.

Металлофторопластовые подшипники лучше всего работают с закаленными валами (>45 HRC). При незакаленном вале срок службы подшипника снижается на 10—15 %. Подшипники

могут хорошо работать при ограниченной смазке и даже без нее.

Изношенный подшипник (цельный или разъемный) или его вкладыши готовят к заливке полимерным материалом следующим образом. После очистки от грязи изношенную поверхность растачивают с целью устранения следов износа и придания ей правильной геометрической формы. Затем для обеспечения хорошей сцепляемости поверхности (стальной и чугунной) с заливаемым материалом ее подвергают горячему фосфатированию в растворе препарата.

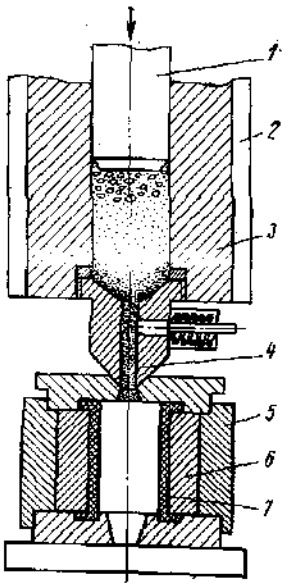


Рис. 3.13. Заливка подшипника полимерным материалом

Подготовленный подшипник *6* (рис. 3.13) помещают в пресс-форму *5* и устанавливают под сопло вертикальной литьевой машины. Полимерный материал (например, капрон) в гранулированном виде загружают в материальный цилиндр *3* литьевой машины, снабженный обогревательными элементами *2*. Плунжер *1* продавливает свежую порцию полимерного материала в зону обогрева (где материал переходит в пластическое состояние) и одновременно выталкивает разогретый материал из цилиндра. Расплавленная масса полимерного материала под давлением поступает через сопло запорного крана *4* в пресс-форму *5*, в которой установлен подшипник *6*, и образует покрытие *7*. После некоторой выдержки под давлением, необходимой для уплотнения, отверждения и охлаждения материала, покрытый подшипник извлекают из пресс-формы. Дальнейшее охлаждение детали с покрытием происходит на воздухе или в инертной среде.

При заливке важно выдерживать температурный режим, от которого зависят как прочность сцепления полимерного покрытия с металлическим основанием, так и свойства самого покрытия. Установлено, что наиболее однородная структура поликапроамида получается при температурах расплава 250 °С и пресс-формы 100—120 °С. При более высоких температурах расплава, детали и пресс-формы структура покрытия становится грубой, неоднородной, имеет большое количество дефектов и отличается пониженными прочностью, износостойкостью, ухудшенной сцепляемостью вследствие окисления и деструкции материала.

Давление плунжера в цилиндре поддерживают на уровне 30—40 МПа, что способствует получению однородной структуры, а также увеличению плотности и прочности покрытия.

Происходит это вследствие увеличения количества полимерного материала, поступающего в пресс-форму, и скорости охлаждения заполненной массы.

Механический способ и пластическое деформирование

Изношенные подшипники, вкладыши и втулки в зависимости от их конструкции восстанавливают механическими способами (внутренним кольцеванием, применением наставок) и пластическим деформированием.

Восстановление внутренним кольцеванием (запрессовкой втулки). Сильно изношенные неразъемные подшипники ремонтируют запрессовкой ремонтных колец (втулок), разъемные и открытые подшипники, не имеющие вкладышей,— установкой ремонтных полуколец (вкладышей). Эти несложные способы улучшают конструкцию подшипника, доступны любому предприятию и поэтому имеют широкое распространение. В некоторых случаях они являются единственно возможными.

Сущность первого способа заключается в том, что после подготовки ремонтируемой детали путем расточки и развертывания в нее запрессовывают предварительно изготовленное ремонтное кольцо (втулку) из антифрикционного материала (чугуна, бронзы, алюминиевых, цинковых сплавов, текстолита или другой пластмассы). Наружный размер ремонтного кольца выбирают в зависимости от выбранной посадки и класса точности, а внутренний диаметр кольца (втулки) соответствует размеру новой детали или очередному ремонтному размеру.

При запрессовке колец (втулок) не только уменьшается внутренний диаметр (что особенно заметно при большой величине натяга), но и, кроме того, искажается форма кольца. Поэтому часто внутренний диаметр кольца выбирают с учетом припуска на окончательную обработку в сборе (например, развертыванием). Такой припуск необходим и для многоопорных систем, когда собранные и установленные на машины опоры для получения необходимой соосности развертывают совместно.

Окончательную обработку отверстия кольца (втулки) после ее запрессовки производят путем калибрования шариком или пуансоном. Если расчет показывает, что при посадке втулки возникают большие напряжения, то применяют клеевое соединение без натяга.

Сущность второго способа заключается в том, что изношенную опору растачивают и к ней на шурупах или на клею прикрепляют ремонтные полукольца (вкладыши), изготовленные из антифрикционного материала.

Ремонт пластическим деформированием. Этот способ используется при ремонте подшипников с запрессованной бронзовой втулкой и разъемными вкладышами. Диаметр внутренней изношенной поверхности детали тем или иным приемом уменьшают настолько, чтобы компенсировать величину износа и припуск на последующую обработку указанной поверхности. Из перечисленных ранее (см. с. 133) способов ремонта методом

пластической деформации в этом случае используются осадка, обжатие и правка.

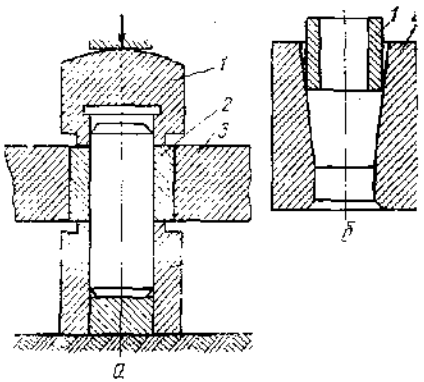


Рис. 3.14. Приспособления для осадки (*а*) и обжатия (*б*) изношенных бронзовых втулок

Осадка изношенных втулок, запрессованных в подшипник, производится следующим образом. Втулку не выпрессовывают из подшипника, а осаживают с торцов вокруг вала под большим давлением, в результате чего уменьшается диаметр ее внутренней поверхности. Если втулка имеет овальное отверстие, то его перед осадкой выравнивают развертыванием. Для ремонта применяют приспособление (рис. 3.14, *а*), состоящее из стальных закаленных пуансонов *1* и *4* (*2* — осаживаемая втулка, *3* — тело подшипника, в которое она запрессована). Осадка выполняется под прессом. Описанный способ применим для бронзовых втулок, у которых отношение длины к диаметру не превышает 1—1,5, а при большей величине отношения осадка получается неравномерной.

Обжатие применяется для уменьшения изношенного отверстия бронзовых втулок, еще не запрессованных в тело подшипника. Втулку *1* (рис. 3.14, *б*) вставляют в стальную закаленную матрицу *2* и прогоняют сквозь нее пуансоном под прессом. Чтобы обжатие втулки происходило постепенно, матрица *2* имеет плавно сужающееся отверстие. Если у втулки есть уступы, обжатие описанным способом невозможно. Тогда прибегают к другому способу обжатия, например роликами. Обжатие роликами используется при ремонте веретенных втулок льняных ровничных машин.

Так как нет гарантии, что после обжатия отверстие втулки примет требуемые диаметр и форму, обжатую втулку развертывают. Наружный диаметр втулки после обжатия уменьшается, и его наращивают различными способами (металлизацией, меднением и пр.), после чего обтачивают на оправке.

Правка иногда применяется при ремонте разъемных бронзовых вкладышей с небольшой толщиной стенок. Вкладыши правят в диаметральной плоскости на величину, компенсирующую износ и предусматривающую необходимый припуск для получения нужной формы внутренней поверхности после ее расточки. Обе половинки вкладыша, стянутые хомутами, сжимают под винтовым прессом, как показано на рис. 3.15, *а*. Затем половинки разнимают, строгают (или фрезеруют) места стыков и снимают фаски под углом 45° для припаивания. После этого обе половинки опять стягивают, проверяют правильность

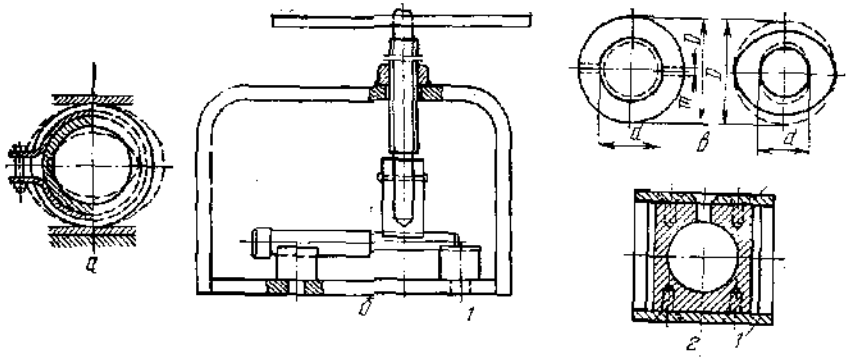


Рис. 3.15. Ремонт подшипников правкой (*а, б*) и спиливанием мест стыка (*в, г*)

сборки для предупреждения перекоса и пропаивают вкладыши по фаскам.

Наружные поверхности опорных поясков и внутренние поверхности буртов металлизируют или наплавляют латунью (можно бронзой), предусматривая припуск на последующую обработку. После нанесения покрытия хомуты снимают и обрабатывают вкладыш на токарном станке: растачивают внутренний диаметр, обтачивают наружную наращенную поверхность в размер, подрезают внутренние поверхности буртов и зачищают остальные поверхности. Затем вкладыш разнимают (распаивают), внутренние кромки зачищают и обе половинки шабрят по месту правки.

Другим примером применения способа пластического деформирования при ремонте опор является правка погнутых роликовых втулок прядильных веретен. Для этой цели используют простейший винтовой пресс (рис. 3.15, *б*) с двумя опорами, на которые укладывают втулку.

Ремонт подшипников возможен и другими способами. Например, когда разъемные вкладыши изготовлены из чугуна, ни один из способов пластического деформирования применить нельзя. В этом случае поступают следующим образом. Места стыка двух половинок вкладышей спиливают, сострагивают или фрезеруют на величину m (рис. 3.15, *в*), равную сумме величин износа z и припуска на обработку Δ. У таких вкладышей диаметр отверстия d будет на Δ мм меньше, чем у новых. Расточив отверстие, получают требуемый размер. Так как здесь наружный диаметр D вкладышей уменьшается, его необходимо нарастить металлизацией, наплавкой, меднением или другим способом. Таким же образом можно ремонтировать и бронзовые разъемные вкладыши с небольшим износом.

Указанным способом ремонтируют подшипники разрыхлителей трепальных машин, ткацких станков, некоторых машин от-

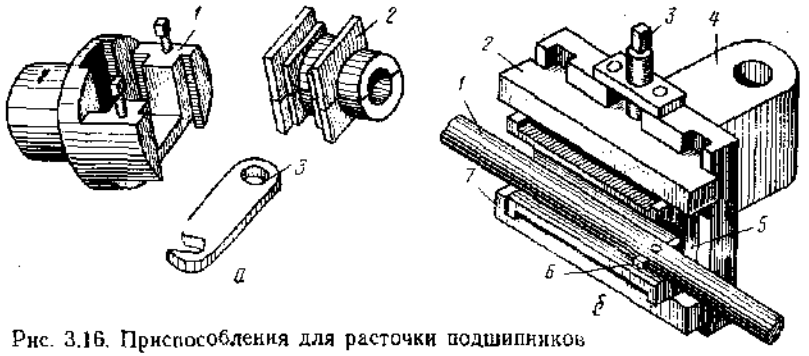


Рис. 3.16. Приспособления для расточки подшипников

делочного производства и др. На рис. 3.15, *г* показан подшипник питающих цилиндров, отремонтированный таким способом. Плоскости стыка обеих половинок простругивают на 2—2,5 мм (в зависимости от величины износа), затем скрепляют и растачивают. На наружной поверхности половинок винтами закрепляют стальные, медные или латунные пластинки *1*, толщина которых равна толщине состроганного слоя. Так же ремонтируют, например, подшипники скатывающих валов ножевого барабана.

Расточка подшипника. Почти при всех описанных способах ремонта подшипников скольжения приходится производить их расточку. Эта работа в ряде случаев оказывается трудоемкой из-за длительной выверки подшипника при его закреплении в кулачковом патроне. Для ускорения процесса расточки и увеличения ее точности (особенно при расточке подшипников сложной формы) на многих предприятиях применяют специальные приспособления для закрепления подшипников.

Приспособление *1* (рис. 3.16, *а*) предназначено для быстрого и точного закрепления спаренного подшипника *2* сложной формы крутильной машины дратвенного производства. Приспособление представляет собой чугунный патрон, навинчиваемый на шпиндель токарного станка. В патроне выстроганы направляющие, по которым вставляют подшипник *2* так, что ось его отверстия точно совпадает с линией центров токарного станка. После этого подшипник закрепляют стальной планкой *3*. Расточку производят резцом.

Приспособление, представленное на рис. 3.16, *б*, предназначено для расточки открытых подшипников приготовительных и прядильных машин льняного производства. Приспособление состоит из корпуса *4*, в направляющих пазах которого расположены две подвижные губки *2* и *7* (пазы имеют форму «ласточкина хвоста»). Эти губки можно сближать или раздвигать винтом *3*, имеющим правую и левую резьбу. Приспособление закрепляют его проушиной на токарном станке на место

резцедержателя. В центрах станка укрепляется борштанга *1* с резцом *6*, а между губками *2* и *7* — подшипник *5*, растачиваемый строго центрально. Борштанга получает вращательное движение, а приспособление с закрепленным в нем подшипником — продольное.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШЕСТЕРЕН, ШКИВОВ И ДРУГИХ КОЛЕС

Шестерни (зубчатые колеса) имеют основные конструктивные элементы, присущие всем колесам (обод, ступицу, спицы). Поэтому основное внимание будет уделено восстановлению шестерен (зубчатых колес) и лишь в необходимых случаях — особенностям восстановления колес других типов (шкивов, маховиков и др.).

В машинах текстильной и легкой промышленности применяются шестерни самых различных конструкций: прямозубые, косозубые, цилиндрические, конические, комбинированные, червячные и специальные с наружными и внутренними зубьями; цельные и разъемные; с различной величиной углов зацепления (для машин отечественного и зарубежного производства), разными модулями (1—15 и выше) с различным числом зубьев (5—250); изготовленные отдельно или совместно с другими деталями; выполненные в виде одиночных шестерен или блока из двух, трех и более цилиндрических прямозубых шестерен.

Шестерни бывают чугунные, стальные, бронзовые, текстолитовые, капроновые и пр. Они работают при различных скоростях, передают различные мощности и т. д. Точность изготовления шестерен разная — от грубообработанных до шлифованных. В некоторых машинах число шестерен превышает 100 шт. (сюда же относятся зубчатые секторы и рейки).

В процессе работы в шестернях возникают различные неисправности: износ и поломка зубьев, трещины в ободе и спицах, сминание торцов ступиц, стенок, шпоночных канавок и отверстий, срыв резьбы в стопорных отверстиях и др. Неисправные шестерни при ремонте машин обычно заменяют новыми попарно. В случае отсутствия запасных (особенно при ремонте импортного оборудования) или необходимости ликвидации аварийных ситуаций шестерни ремонтируют. Технология ремонта (восстановления) определяется характером неисправностей, назначением и степенью ответственности детали.

Изношенные и поломанные зубья шестерен

Для ремонта шестерен с изношенными и поломанными зубьями применяют наплавку, насадку венца или зубчатой секции, установку ввертышей, а в отдельных случаях — переворачивание для использования изношенной части профиля зубьев.

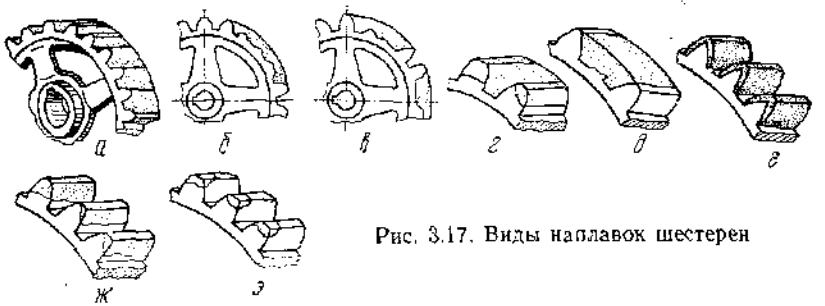


Рис. 3.17. Виды наплавок шестерен

Наплавка зубчатой поверхности. При ремонте применяют: сплошную круговую наплавку (рис. 3.17, *а*), заплавку отдельных поврежденных зубьев (рис. 3.17, *б — д*) и наплавку с формированием контура зубьев (рис. 3.17, *е — з*). Сплошную наплавку и заплавку отдельных зубьев используют при ремонте зубчатых шестерен с малым модулем, наплавку с формированием контура зубьев — при ремонте шестерен с большим модулем. При прочих равных условиях (одинаковых размерах, конструкции и др.) технология наплавочных работ определяется материалом шестерни. Наплавку можно вести электродуговой и газовой сваркой. При любом способе сварки чугунные шестерни наплавляют с предварительным подогревом (горячая наплавка) или без подогрева (холодная наплавка). Горячую наплавку обычно применяют при ремонте больших шестерен.

Насадка зубчатых секций, зубьев и венцов. При этом способе изношенные или отколовшиеся зубья удаляют, а вместо них закрепляют новые в виде зубчатой секции, отдельных зубьев или зубчатого венца. Зубчатую секцию устанавливают, если в шестерне имеется несколько (2—4) расположенных рядом поврежденных зубьев; отдельные зубья — когда несколько поврежденных зубьев расположены в разных местах; зубчатый венец — при износе или поломке бо́льшей части зубьев.

Изношенные или поломанные зубья (зуб) удаляют на строгальном или фрезерном станке. На месте снятых зубьев (зуба) простругивают или фрезеруют место *под новую зубчатую секцию или зуб. После* тщательной припасовки зубчатую секцию или зуб укрепляют винтами (рис. 3.18, *а — г*) и приваривают.

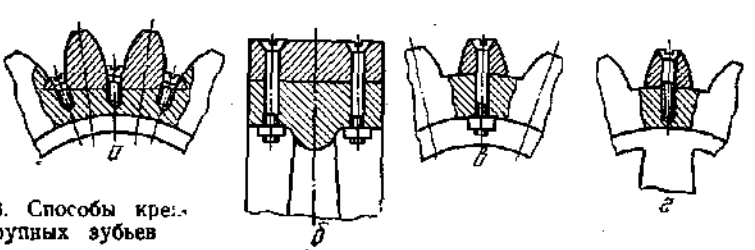


Рис. 3.18. Способы крепления крупных зубьев

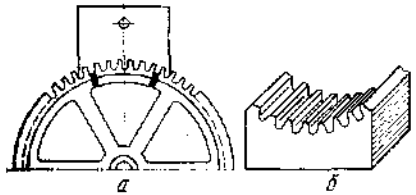


Рис. 3.19. Вваривание зубчатой секции

Недостатки описанного способа заключаются в его трудоемкости, малой точности и в том, что отверстия под винты ослабляют сечение зубьев и обода, вследствие чего при ударной нагрузке в них нередко возникают трещины.

Лучшие результаты дает менее трудоемкий способ — вваривание зубчатых секций. Из ремонтируемой детали вырезают часть обода с неисправными зубьями и на это место вваривают исправную зубчатую секцию (рис. 3.19, *а*). Чтобы ввариваемая секция правильно расположилась относительно соседних зубьев шестерни, применяют литой алюминиевый шаблон (рис. 3.19, *б*).

Вваривание зубчатой секции производят с обеих сторон попеременно. Для большей прочности к внутренней стороне секции и обода шестерни приваривают стальные прутки. При ремонте изношенных зубчатых секций на место удаленных зубьев приваривают новую зубчатую секцию, как, например, при ремонте зубчатых секторов обувной машины для затяжки заготовок.

По окончании ремонта штангенциркулем и индикатором проверяют шаг между крайними зубьями секции и зубьями шестерни, параллельность зубьев секции основным зубьям, наружный, внутренний и средний диаметры шестерни.

Шестерни, отремонтированные указанными способами, прирабатывают в месте установки зубчатой секции с эталонной или парной шестерней, приводимой в реверсивное движение на особой установке или вручную. Таким путем приближают профиль зубьев секции к профилю основных зубьев шестерни, чтобы избежать ее вибрации в работе и неравномерного износа парной детали.

Насадка венцов чаще всего используется для ремонта шестерен, изготовляемых совместно с другими деталями (сложными втулками, стаканами и др.). Выбор способа насадки венцов зависит от конструкции и размеров шестерен: в одном случае снимают изношенные зубья и вместо них на ободе закрепляют зубчатый венец (рис. 3.20, *а, г, д*), в другом — срезают изношенную часть и крепят новую (рис. 3.20, *б, в*), но в обоих случаях остальная часть детали сохраняется.

При ремонте блока шестерен неисправные зубья лучше всего снимать методом электроискрового трепанирования. Работу выполняют на электроискровом прошивочном станке с помощью электрода, имеющего трубчатую форму.

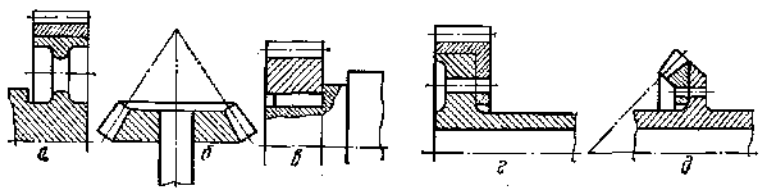


Рис. 3.20. Способы насадки и крепления зубчатых венцов

Венцы насаживают в следующем порядке. Сначала обдирают изношенные зубья и обтачивают шестерню под насадку венца. Затем изготовленный венец закрепляют на шестерне. Венец обтачивают и зубья на нем фрезеруют. В ряде случаев венец закрепляют на шестерне в окончательно обработанном виде, тогда последние две операции исключаются. Зубья изношенной шестерни стачивают на токарном станке после предварительной обдирки на строгальном станке (припуск для чистовой обработки составляет 1—1,5 мм).

Зубья стачивают на токарном станке, имеющем жесткую конструкцию, так как эта операция связана с ударной, периодически повторяющейся нагрузкой. Первые стружки снимают при небольшой глубине резания и малой подаче. Нарушение этого правила часто является причиной откола зубьев и появления трещин в ободе шестерни.

Чистовую обточку шестерни под венец выполняют на оправке, поэтому отверстие шестерни надо предварительно проверить разверткой. Допуск на обработку обода шестерни определяется характером посадки венца, который может быть стальным, бронзовым или чугунным в зависимости от ее назначения и способа насадки. Стальную заготовку венца изготовляют, обтачивая стальную болванку или откованное кольцо. Наиболее прочным является кованый венец, у которого волокна металла расположены радиально. Прочность венца, выточенного из болванки, меньше, так как у него волокна металла расположены поперек зубьев.

Венцы чугунные и бронзовые вытачивают из болванок (сплошных или пустотелых), а также из специальных отливок, иногда с зубьями. Форма и размеры венца зависят от конструкции ремонтируемой шестерни, способа соединения его с венцом. Венец можно закреплять за счет натяга (см. рис. 3.20, *а, б*), шпонкой (см. рис. 3.20, *в*), заклепками или болтами (см. рис. 3.20, *г, д*). Все указанные способы позволяют (при повторном ремонте) легко заменять изношенный венец.

Существует и другой способ установки венцов. Шестерню, с которой удалены зубья, помещают в литейную форму и заливают расплавленным металлом. В этом случае отпадает необходимость в тщательной обработке обода (чем шероховатее поверхность, тем лучше удерживается на ней залитый металл), внутренней поверхности венца и т. д. Недостатком этого способа является затрудненная смена венца.

Успешно применяется заливка венца полиамидом. Для этого заливаемую шестерню помещают в пресс-форму и подогревают, после чего производят заливку на вертикальной литьевой машине. Чтобы повысить прочность соединения венца с основанием, на нем протачивают круговую канавку и высверливают несколько отверстий по окружности. После насадки или заливки венец чисто обтачивают по верху и нарезают зубья. Если конструкция шестерен затрудняет такую обработку, приходится насаживать венец в окончательно обработанном виде, однако при этом точность детали меньше (возможно биение венца).

Ниже приводятся примеры различных способов насадки венцов при ремонте зубчатых шестерен

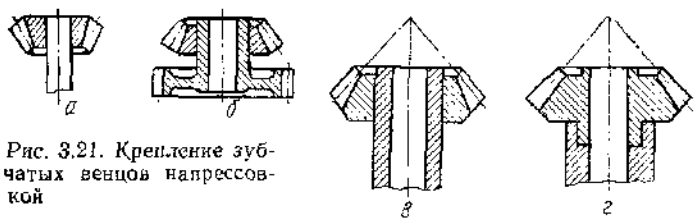


Рис. 3.21. Крепление зубчатых венцов напрессовкой

1. Изношенные шестерни стаканов льняной ровничной машины ремонтируют следующим образом. Зубья стачивают и на их место горячим способом насаживают стальное кольцо-венец, которое обтачивают и фрезеруют. Чугунные венцы насаживают также напрессовкой, например при ремонте шестерен дифференциала ровничной машины (рис. 3.21, *а*), шестерни ленточной машины (рис. 3.21, *б*) и катушечной шестерни ровничной машины (рис. 3.21, *в*, *г*).

2. У двойных шестерен, отливаемых вместе, обычно быстрее изнашивается меньшая. При ремонте изношенную шестерню стачивают и на ее место устанавливают новую, которую закрепляют шпонкой *1* (рис. 3.22, *а*) или стопорным винтом *2* (рис. 3.22, *б*).

3. При износе зубьев шестерен сложной конфигурации, например конической ровничной машины (рис. 3.23, *а*), червячной разрыхлителя, косозубой автоматического ткацкого станка (рис. 3.23, *б*) или торцевых зубьев муфты прядильной машины (рис. 3.23, *в*) зубья стачивают и на их место болтами или заклепками крепят зубчатый венец *1*.

Восстановление шестерен способом заливки расплавленным металлом рассмотрим на примере ремонта червячных шестерен с бронзовым венцом. Подготовленную шестерню *3* (рис. 3.24, *а*) устанавливают в чугунный кокиль *4*. Центрированное расположение ее в кокиле обеспечивается пальцем *5*. Поверх шестерни ставят литейный стержень *2*, а на него укладывают груз *1*. Стержень предохраняет верхний торец шестерни от заливания металлом и образует прибыль. Высота прибыли должна быть равна $^4/_5$ толщины заливаемого венца. Перед заливкой кокиль подогревают. Заливку производят бронзой, расплавляемой в тигле. После остывания шестерня с залитым венцом легко вынимается из кокиля. Для этого в кокиле предусмотрен литейный уклон.

Если червячная шестерня имеет изношенный сменный венец с утоненными зубьями, его можно восстановить центробежной заливкой (рис. 3.24, *б*). Для этого венец *5* снимают с шестерни, после чего во впадинах зубьев просверливают радиальные отверстия и удаляют все заусенцы. Внутреннюю полость венца заполняют бронзовой шихтой *4* и закрывают с обеих сторон стальными крышками *2* и *3*, которые приваривают к стальному кольцу *1*. В таком виде венец помещают в печь и нагревают до расплавления бронзы, после чего закрепляют в патроне центробежной машины и приводят во вращение шпиндель. Под действием центробежных сил расплавленная бронза выдавливается через отверстия в венце к его периферии и заполняет впадины между зубьями.

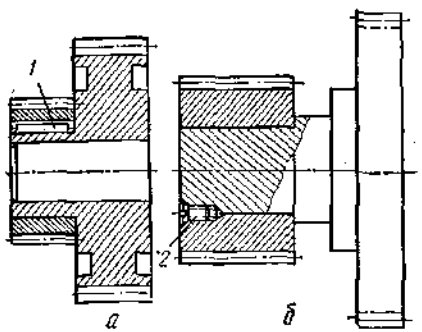


Рис. 3.22. Крепление зубчатых венцов шпонкой (а) и стопорным винтом (б)

Примером восстановления заливкой полимерным материалом может служить ремонт катушечной шестерни ровничной машины. Зубчатую поверхность стачивают на то-

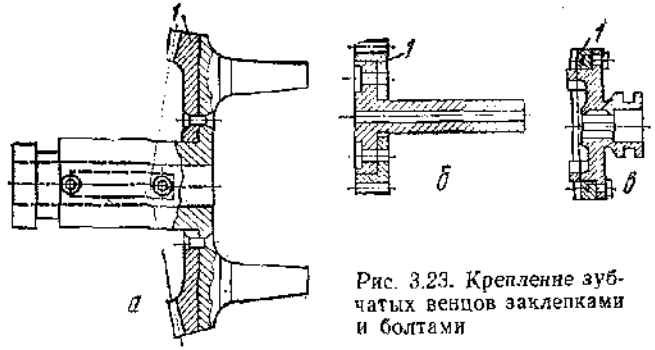


Рис. 3.23. Крепление зубчатых венцов заклепками и болтами

карном станке. На оставшейся втулке *1* (рис. 3.24, *в*) протачивают круговую канавку. Втулку помещают в пресс-форму и заливают капроном *2*. После изъятия шестерни из пресс-формы капроновый венец протачивают и фрезеруют. Опыт показывает, что шестерни из полимерных материалов не требуют такой точности изготовления и монтажа, как металлические.

При нарезании зубьев слой следует снимать с мест, соответствующих впадинам. Чтобы избежать ошибок, надо перед формовкой на венец нанести метку, которая сохранилась бы после заливки.

Зубья ремонтируемых цилиндрических шестерен обычно нарезают на фрезерных или зубофрезерных станках, так как механические мастерские предприятий текстильной и легкой промышленности недостаточно оснащены зубодолбежными и зубострогальными станками. Выбор станка определяется способом ремонта шестерни. Если у нее наплавлены один или несколько зубьев, зубофрезерный станок применять не следует, так как червячная фреза может утонить неповрежденные зубья (то же возможно при окончательной обработке зубчатых секций или отдельных зубьев, укрепленных на ремонтируемой шестерне). В этих случаях обработку зубьев ведут дисковой модульной фрезой на универсальном фрезерном станке. Если же шестерня имеет круговую наплавку или на нее насажен венец, зубья нарезают на любом из этих станков.

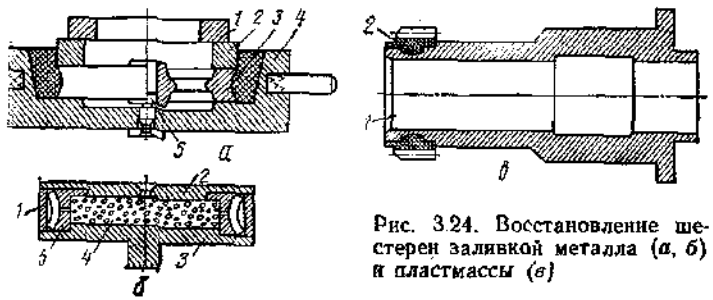


Рис. 3.24. Восстановление шестерен заливкой металла (а, б) и пластмассы (в)

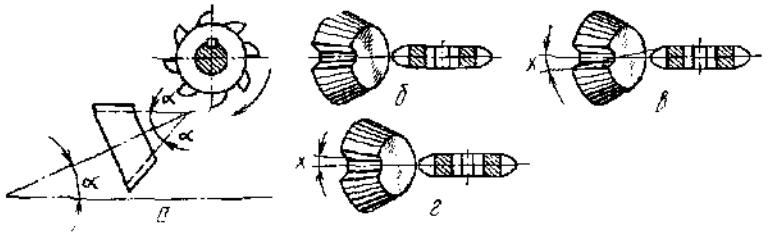


Рис. 3.25. Нарезание зубьев конической шестерни на универсально-фрезерном станке

Наплавленные или вставленные зубья обрабатывают так, чтобы их шаг, профиль и размеры не отличались от шага, профиля и размеров неповрежденных зубьев или были близки к ним. Если указанное условие не соблюдается, зацепление отремонтированной шестерни получается неравномерным, что вызывает удары и быстрый износ сопряженной шестерни, особенно в быстроходных передачах.

Конические шестерни нарезают на специальных станках (зубострогальных и др.), а если их нет — на универсально-фрезерном. На универсально-фрезерном станке коническую шестерню *обрабатывают в три приема. Сначала ее закрепляют на* оправке делительной головки, которая поворачивается в вертикальной плоскости (рис. 3.25, *а*) на угол α, равный половине угла конуса. В таком положении все зубья фрезеруют на полную глубину фрезой, выбранной по модулю меньшего основания и числу зубьев шестерни (рис. 3.25, *б*). После этого, провернув нарезаемую шестерню в горизонтальной плоскости на угол *x*, например влево (рис. 3.25, *в*), срезают клинышки с правых боковых поверхностей. Затем шестерню поворачивают вправо (рис. 3.25, *г*) на тот же угол *x* и снимают клинышки с левых боковых поверхностей. Клинышки снимают узкой модульной фрезой, подобранной по модулю бо́льшего основания нарезаемой шестерни. Точность конических шестерен, нарезанных на фрезерном станке, меньше точности шестерен, изготовленных на специальных станках (даже на поперечно-строгальном со специальным приспособлением, имитирующим принцип работы зубострогального станка).

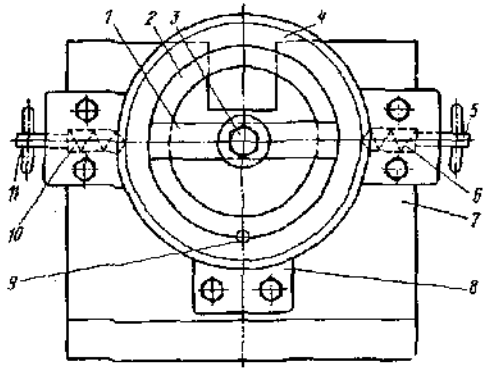


Рис. 3.26. Приспособление для нарезания внутренних зубьев на поперечно-строгальном станке

На многих машинах есть шестерни с внутренними зубьями, например обод дифференциала

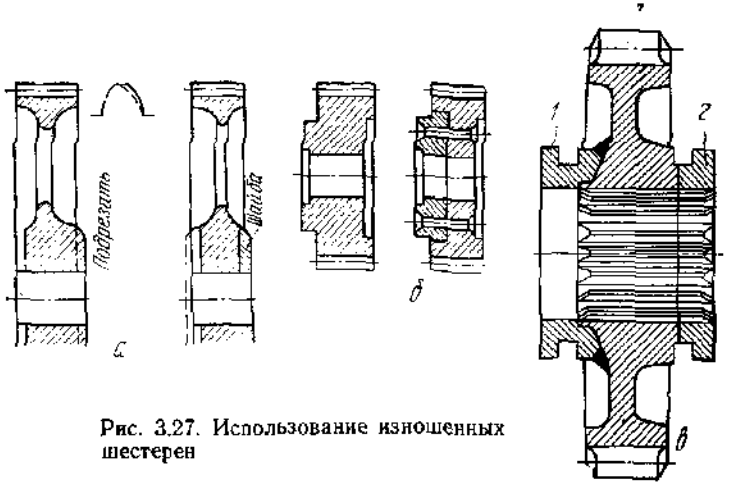


Рис. 3.27. Использование изношенных шестерен

ровничной машины, тарельчатая шестерня планетарного основного регулятора и др. В случае износа или поломки зубьев такие шестерни очень трудно ремонтировать из-за отсутствия на фабриках зубодолбежных станков. При ремонте часто применяются различные приспособления, например приспособление для нарезания внутренних зубьев обода дифференциала ровничной машины на поперечно-строгальном станке (рис. 3.26). Жесткий литой угольник *7* с широким пазом в верхней части закрепляют на столе строгального станка. Нарезаемый обод *2* закрепляют в копирной шестерне *4* планкой *1*, болтом *3* и шпилькой *9*. Копирная шестерня опирается на сухарь *8* и фиксируется в требуемом положении двумя запорами *5* и *11*, прижимаемыми пружинами *10* и *6*. Резец, заточенный по форме впадины зубьев, закрепляют в специальной оправке режущей головкой вверх. Прострогав один зуб, оттягивают запоры *5*, *11*, копирную шестерню поворачивают на один зуб и фиксируют в этом положении. Таким образом простругивают все зубья.

Использование изношенных шестерен. Иногда шестерню с односторонним износом зубьев можно использовать, не восстанавливая профиля. Для этого ее надо повернуть на 180°, чтобы она работала неизношенной частью. Однако при этом приходится выполнять некоторые дополнительные работы. Так, если шестерня несимметрична (по длине ступицы), ступицу с одной стороны подрезают (рис. 3.27, *а*), а с другой наращивают (рис. 3.27, *б*), благодаря чему восстанавливается конструктивная форма детали. Особенно эффективен этот способ при восстановлении шестерен со шлицевым отверстием (рис. 3.27, *в*). В этом случае срезают часть ступицы *2* и приваривают новую левую часть *1*.

У шестерен, не имеющих кругового движения, изнашивается только часть зубьев. Эти детали можно использовать для дальнейшей работы, поворачивая

их на валу так, чтобы работали неизношенные зубья. Например, червячная шестерня мотального механизма прядильной машины в течение наработки съема работает только несколькими зубьями. Если они износились, шестерню *поворачивают на некоторый угол и прорезают в ступице новую шпоночную* канавку. Таким образом срок ее службы можно увеличить в несколько раз.

Дефектный обод, спицы и ступицы колес

Иногда в ободьях колес (шестерен, шкивов, маховиков) возникают трещины (в одном или нескольких местах) или даже поломки. Обычно детали с такими дефектами заменяют новыми, но при их отсутствии прибегают к ремонту. Основной способ ремонта — заварка трещин и вваривание выколовшейся части обода. Главное затруднение при заварке — возникновение в процессе работы напряжений, возникающих в процессе сварки, которые стремятся деформировать колесо. *Их источником являются литейные напряжения*, часто остающиеся в литых колесах.

При заварке трещин в ободе пользуются методом обратных деформаций (см. с. 97). Предварительную деформацию — разведение кромок — получают путем подогрева двух прилегающих к месту сварки спиц (рис. 3.28, *а*). Вварку отколовшейся части обода производят так, как описано на с. 176. Для устранения напряжений, возникающих при сварке, колесу по окончании сварки дают медленно остыть.

Шестерни иногда ремонтируют привариванием накладок с внутренней стороны треснувшего или поломанного обода. Шестерню с треснувшим ободом в аварийных случаях можно отремонтировать и различными механическими способами: накладками, винтовой стяжкой и др. Иногда для большей надежности указанные механические способы ремонта комбинируют (например, стяжку и накладку). Как отмечалось, механические способы ремонта шестерен следует применять только в случае необходимости быстрой ликвидации аварии, не снимая деталей с машины. Целесообразно комбинировать механические способы и сварку, что обеспечивает большую надежность работы отремонтированных колес.

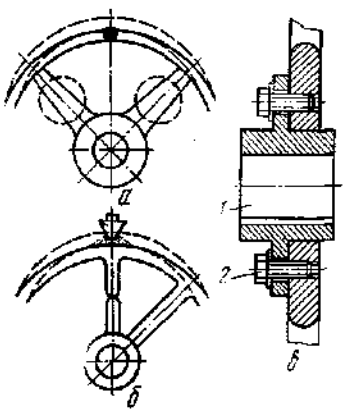


Рис 3.28. Способы ремонта колес, имеющих дефекты в ободе (*а*), спицах (*б*) и ступице (*в*)

Трещины могут быть на одной или нескольких спицах. Основным способом ремонта трещин является горячая или холодная их заварка. При горячей заварке обод подогревают, как показано на рис. 3.28, *б*.

При холодной заварке спиц, особенно дисков, можно с успехом использовать электроды из цветных металлов (медные с жестяной оболочкой или латунные). При заварке нескольких (не расположенных рядом) спиц после заварки одной следует сваривать противоположную и в том же порядке заваривать остальные. Таким путем предотвращают значительные деформации, возникающие под действием напряжений, появляющихся *при сварке*.

В некоторых аварийных случаях одну, максимум две расположенные в разных местах треснувшие спицы, можно временно стягивать хомутом. Наложение такого хомута на заваренное место спицы, т. е. применение комбинированного способа ремонта, достаточно надежно. Если откалывается кусок спицы или кусок спицы с ободом, ее можно сращивать сваркой при условии, что повреждена только одна спица.

Типичные дефекты ступиц — трещины и поломки, а также смятия отверстий шпоночной канавки и торца. При ремонте колес трещины в ступицах заваривают или на ступицу в горячем виде нагоняют бандаж; смятые шпоночные канавки запиливают или прорезают новые канавки в другом месте; смятые торцы наплавляют или подрезают. В случае поломки ступицы шестерни применяют вставку новой ступицы *1*, которую укрепляют болтами *2* на теле детали (рис. 3.28, *в*).

ГЛАВА 4
СБОРКА ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

ОСНОВЫ СБОРКИ

Сборка является заключительной и *наиболее ответственной стадией процесса ремонта* машин. От качества и точности сборки ремонтируемых машин в значительной мере зависит и долговечность, производительность, а также качество выпускаемой продукции.

Сборочные единицы. Принцип узловой сборки

Каждая ремонтируемая машина состоит из деталей и узлов, представляющих собой сборочные единицы. Первичным элементом собираемой машины является *деталь*. Характерный признак детали — отсутствие в ней каких-либо соединений. Часть машины, представляющая собой соединение нескольких деталей независимо от вида соединений и методов их выполнения, называется *узлом*. Характерным признаком узла является возможность производить его сборку обособленно (автономно) от других элементов машины.

Когда узел непосредственно входит в состав машины, он называется *группой*. Когда узел входит в машину в составе

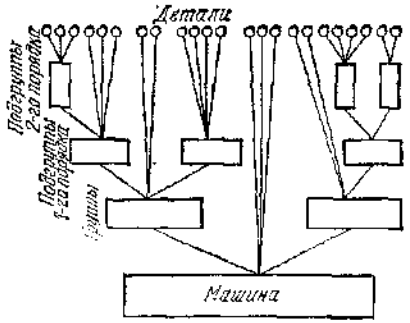


Рис. 4.1. Схема машины как объекта сборки

группы, он называется *подгруппой*. Подгруппы могут находиться в различной взаимосвязи с группой: узел, входящий непосредственно в группу, называется подгруппой 1-го порядка; узел, входящий непосредственно в подгруппу 1-го порядка — подгруппой 2-го порядка и т. д.

Структура машины как объекта сборки представлена на рис. 4.1.

Сборку узла начинают с основной детали, которая называется базовой. Аналогично базовой подгруппой называется основная подгруппа, с которой начинают собирать данную группу, а базовой группой — основная группа, с которой начинают собирать машину. Применительно, например, к узлу (группе) натяжного ролика (рис. 4.2, *а*) базовой деталью является ось ролика. В этом узле (группе) ролик, собранный с шарикоподшипниками (в сборе), составляет подгруппу 1-го порядка, а шарикоподшипники, запрессованные в ролик, — подгруппу 2-го порядка.

Последовательность сборки узлов, так же как и всей машины, нагляднее всего представить в виде схемы. Например, на

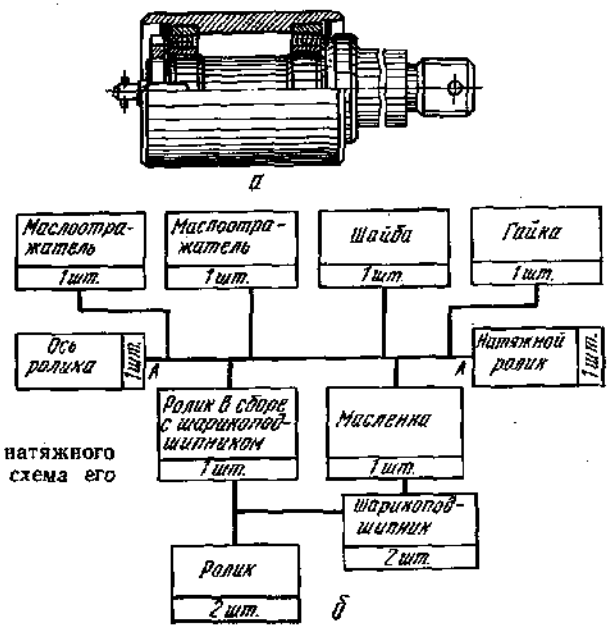


Рис. 4.2. Узел натяжного ролика (*а*) и схема его сборки (*б*)

рис. 4.2, *б* показана схема сборки узла натяжного ролика. Слева от линии *АА* в виде прямоугольника показана базовая деталь (ось ролика), а справа — в виде другого прямоугольника — собранный узел (натяжной ролик). Кверху от линии *АА* нанесены по ходу сборки все детали (за исключением базовой), непосредственно входящие в собранный узел, а книзу от линии *АА* — все подгруппы узла. В эти прямоугольники вписывают названия деталей и подгрупп и их количество. Схемы сборки целых машин с детализацией сборочных элементов оказываются очень громоздкими, и пользоваться ими неудобно. Поэтому ограничиваются составлением укрупненных схем, на которые наносят условные обозначения групп, а также деталей, не входящих в группы и подгруппы. В условиях работы предприятий текстильной и легкой промышленности сборку машин выполняет ремонтная бригада непосредственно в производственном цехе или в особом помещении (в ремонтных мастерских, на специализированном стенде и т. п.) в зависимости от транспортабельности машин и организации ремонта (см. с. 239).

Сборка ремонтируемых машин подразделяется на сборку узлов и установку деталей и узлов на машину. В зависимости от организации ремонта (см. с. 240) весь процесс выполняет ремонтная бригада или предварительную сборку узлов производит особый штат рабочих в специализированных мастерских, а установку узлов и деталей на машину — ремонтная бригада, каждый член которой специализирован на выполнении определенных сборочных работ.

Схема организации сборки машин ремонтной бригадой с предварительной сборкой узлов показана на рис. 4.3, *а*, где в центре условно изображена собираемая машина, которая состоит из пятнадцати узлов. Ремонтник *А* устанавливает узлы *1*, *7* и *10*, ремонтник *Б* — узлы *4*, *5*, *11*, *13* и *15*, ремонтник *В* — узлы *2*, *8* и *9* и ремонтник *Г* — узлы *3*, *6*, *12* и *14*. Эти узлы предварительно собирают в специализированной мастерской (план

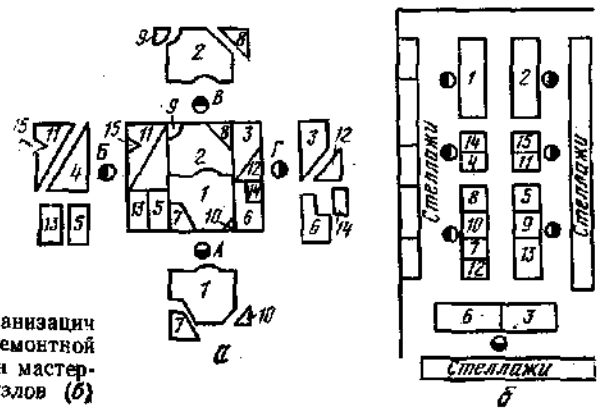


Рис. 4.3. Схема организации сборки машины ремонтной бригадой (*а*) и план мастерской для сборки узлов (*б*)

ее показан на рис. 4.3, *б*), в которой имеются поузловые посты (номера на рис. 4.3, *б* соответствуют номерам узлов на рис. 4.3, *а*), оснащенные необходимыми приспособлениями, инструментами, приборами и испытательными стендами.

Как показывает передовой опыт многих предприятий, такое расчленение сборочных работ при ремонте повышает его качество, сокращает простои машин и уменьшает затраты на ремонтные работы.

Виды соединений деталей. Методы сборки

Соединения деталей в узлы, а также соединения узлов друг с другом подразделяют на неподвижные и подвижные. При *неподвижных соединениях* взаимное расположение соединяемых деталей и узлов остается неизменным. При *подвижных соединениях* взаимное расположение соединяемых деталей во время работы машины изменяется по заданному закону.

Неподвижные соединения в свою очередь разделяются на неразъемные и разъемные. *Неразъемные соединения* выполняются свариванием, паянием, клепанием, склеиванием, установкой стяжек и колец в горячем состоянии и др. Разборка неразъемных соединений производится путем разрушения элементов соединения (срубание шва, заклепок и т. п.). *Разъемные неподвижные соединения* выполняются в виде болтовых, винтовых, штифтовых, шпоночных, клиновых и других соединений. Их разборка производится без разрушения элементов соединения.

К подвижным относятся различного рода соединения, осуществляющие относительное движение, например пары вал — подшипник, сцепленные шестерни и др.

Собранные соединения, узлы и машина должны отвечать техническим требованиям, которые разрабатываются в соответствии с условиями работы машины и отдельных ее механизмов. Технические требования регламентируют величину зазоров в подвижных соединениях, допустимую величину биения, допустимые ошибки в расположении деталей (например, параллельности, перпендикулярности, соосности и т. п.), легкость хода и др. Например, некоторые основные технические требования (условия), предъявляемые к собранному натяжному ролику (см. рис. 4.2), таковы: осевой зазор (люфт) не должен превышать 0,5 мм; ролик должен свободно вращаться от руки.

Выполнение технических требований к сборке возможно при соответствующем качестве деталей, на изготовление которых также разрабатываются технические требования (условия). В них входят требования как к размерным параметрам (точности изготовления), определяющим качество сборки, так и к качеству материалов, механической и термической обработке, определяющим долговечность деталей.

Чем точнее изготовлены детали, тем легче их сборка и, наоборот, чем ниже точность изготовления деталей, тем больше пригоночных работ требуется при сборке. В зависимости от точности изготовления деталей и соответственно объема пригоночных работ существуют следующие основные методы сборки: с полной взаимозаменяемостью деталей и узлов, с ограниченной взаимозаменяемостью деталей и узлов; с индивидуальной пригонкой деталей и узлов по месту.

Сборка с полной взаимозаменяемостью предусматривает возможность замены любых деталей и узлов новыми без пригонки. Сборка по этому методу может быть осуществлена, если детали изготовлены с высокой точностью и в больших количествах на предприятиях массового производства, где окупаются капитальные затраты на оснащение производства соответствующим оборудованием, приспособлениями и т. п.

Сборка с ограниченной взаимозаменяемостью позволяет получить узлы, отвечающие техническим требованиям, но собранные из деталей менее точных, чем в первом случае. Такая сборка требует подбора деталей и применения размерных компенсаторов.

При подборке деталей поступают следующим образом. Детали, изготовленные с пониженным классом точности (с более широкими допусками) сортируют по размерам на несколько групп. В каждой размерной группе оказываются детали уже с более узкими допусками. При сортировке по размерным группам можно пользоваться универсальными измерительными инструментами (индикаторным микрометром и нутромером) или лучше ступенчатыми калибрами (рис. 4.4, *а*, *б*), у которых каждая ступень соответствует определенной размерной группе (*I*—*V*). На сборку узлов подают парные детали, скомплектованные из соответствующих размерных групп.

Сборка с применением размерного компенсатора заключается в том, что требуемая точность собираемого узла достигается в результате варьирования размера специальной детали (компенсатора). Например, требуемую точность размера *A* (рис. 4.5, *а*) получают путем подбора размера *a* шайбы *1* при сравнительно невысокой точности остальных деталей. Шайба *1* является размерным неподвижным компенсатором. Размерные неподвижные компенсаторы в различных узлах выполняются в виде мерных шайб, прокладочных колец и др.

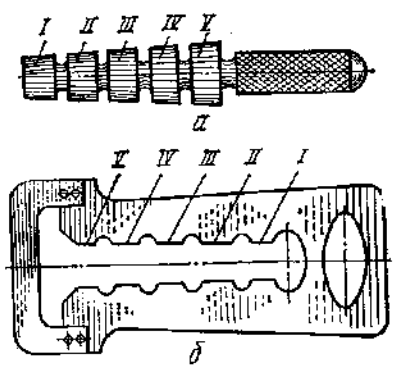


Рис. 4.4. Ступенчатые калибры для сортировки деталей на размерные группы

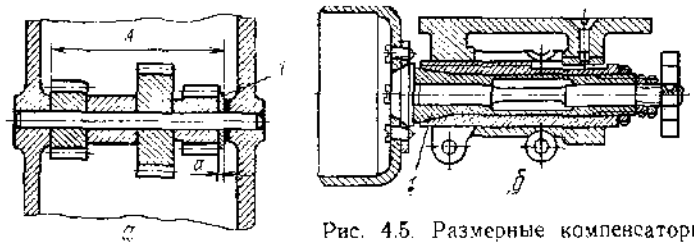


Рис. 4.5. Размерные компенсаторы

Если компенсатор выполнен в виде какой-либо детали, перемещением которой можно регулировать сборку узла и получить требуемую точность сборки, такой компенсатор называется подвижным (например, регулировочные винты и клинья, эксцентриковые втулки, пружины и др.). Подвижным компенсатором может служить и одна из рабочих деталей узла. Например, в узле шпинделя ножа обрезной машины для срезания краев обувных деталей (рис. 4.5, *б*) компенсатором является разрезная втулка *1*, позволяющая регулировать величину зазора и при необходимости компенсировать износ, возникающий при работе узла.

Сборка с индивидуальной пригонкой деталей и узлов по месту заключается в том, что собираемые элементы взаимно припасовывают путем опиловки, шабрения, притирки, сверления, развертывания отверстий и т. п. Взаимная пригонка деталей и узлов — очень дорогая, трудоемкая и высококвалифицированная работа.

Узловой и в особенности поточно-узловой ремонт машин базируется в основном на сборке с полной или ограниченной взаимозаменяемостью деталей и узлов. В этих случаях стремятся пригонку по месту свести до минимума.

СБОРКА НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Резьбовые соединения

Как отмечалось ранее, резьбовые соединения относятся к разъемным и выполняются с помощью болтов, винтов, шпилек, гаек и других крепежных деталей. Основными требованиями, предъявляемыми к резьбовым соединениям, являются: точность в пределах установленных норм; прочность и устойчивость при переменных нагрузках и вибрации; стабильность эксплуатационных свойств после многократных разборок и сборок.

Различают одно- и многоболтовые соединения. Болты заводят в отверстия соединяемых деталей с различным зазором (с различной посадкой). Наиболее распространенные болты — получистые и чистые — устанавливают в отверстия соединяемых деталей с большим зазором. Такие соединения не способны воспринимать большие боковые усилия и не обеспечивают точного взаимного расположения соединяемых деталей. Для предохранения указанных болтов от срезания и для более точной фиксации соединяемых деталей в соединение вводят штифты или другие дополнительные детали.

Ответственные резьбовые соединения, воспринимающие большие боковые усилия, собирают на чистых болтах с цилиндрическим или коническим стержнем без головки (призонные болты), которые туго забивают в отверстия соединяемых деталей.

В зависимости от типа соединения отверстия под болты в соединяемых деталях получают двумя способами: в первом случае отверстия сверлят по разметке или совместно в сборке, во втором случае — только в сборке при очень надежном креплении струбцинками, после чего отверстия обязательно чисто развертывают и проверяют предельным калибром (пробкой). После установки болтов на них навинчивают гайки — сначала от руки, а затем ключом. От степени и последовательности затяжки болтов в значительной мере зависят точность и долговечность соединения.

Нормальная затяжка болта получается при длине рукоятки ключа, не превышающей 15 диаметров резьбы. При такой длине исключается также возможность срыва резьбы у болтов с $d > 10$ мм. Если $d < 10$ мм, длина рукоятки ключа должна быть меньше. Для ускорения завинчивания гаек применяют электрический гайковерт.

В многоболтовых соединениях гайки затягивают постепенно: сначала их завинчивают до полного соприкосновения с поверхностью соединяемой детали или с шайбой, затем слегка затягивают и после этого производят полную затяжку. Не следует затягивать болты подряд, так как это может вызвать перекосы в соединении, сильную перегрузку отдельных болтов и даже срыв резьбы. На рис. 4.6, *а* приведена схема последовательности затяжки гаек болтовых соединений деталей разной формы по порядку номеров (*1—10*).

Рис. 4.6. Последовательность затяжки гаек болтовых соединений (*а*) и методы стопорения резьбовых соединений (*б*)

Резьбовые соединения, собираемые на шпильках, должны отвечать тем же требованиям, что и болтовые соединения. Шпильки при сборке должны быть плотно и строго перпендикулярно ввинчены в тело основной детали собираемого соединения. Это достигается точностью изготовления шпилек и обработки отверстий, в которые они ввинчиваются. При перекосах шпилек, ввинченных в отверстие детали, сборка соединения невозможна. Чтобы этого избежать, необходимо отверстия сверлить и нарезать на станке или вручную механизированными инструментами с обязательным применением кондукторов. Шпильки ввинчивают электрическим шпильковертом или ключом.

После ввинчивания угольником проверяют перпендикулярность шпильки плоскости детали. В случае перекоса или слабой посадки шпильки ее заменяют. В процессе работы машины гайки, винты и другие крепежные детали могут самопроизвольно отвинтиться, вследствие чего резьбовое соединение окажется ослабленным. Для предохранения от самоотвинчивания крепежные детали стопорят. На рис. 4.6, *б* приведены наиболее простые и распространенные методы стопорения резьбовых соединений.

Прессовые соединения

Прессовые соединения деталей относятся к неподвижным неразъемным соединениям. Их собирают с натягом, создающимся за счет того, что диаметр отверстия (охватывающей детали) меньше диаметра вала (охватываемой детали), например при запрессовке втулки в ступицу шкива или шестерни, насадке бандажа на центр червячного колеса и т. п. Прессовые соединения можно получить путем приложения к одной из соединяемых деталей осевой нагрузки, под действием которой одна деталь насаживается на другую, а также нагреванием охватывающей или охлаждением охватываемой детали.

Соединения, собранные с натягом, должны быть прочными, т. е. при нагружении во время работы машины одна деталь соединения не должна сдвигаться относительно другой. Прочность соединения тем выше, чем больше натяг и глаже поверхности, по которым соединяются детали.

Запрессовка деталей приложением осевой нагрузки производится под прессом или при помощи специального приспособления.

На соединяемых поверхностях деталей не должно быть заусенцев, забоин, царапин, грязи, поэтому перед запрессовкой соединяемые детали надо внимательно осмотреть и снять с их торцов фаски (у охватывающей — под углом 30—45°, а у охватываемой — под углом 7—10°). Для увеличения прочности соединения и уменьшения усилия запрессовки соединяемые поверхности следует смазать минеральным маслом. При запрессовке детали необходимо хорошо центрировать, чтобы предотвратить перекосы. С этой целью применяют различные центрирующие приспособления.

К сборке с нагреванием охватывающей или охлаждением охватываемой детали прибегают, когда на соединение действуют значительные усилия или крутящие моменты, т. е. когда соединение должно обладать большой прочностью. В этом случае соединение собирают с большим натягом (в среднем натяг в 2 раза и прочность соединения в 3—4 раза выше, чем в обычных прессовых соединениях). Повышение прочности соединения достигается благодаря взаимному заклиниванию неровностей на соединяемых поверхностях, в то время как в обычных прессовых соединениях поверхности при запрессовке сглаживаются и соединения образуются за счет упругих свойств материала и молекулярных сил сцепления. Заклинивание неровностей обеспечивается тем, что нагретая схватывающая деталь расширяется или охлажденная охватываемая деталь сжимается и соединение детали происходит без приложения внешнего усилия. После того как температура деталей становится нормальной, они оказываются соединенными друг с другом.

Нагревание охватывающей детали производится различными способами: электрическим током (по методу индукции или сопротивления), в нагревательных печах, газовыми горелками и пр. Температура нагревания рассчитывается по формуле

$$i \approx (i_{max} + S_0)\,\alpha d \cdot 10^3 + t_0,$$

где i_{max} — наибольший натяг посадки, мкм; S_0 — минимально необходимый зазор при сборке, мкм; α — коэффициент теплового расширения; d — диаметр соединения, мм; t_0 — температура помещения, °С.

Если охватывающая деталь больших размеров (например, корпусные детали), а охватываемая — наоборот (например, тонкостенная втулка, палец), нагревание первой очень затруднено и малопроизводительно. Охлаждение производится в жидком кислороде или азоте при температуре минус 190—196 °С и в твердой углекислоте (сухой лед) при температуре минус 75—80 °С. На рис. 4.7 приведены схемы охладительных

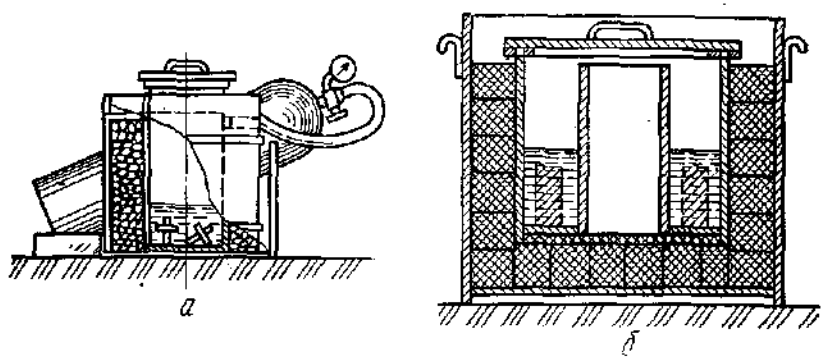


Рис. 4.7. Установка для охлаждения деталей в углекислоте (*а*) и в жидком кислороде или азоте (*б*)

установок. При работе на этих установках необходимо строго соблюдать правила безопасности. Охлаждаемые детали должны быть хорошо очищены. Следует помнить: при охлаждении в жидком кислороде и азоте деталей с масляными пятнами может произойти взрыв.

При сборке соединений с охлаждением в отличие от сборки с нагреванием детали не коробятся, а закаленные детали не отпускаются. Температуру охлаждения подсчитывают по приведенной выше формуле, вводя вместо коэффициента теплового расширения коэффициент сжатия. Если величина усадки, полученной при охлаждении охватываемой детали, недостаточна для свободного соединения деталей, охватывающую деталь подогревают в кипящей воде, чтобы она расширилась.

СБОРКА ПЕРЕДАЧ

Опоры (подшипники, втулки и вкладыши)

Опоры в машинах разнообразны по конструкции, размерам и условиям работы. По роду трения опоры подразделяются на подшипники скольжения и качения. Одной из отличительных особенностей текстильных и некоторых других машин легкой промышленности является многоопорное расположение валов, усложняющее установку и особенно выверку опор.

Опоры монтируют в остове (рама, станина, корпус) машины или в корпусах подшипников. Размещение опор определяет особенности их установки и выверки. Когда опоры монтируют в остове, где предусмотрены соответствующие гнезда, сборка, установка и выверка опор непосредственно связаны со сборкой и выверкой остова машины (линии опор служат исходными монтажными базами для сборки остова и всей машины). Если опоры монтируют в корпусах подшипников, это условие не является обязательным, так как опоры, смонтированные в корпусах, могут быть прилажены к уже выверенному остову. Это обстоятельство предусматривается конструктивным оформлением самих опор и корпусов, в которых они монтируются (например, наличие самоустанавливающихся вкладышей, продольных пазов в корпусах подшипников и др.).

При монтаже опор предусматривается: сборка опор; установка и выверка линии опор (соосности); установка и выверка опор в горизонтальной плоскости; выверка параллельности линий опор, если имеется несколько параллельно расположенных валов; пригонка опор (шабрение) по валу.

Рассмотрим технику сборки опор применительно к их разным типам.

Сборка опор скольжения. Опоры скольжения, собираемые в остове или в отдельных узлах машин, конструктивно оформляются в виде сплошных втулок или разъемных вкладышей. Сплошные втулки чаще всего запрессовывают в гнезда с натягом и реже — с переходной посадкой (при этом втулки стопорят). Разновидностью сплошных втулок, монтируемых в остове машины, являются розетки. Втулки, монтируемые в остове, запрессовывают предварительно, до его сборки. Исключение составляют случаи, когда ремонт машин проводится без разборки остова, тогда втулки запрессовывают на месте. Если остов разобран, запрессовку втулок можно производить под прессом или использовать другие из известных способов, а при неразобранном остове — с помощью специальных приспособлений. Схема одного из таких приспособлений представлена на рис. 4.8, *а* (запрессовываемая втулка обозначена цифрой *1*).

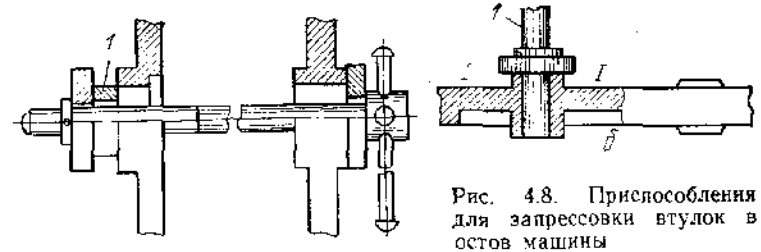


Рис. 4.8. Приспособления для запрессовки втулок в остов машины

Перед запрессовкой втулок необходимо проверить размеры и состояние поверхности отверстия в остове под запрессовку, а также перпендикулярность торца платика оси отверстия. В последнем случае пользуются калибром *1* — «грибком» (рис. 4.8, *б*), на поверхность *I—I* которого наносят тонкий слой краски. По тому, насколько равномерно ложится краска на проверяемую поверхность торца, судят о его перпендикулярности оси отверстия.

Разъемные вкладыши укладывают в хорошо выверенные гнезда остова в такой последовательности: сначала укладывают нижние вкладыши, которые должны плотно прилегать к своему основанию, а после установки вала накладывают верхние вкладыши. Опоры, вмонтированные в остов машины или в сложный механизм, в большинстве случаев можно регулировать в различных плоскостях только путем перемещения элементов остова или всего механизма (рам, стоек и т. п.). Это не всегда возможный, а главное, очень трудоемкий процесс. Если остов собирают с установленными на нем опорами, то эти опоры, чаще всего являясь исходными монтажными базами, редко требуют последующей регулировки.

При ремонте машин остов в большинстве случаев не разбирают и после замены в нем опор неизбежно восстанавливают исходную монтажную базу, так как осадка остова, износ гнезд и другие причины нарушают соосность опор. Вследствие этого опоры после сборки подвергают одновременному (за один

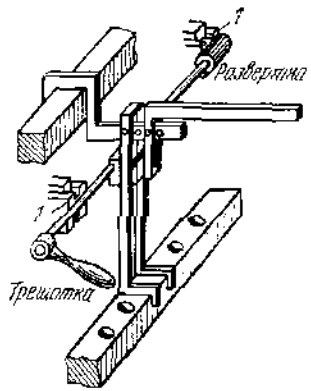


Рис. 4.9. Приспособление для развертывания вкладышей и втулок непосредственно на ремонтируемой машине

проход) развертыванию, чем достигается прежде всего их строгая соосность. Втулки и вкладыши, монтируемые в гнездах остова, должны иметь соответствующие припуски на эту заключительную обработку. Чистовое развертывание выполняется специальными приспособлениями типа борштанг.

На рис. 4.9 показано приспособление для чистового развертывания цилиндровых вкладышей *1* машин мокрого прядения льна. После чистового развертывания производят шабрение вкладышей по валу и окончательную проверку на правильность расположения опор. Сплошные (неразъемные) втулки шабрить неудобно и трудно, поэтому ограничиваются их чистовым развертыванием.

Вкладыши, монтируемые в корпусах подшипников, могут быть целыми, в виде втулок (неразъемные подшипники) и разъемными (чаще всего в виде двух половинок). При сборке неразъемных подшипников в проверенный корпус подшипника запрессовывают вкладыш, который затем подвергают чистовому развертыванию вручную или на металлорежущем станке.

Разъемные подшипники собирают в таком порядке: нижний вкладыш, пригнанный к основанию в нижней половине корпуса, легкими ударами загоняют на место, причем строго выдерживают горизонтальность расположения плоскости разъема; после этого укладывают верхний вкладыш, накрывают крышкой корпус и скрепляют подшипник болтами.

При узловом ремонте подшипники поступают на сборку в собранном виде. Если подшипник поступает на сборку в составе узла, то в подшипник укладывается и сопряженная деталь (вал).

Положение подшипников на машине определяется тремя координатными осями, поэтому при установке их выверяют на соосность и правильность расположения в трех основных плоскостях. Установку и выверку подшипников на соосность производят различными способами.

Короткие линии опор выверяют по контрольной скалке, линейке или прямо по валу, а длинные — по струне или оптическим способом. При выверке по струне ее сначала натягивают так, чтобы положение струны соответствовало положению геометрической линии опор. После этого устанавливают крайние (концевые) подшипники, добиваясь того, чтобы их осевые линии совпали со струной. С этой целью в нижние половинки подшипников (рис. 4.10, *а*) плотно вставляют деревянные дощечки

или полуцилиндрики, имеющие центральные зарубки *a*, a_1 и *b*, b_1, которые должны совпадать со струной. Затем по натянутой струне устанавливают и выверяют все промежуточные опоры, также снабженные такими дощечками или полуцилиндриками.

Для выверки соосности оптическим способом (рис. 4.10, *б*) на одной из крайних (правой или левой), хорошо выверенной опоре *1* укрепляют зрительную трубу *2* (типа телескопической). На второй концевой опоре *3* укрепляют целевой знак *4*, подсвечиваемый с тыльной стороны матовой электролампой *5*. Знак представляет собой круглое зеленое стекло с нанесенным на нем перекрестием, вставленное в жесткую и устойчивую оправу. С помощью кремальерного винта *А* добиваются фокусного совмещения со знаком *4*, а микрометрическим винтом *Б* определяют отклонения знака от оси. Если центр перекрестия трубы совпадает с центром перекрестия знака, значит оси совпадают. Выверив положение одной опоры, переносят знак *4* на следующую опору и выверяют ее таким же образом. Так поступают до окончания выверки всей линии опор. Оптический способ дает более точные результаты, чем способ по струне — степень точности 0,15—0,2 мм на 1 пог. м.

Если монтируется несколько линий опор, которые должны быть параллельны между собой в горизонтальной и вертикальной плоскостях, то сначала выверяют соосность и горизонтальность каждой из линий опор. Затем гидростатическим уровнем проверяют расположение опор обеих линий в одной горизонтальной плоскости (рис. 4.10, *в*). После этого, натянув на каждой линии шнуры, замеряют в нескольких местах расстояние между ними. Если эти расстояния одинаковы, оси опор параллельны. В противном случае регулируют положение опор, добиваясь равенства расстояний между ними. Так выверяют параллельность между опорами, лежащими в одной горизонтальной плоскости.

Параллельность линий опор, расположенных в вертикальной плоскости, выверяют следующим образом. Предварительно отвесом определяют, действительно ли оси опор расположены в вертикальной плоскости, а струной проверяют их соосность. Затем в нескольких местах замеряют расстояние между линиями опор. Если эти расстояния одинаковы, значит линии опор параллельны. В ином случае производят регулирование до получения желаемого результата.

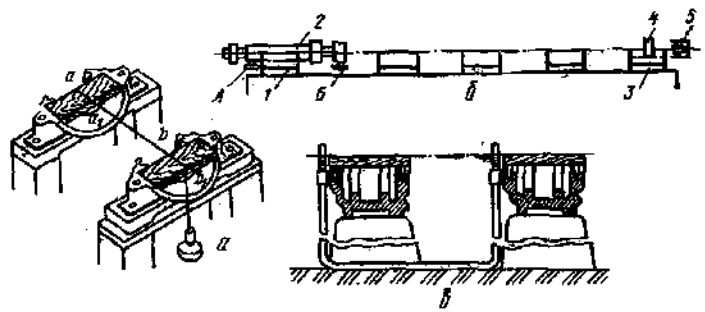


Рис. 4.10. Выверка опор на соосность (*а*, *б*) и горизонтальность (*в*)

После установки и выверки опор (подшипников) приступают к окончательной пригонке трущихся поверхностей вкладышей шабрением, добиваясь равномерного прилегания вала к вкладышам и легкости его вращения. Шабрение производят по валу или эталонной скалке. Начинают с шабрения нижних вкладышей (имеется в виду, что плоскости разъема пришабрены предварительно при сборке узлов), так как шабрение верхних вкладышей является более трудоемким и длительным: при каждой проверке на краску оно требует сборки подшипника, причем затягивать подшипник болтами надо каждый раз в одинаковой степени и равномерно. Верхние вкладыши шабрят до тех пор, пока поверхность не будет равномерно покрыта пятнами краски. Следует учитывать, что при шабрении верхних вкладышей расположение пятен на нижних вкладышах может меняться из-за неодинаковой затяжки гаек при очередных проверках на пятнистость. Поэтому по окончании шабрения верхних вкладышей производят окончательное шабрение (исправление) и выверку нижних вкладышей.

В процессе шабрения при каждой проверке на пятнистость вал нужно проворачивать, наблюдая за его прилеганием к вкладышам и легкостью вращения, иначе не будут обеспечены требования, предъявляемые к сопряжению вала и подшипника. Шабрение считается выполненным удовлетворительно, если пятна краски (с поперечными размерами около 3 мм) равномерно покрывают 75—85 % поверхности вкладыша. Для сокращения простоя машины в ремонте вкладыши шабрят предварительно (при сборке узлов), а затем окончательно пригоняют в процессе сборки машины.

Сборка узлов с опорами качения. Как показывают наблюдения, более чем 50 % случаев повреждений подшипников качения в процессе работы вызываются недостатками их монтажа.

При монтаже опор качения чаще всего монтируют подшипниковый узел, состоящий из собственно подшипника и вала, а иногда и корпуса, который одновременно насаживают на узел. Посадочные места на валу под подшипники качения обрабатывают с высокой точностью, и к их поверхностям предъявляются особенно строгие требования. Перед посадкой подшипника на вал и в корпус проверяют микрометром и штихмасом посадочные места, их размеры, а также наличие конусности и овальности, и внешним осмотром определяют состояние поверхности. Кроме того, шаблоном проверяют перпендикулярность заплечика вала его оси, индикатором — биение торца заплечика и шаблоном — радиус галтели заплечика вала и бортика корпуса.

Размеры и форма посадочных мест должны находиться в пределах допуска, на поверхностях не должно быть заусенцев, забоин, коррозионных язв, каких-либо загрязнений. Подшипник качения, насаживаемый на вал, предварительно промывают в

чистом бензине с 6—8 % минерального масла или же в минеральном масле, нагретом до 80—90 °С, независимо от того, новый этот подшипник или бывший в употреблении. Следует иметь в виду, что смазочный материал, которым покрыты новые подшипники, предохраняет их только от коррозии и не может служить смазкой для уменьшения трения во время их работы. После промывки подшипники сушат, затем для предохранения от коррозии полированных поверхностей немедленно покрывают чистой смазкой, особенно беговые дорожки и начинку (шарики или ролики).

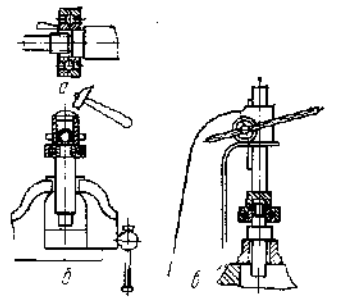


Рис. 4.11. Насадка подшипников качения на вал вручную (*а*, *б*) и под прессом (*в*)

Одним из непременных условий правильного монтажа подшипников качения является чистота рабочего места, инструментов, деталей и т. д. Подшипники на вал можно насаживать вручную медной выколоткой (рис. 4.11, *а*) или полой оправкой (рис. 4.11, *б*), а также под прессом (рис. 4.11, *в*). Пресс может быть гидравлическим или ручным. Наносить удары непосредственно по подшипнику нельзя даже «мягким» молотком. При насадке подшипников одним из указанных способов ни в коем случае нельзя передавать усилия через наружное кольцо подшипника, так как это приводит к образованию на беговых дорожках углублений от шариков или роликов.

Если вал впрессовывают в подшипник, последний укладывают внутренним кольцом на подкладную шайбу, отверстия которой больше, чем отверстие подшипника. Если при насадке подшипника обнаруживается местное заедание, это свидетельствует либо об искажении формы посадочного места вала (выпуклость, конусность, непрямолинейность), либо о его загрязнении. Когда подшипник с трудом насаживается на вал по всей длине посадочного места, нужно прекратить монтаж, так как, вероятнее всего, диаметр посадочного места вала выше предусмотренного чертежом. Если в таком случае насадка будет продолжена, то по ее окончании внутреннее кольцо окажется расположенным неперпендикулярно оси вала. Это объясняется тем, что более твердое кольцо подшипника будет соскабливать с более мягкого вала металл, который в виде мельчайшей стружки не только забьет место между торцом кольца и заплечиком вала, но и попадет на поверхность контакта между отверстием подшипника и вала. Кроме того, внутреннее кольцо подшипника раздастся больше нормы и произойдет заклинивание шариков.

Крупногабаритные подшипники или подшипники, монтируемые со значительными натягами (в случае, когда в собираемом узле вал неподвижен, а вращается корпус), перед насадкой

нагревают в масле до 80—90 °С и в горячем виде насаживают на вал. Этот способ значительно облегчает насадку подшипников, но используется только при насадке на посадочные места, расположенные на концах валов. *Если посадочное место расположено* в середине длинного гладкого вала, этот способ применять нельзя, так как нагретый подшипник может остыть до того, как он будет посажен на место, что приведет к его заклиниванию на валу. Снять такой подшипник с вала очень трудно: можно испортить обе детали. При посадке подшипника в корпус с натягом (в случае, когда в собираемом узле вал вращается, а корпус неподвижен) можно применять также горячий способ. В этом случае корпус осторожно нагревают в муфельной печи (до 90—100 °С) или просто в кипящей воде.

Недостатком способа горячей насадки подшипников является невозможность выявления излишнего натяга или неточности изготовления вала, которые легко установить при холодном способе насадки. Поэтому при использовании способа горячей *насадки необходим самый тщательный контроль посадочных* мест на валу.

Если подшипник насаживают на длинный и гладкий вал, то применяют закрепительные втулки, значительно облегчающие сборку и разборку узла. Иногда неисправный подшипник (особенно подшипник на закрепительной втулке) невозможно заменить другим из-за отсутствия нужной его марки, тогда следует применять переходные втулки, дающие возможность использовать подшипники других марок. Переходная втулка может быть использована также при замене подшипников, устанавливаемых на закрепительных втулках.

По окончании установки подшипника проверяют правильность монтажа. Прежде всего щупом выявляют, пригнан ли подшипник вплотную к заплечику вала, не образовался ли зазор. При неправильном монтаже подшипника могут быть зазоры двух видов — круговые и местные. Круговой зазор указывает на то, что подшипник не дожат до упора (заплечика). В этом случае подшипник дожимают тем же способом, каким он был насажен. Зазор может сохраниться и после дожатия, если фаска внутреннего кольца подшипника упирается в галтель заплечика вала, имеющую слишком большой радиус. При обнаружении такого дефекта подшипник снимают, исправляют галтель, после чего подшипник снова насаживают. Местный зазор указывает на перекос подшипника. Для устранения перекоса подшипник также снимают, выявляют причины перекоса, устраняют их, после чего подшипник насаживают повторно.

Упорные подшипники проверяют индикатором на торцевое биение кольца, вращающегося вместе с валом (тугое кольцо). Биение по беговой дорожке не должно превышать 0,03—0,08 мм. Особое значение имеет проверка радиального зазора (люфта) в смонтированном подшипнике. Несмотря на то что кольца подшипников качения изготовляют из очень твердой хромистой стали и закаляют до твердости 63—65 HRC, они все-таки деформируются под влиянием внешних усилий. Деформации при насадке относительно невелики, но при высокой точности сборки подшипников (малых внутренних люфтах) это может привести подшипник в негодность даже после очень непродолжительного срока работы.

После правильно проведенной сборки узла в подшипнике должен сохраниться некоторый люфт, который за счет раздачи внутреннего и сжатия наружного колец будет меньше первоначального зазора (до сборки). Если это уменьшение переходит определенный для данного подшипника предел, шарики или ролики защемляются между кольцами и подшипник либо вовсе не вращается, *либо вращается с торможением и при работе быстро нагревается и разрушается.* На величину посадочного люфта оказывают влияние следующие основные факторы: натяг между кольцами, валом и корпусом; качество обработки посадочных мест и способ насадки подшипника. Если после сборки узла в подшипнике люфт не обнаружен, подшипник снимают и после устранения причин, вызывающих этот дефект, снова насаживают. Чтобы установить, имеется ли посадочный люфт в подшипнике, проще всего проверить насаженный подшипник на легкость проворачивания от руки. При этом подшипник должен вращаться легко и плавно без заметного торможения.

Другой способ проверки заключается в том, что наружное кольцо подшипника, смонтированного на валу, покачивают рукой в осевом направлении. Этот метод, применяемый только к *однорядным радиальным подшипникам до их установки в корпус*, достаточно чувствителен. Так, при люфте порядка 2—3 мкм покачивание наружного кольца дает осевое смещение в *верхней точке, равное примерно 0,15—0,2 мм.*

Роликовые цилиндрические подшипники проверяют следующим образом. Установив в корпусе смонтированный на валу подшипник, поворачивают от руки вал и наблюдают за движением роликов. Весь люфт образуется в верхней части подшипника, вследствие чего верхние ролики могут перемещаться поступательно без вращения или вращаться с проскальзыванием. Если в диаметрально противоположных точках подшипника ролики вращаются, а в зонах, смещенных на 90°, проскальзывают, это значит, что одно из колец приняло эллиптическую форму вследствие искажения посадочных мест и что ролики в зонах их вращения защемляются. О наличии люфта свидетельствует качание роликов в ненагруженной зоне подшипника.

В смонтированных крупногабаритных роликовых однорядных *и двухрядных сферических подшипниках люфт может быть* выявлен щупом, который должен входить между роликами и наружным кольцом в ненагруженной части подшипника.

При проверке правильности сборки подшипникового узла следует обращать внимание на затяжку гайки (она должна быть плотно прижата, законтрена или зашплинтована, а торец

гайки перпендикулярен оси вала), а также на правильность развода зубцов стопорной шайбы (не поврежден ли при этом сепаратор подшипника) и т. п.

Валы

При установке и выверке валов добиваются: равномерного прилегания их трущихся поверхностей (цапф и шеек) к опорам (подшипникам); параллельности и перпендикулярности друг другу (в зависимости от требований); правильного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях; строгой соосности отдельных соединяемых звеньев вала; легкости и плавности вращения. Перед установкой (укладкой) валов опоры предварительно проверяют на *горизонтальность и параллельность или перпендикулярность осевых линий* (см. с. 195).

Уложенные в подшипники валы прежде всего проверяют по окраске на равномерность прилегания к вкладышам. Если проверка показывает неполное прилегание, это свидетельствует о неправильной установке подшипников или о плохой пригонке трущихся поверхностей. В этих случаях регулируют положение подшипников и подшабривают их.

Параллельность расположения валов проверяют различными способами. Одним из наиболее распространенных способов является проверка струной по шкивам и струной с помощью угольника. При отсутствии шкивов на обоих валах их параллельность можно проверять с помощью двух угольников, устанавливаемых на валах, между которыми протягивают струну.

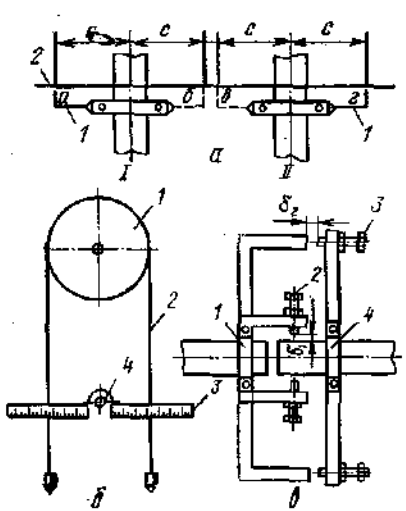


Рис. 4.12. Способы выверки валов

Более точной является проверка параллельности валов с помощью стрелок (рис. 4.12, *а*). Стрелки *1*, *изготовленные из* проволоки диаметром 3—5 мм, имеют хомуты, которыми они крепятся к валам. Нормально к выверенному валу (допустим, к валу *I*) протягивают струну *2* так, чтобы стрелка этого вала касалась в точке *а* на известном расстоянии *с* от оси вала. Поворачивая вал вместе со стрелкой на 180°, замечают, как она располагается относительно струны в точке *б*. То же проделывают с валом *II*. Если стрелки располагаются в точках *в* и *г* одинаково относительно струны (размер *с* выдерживается), валы параллельны. В противном случае положение вала *II* регулируют относительно вала *I*. К помощи стрелок прибегают и в том случае, когда на проверяемые валы насажены шкивы, диаметр одного из которых меньше. При этом проверка только струной не даст точного результата.

Параллельность валов, расположенных на сравнительно близком расстоянии друг от друга, выверяют с помощью штихмаса или штангенциркуля. Перпендикулярность валов проверяют специальным угольником или стрелкой с линейкой.

Положение валов в горизонтальной плоскости проверяют уровнем или стрелкой с отвесом, причем для удобства проверки уровень должен иметь призматическое основание. При проверке вторым способом отвес опускают рядом с проверяемым валом, на котором укрепляют стрелку, и определяют, *соприкасается ли стрелка со шнуром отвеса в верхнем и нижнем положении*. Если в обоих положениях стрелка одинаково касается шнура отвеса, значит вал расположен горизонтально.

Положение вала в вертикальной плоскости выверяют отвесами несколькими способами. Наиболее простой и вместе с тем достаточно точный из них заключается в следующем. Ниже проверяемого вала *1* (рис. 4.12, *б*) натягивают струну *4* так, чтобы ее положение соответствовало вертикальной проек*ции правильного положения геометрической оси проверяемого вала. На стру*ну вешают отбалансированную симметричную линейку *3* с одинаковыми делениями на обеих половинках, занимающую всегда горизонтальное положение. Если обе ветви отвеса *2* отсекают на линейке одинаковые деления, это свидетельствует о правильном положении вала в вертикальной плоскости. При смещении вала в сторону ветви отвеса будут отсекать на линейке разные деления.

Таким образом удается установить величину отклонения вала от вертикальной плоскости. Так, если одна ветвь отвеса *отсчитывает на линейке 50 мм, а другая 40 мм, это значит, что* величина отклонения вала от вертикальной плоскости составляет $(50-40)/2 = 5$ мм. Перемещая подшипники, меняют положение вала до тех пор, пока не получится одинаковый отсчет по линейке на обеих ветвях отвеса.

Нарушение соосности звеньев вала (соединяемых обычно муфтами) характеризуется радиальным смещением (оси параллельны) и переломом осевых линий (оси непараллельны) и происходит главным образом из-за неправильной установки подшипников. Радиальное смещение звеньев вала выявляют следующими способами. На конец одного звена укрепляют хомут с отогнутой лапой, снабженной микрометрическим винтом, который выставлен по щупу на расстояние 0,3—0,4 мм от цилиндрической поверхности второго звена, и в этом положении винт закрепляют контргайкой. Если при поворачивании одного звена относительно другого указанное выше расстояние (проверяемое щупом) сохраняется, значит звенья соосны. Наличие разницы между этими расстояниями свидетельствует об отсутствии соосности. В соответствии с величиной этой разницы можно, регулируя положение опор, а следовательно, и валов,

добиться требуемой соосности. По этому же принципу работают индикаторные приборы, дающие более точные результаты.

Если на концы звеньев вала насажены фланцы или тарелки муфт, их радиальное смещение может быть установлено следующим способом. Линейку прикладывают к образующей одной тарелки и промеряют зазор между линейкой и образующей второй тарелки муфты в нескольких положениях при повороте одного звена относительно другого. Наличие разных зазоров указывает на отсутствие соосности. Такая проверка возможна только в случае, если обе тарелки муфты изготовлены с достаточной точностью. На наличие смещения осей звеньев будет указывать также и нарушение соосности отверстий под болты в муфте.

Перелом осевых линий звеньев вала может быть выявлен несколькими способами. Наиболее простым из них является проверка с помощью двух угольников, укрепляемых хомутами на концах звеньев вала с зазором между полками 0,3—0,4 мм. Поворачивая звенья вала, щупом замеряют зазор между полками угольников в одном и том же месте. Если величина зазора не изменяется, перелома осей нет, в противном случае по разнице в зазоре, зафиксированной в определенных положениях, регулируют взаимное расположение звеньев путем соответствующей выверки подшипников. Более точная проверка может быть произведена с помощью двух стрелок, укрепляемых хомутами на концах звеньев вала на определенном расстоянии друг от друга. В этом случае (как и в предыдущем) перелом осей выявляют замером зазора при повороте вала.

Если на концах звеньев насажены фланцы или тарелки муфты, перелом осей легко обнаруживают, замеряя щупом или калиброванным клином торцевой зазор между тарелками.

При сборке машин чаще всего приходится выявлять одновременно радиальное смещение и перелом осей соединяемых звеньев вала. Для этой цели используются различные проверочные приспособления, одно из которых показано на рис. 4.12, *в*. На концах проверяемых валов укреплены хомуты *1* и *4*, которые снабжены микрометрическими винтами *2* и *3*. Выставив по щупу винты соответственно на расстояния δ_1 и δ_2, поворачивают оба вала. Если в новом положении (на рис. 4.12, *в* показано тонкими линиями) расстояния δ_1 и δ_2 сохраняются, значит, валы соосны и их оси не имеют перелома; нарушение расстояния δ_2 свидетельствует о нарушении соосности, а расстояния δ_1 — о наличии перелома осей валов. Регулированием положения опор достигают необходимой соосности и устраняют перелом осей валов.

Для проверки звеньев, на концы которых насажены тарелки муфты, применяют следующий способ. К одной из тарелок прикрепляют кронштейн, снабженный микрометрическим винтом, выставленным по щупу с зазором относительно образующей второй тарелки; перед проверкой замеряют зазоры. Затем, поворачивая вал, фиксируют изменение этих зазоров в определенных положениях и по результатам замеров судят о том, соблюдена ли соосность между звеньями вала.

После выверки положения вала поворотом от руки проверяют легкость его вращения. Если после сборки вал трудно поворачивается от руки, это свидетельствует о неправильной его установке или о том, что подшипник перетянут. Кроме того, собранный вал проверяют на качание в зазоре. Для этого вал подпирают ломиком и, покачивая его, щупом определяют зазоры между валом и подшипниками. Зазоры должны быть в пределах заданных величин. После всех проверок производят окончательную отладку и смазку подшипников и вложенных в них валов.

Ременные передачи

В машинах текстильной и легкой промышленности широко применяются плоские и клиновидные ременные передачи всех видов. Независимо от вида к ним предъявляются следующие основные требования: обеспечение передачи заданной мощности и вращения с заданным отношением угловых скоростей и надежность в работе. Выполнение этих требований в значительной мере зависит от качества сборки, установки и выверки шкивов и качества ремня, а также от способа соединения его концов.

При сборке шкивов необходимо обеспечить: центральное положение их на валах без торцевого биения; правильное расположение относительно друг друга попарно работающих шкивов; их балансировку и т. д. Шкивы в зависимости от назначения закрепляют на валах призматическими, сегментными и клиновидными шпонками затяжкой на конусе, разрезными коническими втулками (рис. 4.13) и т. д. или свободно насаживают на вал (холостые и направляющие шкивы).

Чтобы качество сборки, установки и выверки шкивов было высоким, необходимо соблюдать следующие условия: у шкивов, поступающих на сборку, посадочные отверстия ступицы и обода должны быть строго концентричными и чисто обработанными, а торцы — перпендикулярными оси шкива; у шкивов для клиновидной передачи, кроме того, форма канавки и сечение ремней должны быть взаимно увязаны; шпоночные канавки и посадочные поверхности шкива и вала должны соответствовать друг другу; шкивы должны быть хорошо отбалансированы

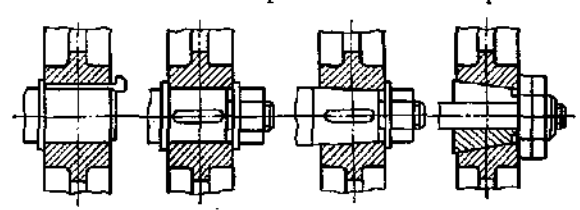


Рис. 4.13. Способы крепления шкивов на валу

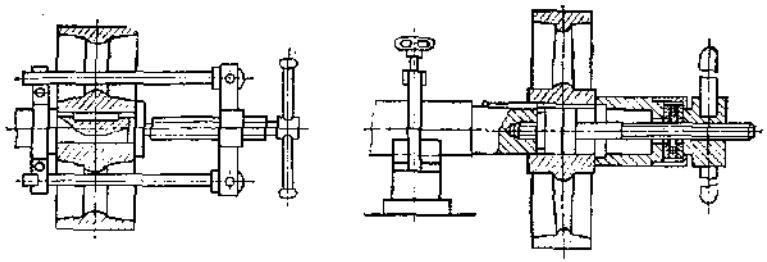


Рис. 4.14. Приспособления для насадки шкива на вал

(см. с. 216); шпонки, конические затяжные втулки, резьбовые крепежные и другие детали, участвующие в соединении, должны быть предварительно проверены на соответствие требованиям чертежа.

Рабочие шкивы, закрепляемые на шпонке, насаживают на вал с тугой или напряженной посадкой. Перед насадкой шкив хорошо очищают, проверяют на торцевое и радиальное биение, а затем смазывают его посадочное отверстие индустриальным маслом.

Часто шкивы на вал насаживают, ударяя молотком или кувалдой по торцу ступицы. Такой способ малопроизводителен, а главное, не обеспечивает должного качества сборки (возможны перекос и даже поломка шкива, образование на нем ссадин, а также изгибание вала). Поэтому лучше всего насаживать шкив на вал при помощи специальных приспособлений, конструкции двух из которых показаны на рис. 4.14.

Насадку шкива на конический конец вала производят без каких-либо приспособлений; необходимый натяг обеспечивается затяжкой гайки. То же относится и к случаю, когда шкив на валу укрепляют с помощью конической втулки.

Посаженный и закрепленный на валу шкив проверяют индикатором на торцевое и радиальное биение, величина которого не должна превышать допусков, предусмотренных техническими условиями. Шкивы, насаженные на валы в виде собранных узлов, устанавливают затем на машину так, чтобы плоский ремень, перекинутый через них, располагался посередине ободьев (рис. 4.15, *а*) и во время работы не сбегал с них, а клиновидный укладывался в канавках, как показано на рис. 4.15, *б*. Поэтому шкивы, установленные в машине, должны быть выверены на правильность их взаимного расположения.

При выверке шкивов открытой плоскоременной передачи добиваются того, чтобы торцы шкивов с одинаковой шириной обода были расположены в одной плоскости, а если шкивы имеют различную ширину обода, то торцы шкива с более узким ободом должны быть расположены на равном расстоянии от торцов более широкого шкива. В обоих случаях середины ободьев двух шкивов должны быть расположены по одной нормали к осям валов, на которые эти шкивы насажены.

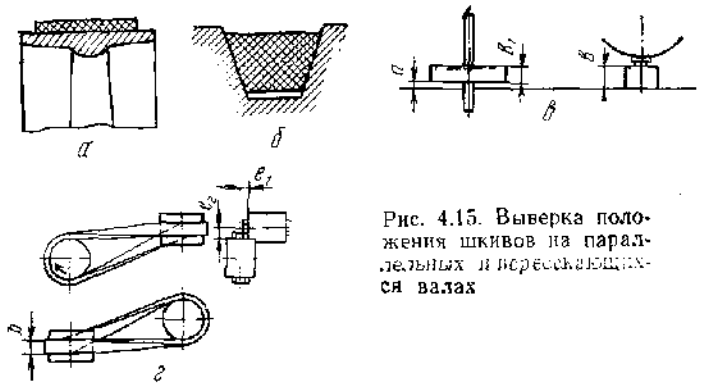


Рис. 4.15. Выверка положения шкивов на параллельных и пересекающихся валах

Если валы, на которые насажены выверяемые шкивы, находятся друг от друга на расстоянии, не превышающем 1—1,5 м, установку и выверку шкивов производят по поверочной линейке. При большем расстоянии пользуются струной, натянутой нормально к оси валов. При одинаковой ширине шкивов струна должна по прямой касаться их торцов. Если же шкивы имеют неодинаковую ширину B и B_1 (рис. 4.15, *в*), струна, протянутая по торцу более широкого шкива, должна отстоять от торца более узкого шкива на величину $a = (B - B_1)/2$.

Шкивы для клиновидной ременной передачи устанавливают так, чтобы их канавки были расположены по одной линии. Выверку производят по линейкам с трапециевидным сечением или стержнями круглого сечения. Две линейки или два стержня, уложенные в крайние канавки шкивов, должны быть взаимно параллельны.

При установке шкивов для полуперекрестной ременной передачи нужно иметь в виду, что натяжение ремня распределяется по его ширине неравномерно. Поэтому чтобы ослабить вредное влияние неравномерного натяжения, шкивы при установке смещают (рис. 4.15, *г*). При ширине ремня b ведущий шкив смещают примерно на величину $e_1 = (0{,}1 \ldots 0{,}2)b$, а ведомый на величину $e_2 = (0{,}5 \ldots 0{,}6)b$.

Величину смещения невозможно заранее установить точно ввиду того, что на равномерность натяжения оказывает влияние множество факторов. Поэтому ее окончательно определяют после нескольких пробных пусков передачи.

Зубчатые передачи

Зубчатые передачи являются самыми распространенными и вместе с тем наиболее ответственными видами передач движения и мощности в машинах текстильной и легкой промышленности. Правильно изготовленные и собранные зубчатые передачи отличаются компактностью, высоким КПД, плавностью и бесшумностью движения, долговечностью и надежностью в работе. Уход за ними также не представляет трудностей.

Различают передачу с цилиндрическими, коническими и червячными шестернями. Для зубчатых передач стандартами установлены двенадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности степенями 1—12. В машинах текстильной и легкой промышленности применяются преимущественно передачи 7, 8 и 9-й степени точности.

Чтобы избежать заклинивания зубьев, в зацеплении должен быть гарантирован боковой зазор, величина которого регламентируется видом сопряжения. Требования к боковому зазору не зависят от степени точности и определяются видом сопряжения по нормам бокового зазора. ГОСТ 1643—81 и СТ СЭВ 641—77 предусматривают шесть видов сопряжений шестерен в передаче и восемь видов допуска на боковой зазор, которые обозначают буквами латинского алфавита. Виды сопряжений обозначаются прописными буквами *H, E, D, C, B, A*, а виды допуска на боковой зазор — строчными буквами *h, e, d, c, b, x, y, z*.

В передачах, применяемых в машинах текстильной и легкой промышленности, используют последние два вида сопряжения (*B* и *A*). Сборка этих передач предусматривает: насадку шестерен на вал, установку (укладку) валов с шестернями в опорах, выверку и регулировку зацепления шестерен.

Цилиндрическая зубчатая передача. Собранная передача с цилиндрическими шестернями должна отвечать следующим основным требованиям: оси валов, на которых размещены сцепления шестерни,— быть параллельными между собой; межцентровое расстояние — находиться в пределах заданного допуска; зазоры (радиальный и боковой) между зубьями специальных шестерен — соответствовать заданным пределам; зубья — соприкасаться по определенной площади (по определенному пятну касания). Все эти требования необходимо выдерживать в процессе сборки.

Шестерни, поступающие на сборку, должны строго соответствовать чертежу и техническим условиям. Особое внимание при этом обращают на то, чтобы зубчатые колеса имели постоянный шаг, строго концентричное расположение зубчатого венца относительно оси вращения шестерни и посадочного отверстия ступицы колеса, и были отбалансированы (см. с. 216).

Технические требования на сборку зубчатых передач определяются в зависимости от назначения передачи и точности ее изготовления и сборки. Цилиндрические зубчатые передачи 7-й степени точности предназначаются для работы с окружными скоростями до 10 м/с для прямозубых и 20 м/с для косозубых шестерен; передача имеет повышенный КПД; при работе отмечается слабый шум; обработка зубьев точная. Передача 8-й степени точности — средненагруженные, работают с окружными скоростями до 5 м/с (для прямозубых) и 9 м/с (для косозубых) шестерен. Передача имеет нормальный КПД: шум при работе — гудящий; точность исполнения — средняя. Передачи 9-й степени точности применяются в неответственных узлах: окружная скорость — до 3 м/с (для прямозубых) и 6 м/с (для косозубых) шестерен; точность изготовления — пониженная.

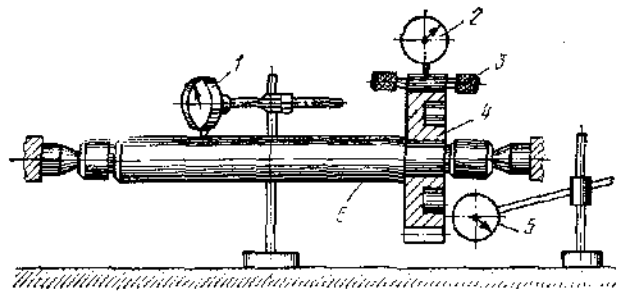


Рис. 4.16. Проверка шестеренного узла на биение

Шестерни закрепляют на валу так же, как рабочие шкивы. Подвижные шестерни насаживают на многошпоночные (шлицованные) валы.

Собранный узел (вал с насаженной шестерней) перед установкой на машину проверяют индикатором на биение. Эту проверку производят в центровом приспособлении (рис. 4.16) или на призмах. Величину радиального биения зубчатой поверхности выявляют следующим образом. Между зубьями шестерни *4* укладывают цилиндрический калибр *3*, в который упирается штифт индикатора *2*, и отмечают показания индикатора. Поворачивая вал с шестерней на некоторый угол и каждый раз перекладывая калибр *3* через 2—3 зуба, выявляют разницу в показаниях индикатора для всей ширины шестерни, которая характеризует величину ее радиального биения.

Допустимое радиальное биение зубчатого венца зависит от степени точности и диаметра шестерен. Так, для шестерен 7-й степени точности с диаметрами 50—320 мм допустимое радиальное биение составляет 32—70 мкм, для шестерен 8-й, 9-й степени точности соответственно 50—110 и 80—180 мкм. Если радиальное биение выходит за пределы допустимых величин, причину следует искать в наличии эксцентриситета между отверстием шестерни и ее зубчатым венцом, а также в неравномерной толщине зубьев по окружности колеса.

Величину торцевого биения насаженной шестерни выявляют на том же приспособлении с помощью индикатора *5* (см. рис. 4.16). Торцевое биение допускается в пределах 0,05—0,08 мм на 100 мм диаметра шестерни. Если торцевое биение больше допустимого, значит при насадке шестерни на вал допущен перекос или сама шестерня имеет дефекты (перекос геометрических осей посадочного отверстия и зубчатого венца). Чтобы исключить другие ошибки, которые могут при проверке шестерен влиять на показания индикатора, необходимо убедиться в том, что вал *6*, на который насажена шестерня, не имеет биения. Эту проверку производят индикатором *1*.

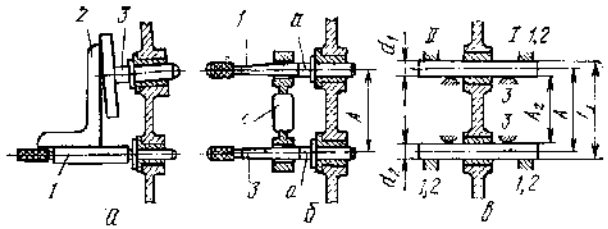


Рис. 4.17. Выверка параллельности осей опор (*а*) и межцентрового расстояния (*б*, *в*) цилиндрических зубчатых передач

Перед установкой собранных и проверенных шестеренных узлов в ремонтируемую машину необходимо также проверить, нет ли перекоса геометрических осей опор, в которые будут укладываться валы с насаженными шестернями, их параллельность, а также расстояние между этими осями (межцентровое расстояние, равное сумме радиусов обеих начальных окружностей).

Параллельность и перекос осей опор проверяют контрольными скалками *1*, *3* и угольником *2* (рис. 4.17, *а*). Величина допустимой непараллельности и перекоса зависит от степени точности и модуля (m) зубчатых передач. Например, для передач 7-й степени точности с $m = 1 \ldots 30$ мм непараллельность и перекос осей не должны превышать 17—50 мкм (на длине, равной ширине шестерни), а для передач 9-й степени точности — 26—80 мкм.

Межцентровое расстояние A проверяют при помощи контрольных валов *1*, *3* и калибра *2* (рис. 4.17, *б*). По тому, надевается калибр *2* на цилиндрические заточки *а* у контрольных валов *1* и *3* или нет, судят о допустимых или недопустимых отклонениях размера межцентрового расстояния. Межцентровое расстояние можно также измерить одним из универсальных измерительных инструментов, например микрометром, штангенциркулем *1*, *2* или штихмасом *3* (рис. 4.17, *в*). Для этого в опоры укладывают контрольные валы с диаметрами d_1 и d_2. Микрометром или штангенциркулем измеряют размер A_1 или штихмасом — размер A_2.

По первому измерению межцентровое расстояние можно рассчитать по формуле

$$A = A_1 - (d_1 + d_2)/2,$$

а по второму — по формуле

$$A = A_2 + (d_1 + d_2)/2.$$

Произведя измерения в двух положениях (*I* и *II* — см. рис. 4.17, *в*), можно по разнице расстояний между валами в этих положениях выявить непараллельность опор.

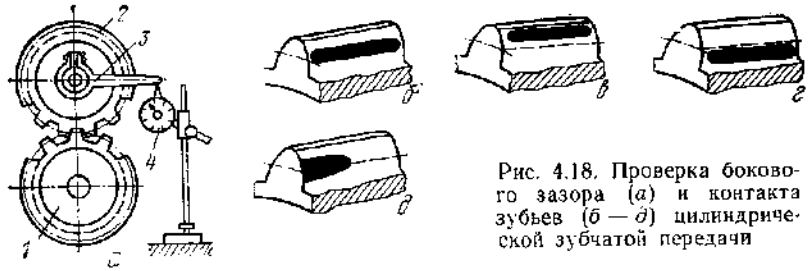


Рис. 4.18. Проверка бокового зазора (*а*) и контакта зубьев (*б* — *д*) цилиндрической зубчатой передачи

Предельные допустимые отклонения межцентрового расстояния могут быть положительными (т. е. в сторону раздвижки осей) и отрицательными (т. е. в сторону сближения осей). Смещение осей в определенных пределах не нарушает правильности эвольвентного зацепления. Предельные отклонения (±) межцентрового расстояния зависят от номинального значения A (см. с. 208) и вида сопряжения передачи. Так, при межцентровых расстояниях до 800 мм для сопряжения вида A (см. с. 206) предельные отклонения межцентрового расстояния составляют 60—180 мкм, а для сопряжения вида B — 100—280 мкм.

Если проверка или измерения показали, что межцентровое расстояние не соответствует допустимым предельным отклонениям, необходимо устранить указанную погрешность, так как иначе передача не будет работать нормально. Так, если межцентровое расстояние больше допустимого, в передаче (особенно быстроходной) из-за увеличения зазоров между зубьями возникают дополнительные динамические нагрузки, что может вызвать быстрый износ и даже поломку зубьев. Если межцентровое расстояние меньше допустимого, зазор, наоборот, уменьшается, и это может вызвать заедание и поломку зубьев. Для устранения указанных погрешностей надо перепрессовать втулки, на которые будут опираться валы с насаженными шестернями, или путем их подгонки довести отклонения межцентрового расстояния до допустимой величины. Затем устанавливают валы с насаженными на них шестернями и регулируют зацепление.

Как уже отмечалось, между сцепленными зубьями шестерен должен быть боковой зазор (C_n) для смазочного слоя и свободного расширения шестерен в результате их нормального разогрева в процессе эксплуатации.

Боковой зазор можно проверить и измерить различными способами. Самый простой из них — проверка щупом. О величине зазора можно судить и по толщине свинцовой проволоки, прокатанной между зубьями сцепленных шестерен. Этот способ применяется при сборке крупномодульных передач. Наконец, зазор может быть проверен и измерен индикаторным прибором (рис. 4.18, *а*). Шестерню *1* защемляют, а на валу шестерни *2* закрепляют поводок *3*, упирающийся своим концом в штифт индикатора *4*. В этих условиях шестерня *2* может поворачиваться вокруг своей оси по часовой стрелке и против нее только на величину бокового зазора зацепления. Размер

бокового зазора подсчитывают по показанию индикатора (K) по формуле

$$C_n = KR/L,$$

где R — радиус начальной окружности шестерни, мм; L — длина поводка, мм.

Зависимость изменения бокового зазора ΔC_n от изменения межцентрового расстояния ΔA может быть с достаточной точностью представлена для зацепления с углом $\alpha = 20°$ выражением

$$\Delta C_n = 2\Delta A \sin 20° = 0{,}684\Delta A.$$

Величины гарантированного бокового зазора C_n регламентированы стандартом в зависимости от вида сопряжения и межцентрового расстояния. Так, при межцентровых расстояниях до 800 мм для сопряжения вида B величина C_n составляет 85—340 мкм, а для сопряжения вида A — 170—670 мкм.

Зазоры для сборки передач указываются в сборочных чертежах. Если измеренный зазор отличается от предписанной величины, причиной может быть нарушение межцентрового расстояния и размеров (толщины) зубьев. После определения бокового зазора зацепление проверяют по краске. Эта проверка в определенной мере является комплексной; она дает возможность простым способом выявить правильность касания зубьев, нарушения межцентрового расстояния и наличие перекоса валов.

Для проверки по краске меньшую шестерню из сцепленной пары покрывают тонким слоем лазури. После этого сцепленную пару проворачивают, в результате чего краска с меньшей шестерни переносится на бо́льшую. Если сцепление собрано правильно, краска должна покрывать среднюю часть боковой поверхности зубьев (рис. 4.18, *б*). Стандартом регламентированы следующие размеры пятна контакта (% длины и высоты зуба) в зависимости от степени точности цилиндрической передачи: для 7-й степени точности — по высоте не менее 45 и по длине не менее 60; для 8-й — не менее 40—50 и для 9-й — не менее 30 и 40 соответственно. Если пятно краски располагается около вершины (рис. 4.18, *в*) или у впадины зубьев (рис. 4.18, *г*), это означает, что межцентровое расстояние соответственно увеличено или уменьшено; если пятно располагается в начале или конце зубьев по их длине (рис. 4.18, *д*), это свидетельствует о перекосе валов (меры по устранению указанных неисправностей были описаны ранее).

Высокоскоростные передачи проверяют также на шум. Показатели интенсивности шума (дБ) определяют в зависимости от окружной скорости шестерен. Так, при скорости 5—6,5 м/с допускается интенсивность шума в пределах 80—95 дБ, при скорости 6,6—8 м/с — в пределах 85—100 дБ и при скорости 8,1—9,5 м/с — в пределах 90—105 дБ. При минимальном значении интенсивности шума передаче дается отличная оценка, при максимальном — удовлетворительная.

Коническая зубчатая передача. Все сказанное о сборке цилиндрических зубчатых передач полностью относится и к коническим передачам. Однако сборка конических передач имеет

некоторые особенности, обусловленные иным расположением валов, иной геометрией зацепления, переменной толщиной зубьев (убывающей к вершине шестерни) и др. Конические шестерни и передачи по точности изготовления и сборки, так же как и цилиндрические, подразделяются на двенадцать степеней точности.

В машинах текстильной и легкой промышленности чаще всего применяются конические зубчатые передачи 7, 8 и 9-й степеней точности. Передачи 7-й степени точности предназначаются для передачи сравнительно больших мощностей при скоростях до 6 м/с (для прямозубых) и 13 м/с (для косозубых) шестерен; передача имеет повышенный КПД; зубья шлифуются; при работе отмечается слабый шум. Передачи 8-й степени точности применяются для передачи средней мощности; окружные скорости — до 3 м/с (для прямозубых) и 7 м/с (для косозубых) шестерен; точность обработки — средняя; передача имеет пониженный КПД; при работе отмечаются шум и слабые удары. Передачи 9-й степени точности — тихоходные, передают небольшие мощности при окружных скоростях до 2,5 м/с (для прямозубых) и 5 м/с (для косозубых) шестерен; точность изготовления и КПД — низкие.

Конические передачи с высокой степенью точности изготовить гораздо сложнее, чем цилиндрические. Поэтому допуски для элементов конических шестерен, характеризующие степень точности, несколько больше, чем для цилиндрических. При сборке конических передач должны быть соблюдены: правильность пересечения осей валов передачи; точность угла между осями шестерен; оптимальная величина бокового зазора; правильность касания зубьев. Эти условия определяют качество конической передачи.

Правильность пересечения осей проверяют с помощью калиброванных скалок, имеющих срезанные вдоль оси концы (рис. 4.19, *а*, *б*). Скалки вставляют в отверстия корпуса и специальным калибром или щупом измеряют расстояние δ между плоскостями срезанных концов скалок. Значение δ не должно превышать регламентированных стандартом величин. Так, для передач 7-й степени точности при различных торцевых модулях (свыше 1 до 16) и разной длине образующей делительного конуса значения должны находиться в пределах 19—36 мкм; для передач 8-й степени точности — в пределах 24—45 мкм и для передач 9-й степени точности — в пределах 30—55 мкм.

Точность угла между осями может быть выявлена при помощи калиброванной скалки *1* и специального шаблона *2* (рис. 4.19, *в*). В этом

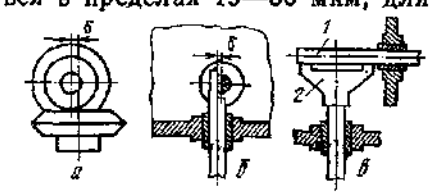


Рис. 4.19. Выверка пересечения осей (*а*, *б*) и угла между ними (*в*) в конической передаче

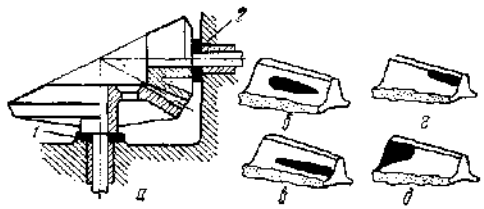


Рис. 4.20. Регулирование конической передачи прокладками (*а*) и проверка контакта зубьев по пятну касания (*б* — *д*)

случае для удобства измеряют не угол, а отклонение осей, образующих этот угол. Сначала в одно отверстие корпуса вставляют шаблон *2*, а затем в другое пропускают скалку *1*. Шаблон подводят к скалке и щупом проверяют место их соприкосновения. Если оси отверстий не образуют прямого угла, между одной из лапок шаблона и скалкой образуется зазор, который обнаружится щупом. Предельные отклонения (например, межосевого угла на длине образующей 200 мм) составляют ±0,08 мм (сопряжение вида В) и ±0,12 мм (сопряжение вида А).

После проверки расположения опор в них вставляют валы с насаженными коническими шестернями и начинают регулировать зацепление, чтобы получить необходимый боковой зазор между зубьями и полноту контакта боковых поверхностей зубьев. Зацепления регулируют путем подбора мерных стальных или латунных прокладок *1* и *2* и перемещения шестерен в осевом направлении (рис. 4.20, *а*). В некоторых конструкциях передач регулирование зацепления производится специально предусмотренной гайкой.

В процессе регулирования зацепления щупом, индикатором или свинцовой пластинкой проверяют также размер бокового зазора. Минимальная величина бокового зазора определяется в зависимости от степени точности и диаметра шестерен и колеблется в пределах 0,05—0,16 мм. Величина зазора, до которой должно быть отрегулировано зацепление, указывается в сборочном чертеже. Полноту контакта боковых поверхностей сцепленных зубьев проверяют по краске. В зависимости от степени точности передачи должны быть выдержаны следующие размеры пятен по высоте и длине, %: для передач 7-й степени точности — 60, 8-й — 50 и 9-й — 40.

В хорошо собранной передаче пятна краски должны покрывать на большой парной шестерне среднюю часть боковых поверхностей ее зубьев, ближе к узкому их концу (рис. 4.20, *б*). При таком контакте облегчается деформация зубьев под нагрузкой, что способствует увеличению контактной поверхности. Иное расположение пятна контакта свидетельствует о дефектах сборки. Так, если шестерни чрезмерно сближены и боковой зазор сужен, пятно краски располагается, как показано на рис. 4.20, *в*. Если угол между осями валов больше или меньше заданного, краска покрывает места зубьев, показанные соответственно на рис. 4.20, *г*, *д*. В случае перекоса осей шестерен краска плотно располагается на одной стороне зуба на узком,

а на другой — на широком конце. Дефекты сборки передачи устраняют, производя требуемую пригонку.

Червячная передача. В соответствии со стандартом зависимости от характера и условий работы, окружной скорости, чистоты поверхности и принципа обработки червячные передачи разделяются по точности на двенадцать степеней. В текстильном и легком машиностроении находят применение червячные передачи 7, 8 и 9-й степеней точности.

Передачи 7-й степени точности являются силовыми, они работают с окружной скоростью до 7,5 м/с; червяки выполняются шлифованными, шестерни нарезаются шлифованными червячными фрезами; чистота обработки зубьев и КПД — повышенные. Передачи 8-й степени точности предназначены для кратковременной работы при окружной скорости шестерни до 3 м/с; чистота обработки червяка и зубьев шестерни — средняя; КПД — средний. Передачи 9-й степени точности — тихоходные; окружная скорость менее 1,5 м/с; червяк выполняется точным; колесо — фрезерованным; КПД — низкий.

Чтобы червячная передача работала плавно и надежно, обработка червяка, червячной шестерни и их опор, а главное, их сборка должны быть выполнены с достаточной степенью точности. Качество сборки червячной передачи определяется точным соблюдением: межосевого расстояния; угла скрещивания осей червяка и червячной шестерни; совпадения средней плоскости шестерни с осью червяка; бокового зазора между витком червяка и профилем зуба шестерни. Если передачу собирают в корпусе (например, редуктор), первые два условия должны быть соблюдены при изготовлении или ремонте корпуса.

Межосевое расстояние в червячной передаче должно быть выдержано значительно строже, чем в передачах других видов. Это объясняется тем, что в червячной передаче как уменьшение, так и увеличение межосевого расстояния сказывается на ее работе более отрицательно, чем в цилиндрической эвольвентной передаче.

Точность межосевого расстояния A проверяют калиброванными скалками *1* и *2* и шаблоном *3* (рис. 4.21, *а*). Для этого сначала сквозь отверстие пропускают под вал шестерни скалку *1* с насаженным на нее шаблоном *3*, а затем скалку *2* и мерными концевыми плитками или калибром промеряют расстояние a между верхней мерительной плоскостью шаблона и скалкой *2*. Зная расстояние a, размер b шаблона и диаметр d скалки *2*, рассчитывают межосевое расстояние:

$$A = b + a + d/2.$$

Отклонение межосевого расстояния у червячных передач различных степеней точности может колебаться в пределах ±0,03—0,21 мм. Чем выше степень точности и меньше межосевое расстояние, тем меньше предельное отклонение, и наоборот.

Особенно строго в червячной передаче должен быть выдержан угол скрещивания осей. Даже небольшой перекос осей (2—3°) может быть причиной сильного шума и износа рабочих

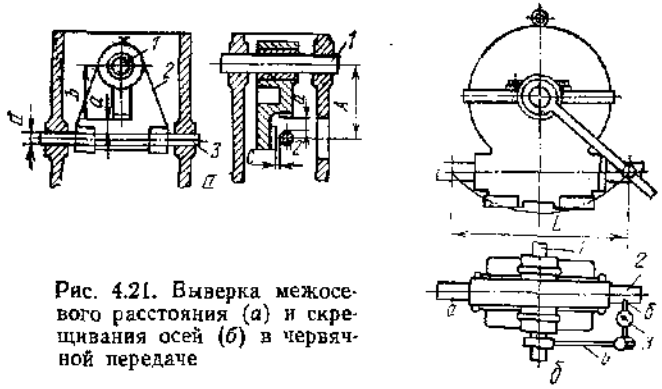


Рис. 4.21. Выверка межосевого расстояния (*а*) и скрещивания осей (*б*) в червячной передаче

поверхностей. Перекос осей выявляют разными способами. Например, пользуясь скалками и шаблоном (см. рис. 4.21, *а*), плитками или щупом, замеряют расстояние *C* между нижними мерительными плоскостями шаблона *2* и скалкой *3*.

Другой способ проверки перекоса осей заключается в следующем. В расточках корпуса устанавливают скалки *1* и *2* (рис. 4.21, *б*). На верхней скалке *1* хомутом закрепляют стойку *4* с индикатором *3*. Поворачивая стойку индикатора (вместе со скалкой) в правое и левое положение, фиксируют показания индикатора в точках *а* и *б* по длине *L* и по этим показаниям судят о наличии перекоса. При отсутствии перекоса показания индикатора в двух указанных положениях одинаковы.

Перекос осей на ширине шестерни у осевых передач различных степеней точности модулей может колебаться от 0,013 (модуль 1—2,5 мм) до 0,055 (модуль 10—16 мм). Чем выше степень точности, меньше межосевое расстояние и модуль, тем меньше перекос, и наоборот.

Боковой зазор между зубьями шестерни и витками червяка при их вращении практически оказывается неодинаковым. Величину колебаний бокового зазора за один оборот шестерни у передач определяют в зависимости от вида сопряжения и межосевого расстояния. Так, для сопряжения вида В боковой зазор составляет 0,055—0,53 мм (соответственно для межцентровых расстояний 40 и 1250 мм), а для сопряжения вида А — соответственно 0,11 и 0,75 мм.

Непосредственные измерения бокового зазора очень сложны, поэтому о нем судят по величине углового смещения (мертвого хода), вызываемого боковым зазором. Величину углового смещения можно определить с помощью градуированного диска (лимба) *1* (рис. 4.22, *а*), насаженного на вал червяка *2*, и индикатора *3*, штифт которого упирается в зуб шестерни *4*. Поворачивая червяк до момента начала вращения шестерни (выявляемого по сдвигу стрелки индикатора), отмечают по показа-

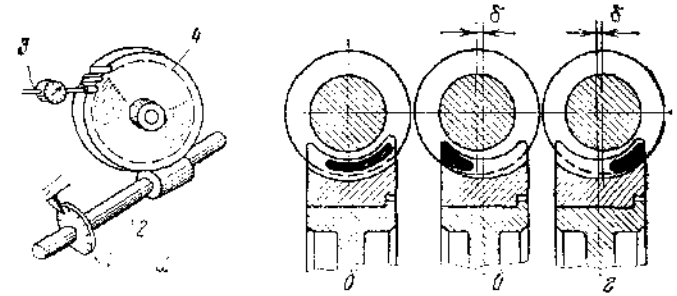


Рис. 4.22. Определение углового смещения (*а*) и проверка контактов зубьев по пятну касания (*б* — *г*) в червячной передаче

нию градуированного диска *1* угол поворота червяка. Этот угол и будет характеризовать угловое смещение (ψ) передачи. По значению ψ можно подсчитать величину бокового зазора по формуле

$$C_n = \psi m_o Z/412,$$

где m_o — осевой модуль; Z — число заходов червяка.

Совпадение средней плоскости шестерни с осью червяка (в ортогональной передаче) тоже является одним из важнейших условий качественной сборки передачи. Так, при незначительном нарушении этого условия (при боковом смещении только на 0,1 мм) в передаче возникает сильный шум. После правильной выверки шум исчезает.

Боковое смещение выявляют по пятну контакта проверкой по краске. На винтовую поверхность червяка наносят тонкий слой краски (лазури или свинцового сурика). При медленном вращении червяка и слабом торможении шестерни краска отпечатывается на зубьях червячной шестерни. По расположению пятен определяют правильность сборки передачи, т. е. устанавливают отсутствие бокового смещения и перекоса осей. Краска должна покрывать рабочую поверхность зуба (рис. 4.22, *б*) по высоте, %: не менее чем на 60 у передач 7-й степени точности, 50 — у передач 8-й степени и 30 — у передач 9-й степени, а по длине зуба — не менее чем на 65, 50 и 35 % соответственно.

При одностороннем расположении краски на зубьях шестерни (рис. 4.22, *в*, *г*) необходимо переместить ее вдоль оси на величину δ до получения оптимального касания.

Хорошо собранная червячная передача должна легко проворачиваться. В ответственных и мощных передачах легкость вращения холостого хода проверяют следующим образом. На червячный вал наматывают шнур, который перекидывают через два ролика, укрепленных на кронштейне. На свободном конце шнура на блоке подвешивают чашку, которую нагружают до тех пор, пока червячный вал не начнет вращаться. Так поступают

при различных угловых положениях червячной шестерни. Для этой цели можно использовать также пружинный, рычажный и другие динамометры.

В передачах 7-й степени точности величина крутящего момента холостого хода может колебаться в пределах 10—15 %, а в передачах 8-й и 9-й степени точности — до 25 %. Если величина колебаний больше, значит в каких-то положениях передачу заедает из-за неправильного сцепления, перекосов, недостаточных зазоров в опоре и т. п. В этом случае передача должна быть дополнительно выверена и доведена до нормированной величины крутящего момента холостого хода.

БАЛАНСИРОВКА. ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА СБОРКИ

Балансировка вращающихся деталей и узлов

В машинах текстильной и легкой промышленности используется большое количество вращающихся деталей и узлов. Одни из них отличаются большими размерами и массой (например, барабаны чесальных машин), другие — очень большой скоростью вращения (например, веретенные узлы, прядильные камеры), третьи — малой жесткостью (например, жестяные барабаны прядильных машин ранних выпусков, сновальные валики, рогульки ровничных машин) и т. д. Если во вращающихся деталях и узлах центр тяжести не совпадает с осью вращения, такие детали и узлы оказываются неуравновешенными.

Неуравновешенность вызывается многими причинами, такими, как наличие газовых раковин и пор в литых деталях, значительная неоднородность структуры металла, неточность изготовления деталей и сборки узлов. Во время работы (вращения) в подобных деталях и узлах возникают неуравновешенные центробежные силы инерции, вызывающие колебания, перегрузку опор и других деталей, расшатывание болтовых и других соединений, фундаментов, сильную деформацию деталей (например, раздувание рогульки) и пр. Неуравновешенные центробежные силы иногда оказываются настолько большими, что приводят к разрушению деталей и узлов.

Колебания, вызванные неуравновешенными центробежными силами, отрицательно влияют на производительность труда и качество выпускаемой продукции. Так, повышенные колебания веретенных узлов сильно увеличивают обрывность пряжи. Поэтому устранению неуравновешенности деталей и узлов при их изготовлении, ремонте и сборке должно уделяться особое внимание.

Процесс устранения неуравновешенности деталей и узлов называется *балансировкой*. Различают два способа балансировки деталей и узлов — статический и динамический.

Сущность статической балансировки заключается в следующем. Допустим, что в детали, опирающейся на подшипники (рис. 4.23, *а*), имеется неуравновешенность $Q_н$, которая во время вращения создает неуравновешенную центробежную силу C, определяемую по формуле

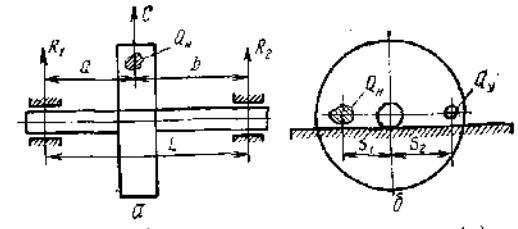


Рис. 4.23. Неуравновешенность детали (*а*) и принцип статической балансировки (*б*)

$$C = m\omega^2\rho,$$

где $m = Q_н/g$ — неуравновешенная масса (g — ускорение силы тяжести), кг; $\omega = \pi n/30$ — угловая скорость (n — частота вращения детали, $с^{-1}$), рад/с; ρ — расстояние неуравновешенной массы от оси вращения, мм.

Под действием неуравновешенной центробежной силы опоры будут воспринимать дополнительные нагрузки (см. рис. 4.23, *а*):

$$R_1 = Cb/L; \quad R_2 = Ca/L.$$

Такая деталь, уложенная на горизонтальные направляющие (рис. 4.23, *б*), под действием момента $M_н = Q_н\rho$ будет перекатываться по ним до тех пор, пока утяжеленная ее часть не займет крайнее нижнее положение. Если теперь на противоположной (облегченной) стороне расположить уравновешенный груз $Q_у$, создающий момент, равный $M_н$ ($Q_у\rho_2 = Q_н\rho_1$), деталь окажется в состоянии безразличного равновесия, т. е. статически уравновешенной — отбалансированной. Если деталь имеет дискообразную форму (шкив, шестерня, маховик и т. п.), то она, будучи статически отбалансированной, окажется отбалансированной и во время вращения, поскольку, как это видно из приведенной выше формулы для C, масса и радиус входят в нее в виде множителей первой степени.

Статическая балансировка производится на параллелях (рис. 4.24, *а*), роликах (рис. 4.24, *б*) или на специальных весах (рис. 4.24, в). Параллели должны быть закалены, хорошо отшлифованы и тщательно выверены. Балансируемую деталь насаживают на специальную оправку или на собственный вал и

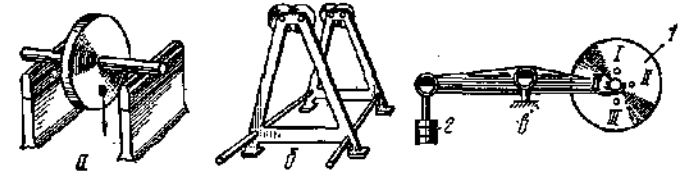


Рис. 4.24. Устройства для статической балансировки

укладывают на параллели. Для определения массы уравновешивающего груза применяют различные зажимы, с помощью которых привешивают пробный груз. Определив место размещения и массу уравновешивающего груза, устанавливают его (или просверливают отверстие и заливают свинцом) с облегченной стороны детали или удаляют (высверливанием, сошлифовкой) материал детали с ее утяжеленной стороны. Как отмечалось, статическая балансировка считается законченной, когда деталь оказывается в состоянии безразличного равновесия.

Точность балансировки на параллелях тем выше, чем меньше сила трения между параллелями и опирающейся поверхностью вала. Поэтому точность балансировки на роликах, вращающихся на шарикоподшипниках (см. рис. 4.24, *б*), больше, чем на параллелях, а сам процесс балансировки удобнее, так как балансируемая деталь не перекатывается, а вращается. Такие ролики иногда называют антифрикционными.

Еще бо́льшая точность достигается при балансировке на специальных весах (см. рис. 4.24, *в*). На один конец коромысла укладывают балансируемую деталь *1*, а на другой — разновесы *2*. Выверив коромысло в строго горизонтальном положении, начинают медленно поворачивать деталь *1*. Если деталь не уравновешена, при различных ее положениях будет изменяться и положение центра тяжести. В положениях *I* и *III* масса детали будет истинной, а в положениях *II* и *IV* — искаженной (во *II* положении — наибольшая, в *IV* — наименьшая). По разности масс детали в указанных положениях можно выявить место и величину ее неуравновешенной части и затем отбалансировать деталь.

Как отмечалось ранее, дискообразные детали, у которых отношение длины к диаметру ($L:D$) небольшое, будучи статически отбалансированными, работают нормально и при вращении. Что касается деталей, у которых величина отношения $L:D$ значительная, то их статическая балансировка не гарантирует нормальной работы при вращении, и в ряде случаев может даже повредить. Допустим, что деталь с большим значением отношения $L:D$ имеет первоначальную неуравновешенность $Q_н$ (рис. 4.25), а установкой груза $Q_у$ она статически отбалансирована. Во время работы (вращения) детали возникает пара сил CL, стремящаяся вырвать ее из подшипников. Величина пары прямо пропорциональна длине детали (C — центробежная сила).

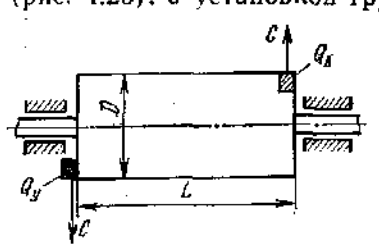


Рис. 4.25. Пара сил у статически отбалансированной детали с большим отношением $L:D$

Для определения границы применения статической балансировки можно воспользоваться данными Н. В. Колесника, кото-

рый определил эти границы в зависимости от отношения $L:D$, класса точности машин и частоты вращения (n) детали (табл. 4.1).

К грубым относят машины, работа которых неизбежно сопровождается колебаниями, к остальным — машины, вибрация

Таблица 4.1

$L:D$	Класс точности машин		
	грубые	средние	точные
	n, мин$^{-1}$		
0,25	6000	3000	1500
0,5	3000	1500	800
0,75	1500	800	400
1	750	400	200

которых строго регламентирована и не должна превышать заранее установленных пределов. Для крупногабаритных и тяжелых деталей приведенные пределы должны быть понижены, а для мелких и легких — повышены.

Таким образом, статическая балансировка не обеспечивает достаточно точного уравновешивания вращающихся деталей с различным отношением L/D. Область ее применения — уравновешивание деталей, имеющих дискообразную форму (т. е. с малым отношением $L:D$). Более точное уравновешивание достигается при динамической балансировке, отличающейся от статической тем, что место установки и вес уравновешивающих грузов выявляются в процессе вращения балансируемой детали. Сущность динамической балансировки заключается в следующем. Предположим, что у жесткой недеформирующейся детали, изображенной на рис. 4.26, *а*, имеются неуравновешенности $Q_{н_1}$ и $Q_{н_2}$, расположенные от торцов на расстоянии a и b соответственно. Эти неуравновешенности во время вращения детали создают неуравновешенные центробежные силы C_1 и C_2, каждая из которых может быть разложена на две составляющие — C_1', C_1'' и C_2', C_2'', попарно параллельные силам C_1 и C_2 и приложенные в торцевых плоскостях детали. При этом должны быть соблюдены условия

$$C_1' + C_1'' = C_1;$$
$$C_2' + C_2'' = C_2.$$

В свою очередь из равенства моментов получим

$$C_1' = C_1(L-a)/L; \quad C_1'' = C_1 a/L$$

и

$$C_2' = C_2 b/L; \quad C_2'' = C_2(L-b)/L.$$

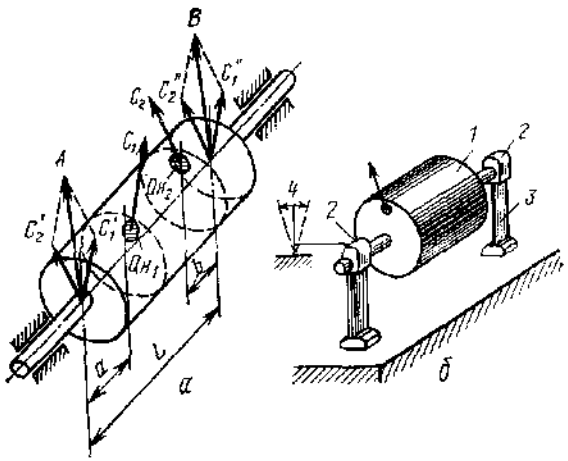


Рис. 4.26. Принцип динамической балансировки

Следовательно, в результате разложения неуравновешенных центробежных сил на плоскости торцов детали будут действовать радиальные силы C_1', C_2' и C_1'', C_2''. Геометрическая сумма (равнодействующая) каждой из этих сил будет

$$\overline{C}_1' + \overline{C}_2' = \overline{A}$$

$$\overline{C}_1'' + \overline{C}_2'' = \overline{B}.$$

Значит, равнодействующие силы A и B могут рассматриваться как эквиваленты сил C_1 и C_2. Тогда динамическая балансировка сводится к тому, чтобы выявить направление и величину сил A и B, определить уравновешивающие грузы, которые могут создать уравновешивающие центробежные силы, равные по величине силам A и B и противоположные им по направлению.

Динамическая балансировка производится на специальных станках или машинах, называемых балансировочными. Принцип действия простейших из них показан на рис. 4.26, *б*. Балансируемую деталь *1* укладывают в подшипники *2*, имеющие пружинные стойки *3*. Каждый из подшипников можно сделать неподвижным (для этого их закрепляют особым устройством, не показанным на рисунке) или подвижным вокруг места нижнего зажима стойки *3*.

При неподвижном положении обоих подшипников *2* балансируемая деталь *1* получает вращение от привода. После достаточного разгона деталь отсоединяют от привода и она получает возможность свободно вращаться (выбег). Если в этот момент один из подшипников освободить, т. е. сделать подвижным, то он под действием неуравновешенных центробежных (возмущающих) сил вращающейся детали начнет колебаться в горизонтальном направлении. Размах колебаний подшипника при этом зависит от величины неуравновешенных центробежных сил и от соотношения частоты возмущающего колебания (в данном случае равной частоте вращения балансируемой детали) к частоте свободного колебания механической системы (зависящей от жесткости пружинных опор и веса балансируемой детали).

Частота принудительного вращения (разгона) детали обычно выше частоты свободного колебания освобожденной опоры, но при выбеге, когда частота вращения постепенно падает, наступает момент совпадения частот вращения и свободного колебания, т. е. наступает резонанс. При резонансе даже малые неуравновешенные силы способны вызвать большие резонансные колебания, амплитуду которых можно измерить различными устройствами, например рычажным индикатором *4* (см. рис. 4.26, *б*). Индикатор является простейшим из этих устройств.

Существует несколько приемов динамической балансировки. Наиболее простой из них заключается в следующем. Торец балансируемой детали со стороны подвижной опоры размечают на 6—8 равных частей. В этих местах в любой последовательности устанавливают пробный груз и по индикатору отмечают размах резонансного колебания. Когда пробный груз окажется закрепленным примерно напротив утяжеленной части детали, размах будет наименьшим. Постепенно уточняя искомое место и вес пробного груза, добиваются, чтобы размах колебания оказался в допустимых пределах, после чего аналогичным образом уравновешивают другую сторону балансируемой детали. При этом не исключена возможность некоторого нарушения баланса первой стороны, и в таком случае, необходимо произвести повторные корректировочные балансировки. После окончания балансировки удаляют металл с утяжеленного места и заливают свинец (или прочно прикрепляют груз) в облегченное место балансируемой детали или узла.

Описанный способ динамической балансировки отличается трудоемкостью. В настоящее время существует много балансировочных машин с полностью автоматизированным процессом динамической балансировки. Однако вследствие сложности и высокой стоимости их применение экономически оправдано только на машиностроительных заводах массового или крупносерийного производства.

Обкатка

Обкатку собранных узлов и машин производят для проверки и приработки трущихся поверхностей деталей. Ранее отмечалось (см. с. 15), что приработка — это первая стадия протекания износа сопряжения, отличающаяся большой интенсивностью изнашивания. Обычно эту стадию стремятся завершить в возможно короткий срок путем

применения приработочных средств и соответствующих режимов работы (скорости, нагрузки и др.). В процессе приработки происходит постепенное изменение шероховатости и увеличение площади касания одной трущейся поверхности к другой.

Необходимость приработки диктуется многими причинами: неточностями, допущенными при изготовлении или ремонте деталей, погрешностями сборки; деформацией деталей под влиянием внешней нагрузки и теплоты трения. Без предварительной приработки деталей и узлов качество ремонта и эксплуатации окажется низким, что будет проявляться: в быстром нагреве трущихся деталей (особенно быстроходных и сильно нагруженных), в интенсивном изнашивании и задирании контактных поверхностей; в повышенном уровне шума и вибрации.

Узлы и механизмы обкатывают на стендах при заданных скоростях и нагрузках, а также режимах смазки. Машины обкатывают на месте их ремонта сначала вхолостую, а затем в заправленном состоянии (подробнее см. с. 224). В ходе обкатки наблюдают за нагревом трущихся деталей, вибрацией, течью масла в коробках, течью рабочей жидкости в гидросистемах, просасыванием воздуха в пневмосистемах, герметичностью.

Предварительную приработку деталей и узлов продолжают до тех пор, пока не снизится и стабилизируется мощность, расходуемая на трение в узлах, температура смазочного масла и трущихся деталей. В ходе обкатки отдельных узлов, механизмов и всей машины проверяют и регулируют зазоры, герметичность соединений и др.

Длительность обкатки сокращают путем: повышения качества изготовления и ремонта деталей; улучшения точности сборки; обогащения масла присадками (например, медный порошок, сера или дисульфид молибдена и др.), образующих на поверхностях трения пленки меди, сульфидов, защищающие от задиров; нанесения на трущиеся поверхности пластичных металлических пленок, полученных различными способами (предварительным натиранием, использованием эффекта избирательного переноса и др.).

В качестве примера можно привести практику приработки верхнего и нижнего редукторов привода пневмомеханической прядильной машины по методике, разработанной в Костромском технологическом институте. От качества (точности) изготовления или ремонта редукторов в значительной мере зависит равномерность вращения выходного вала. Чем равномернее вращение выходного вала редуктора, тем качественнее вырабатываемая пряжа, и наоборот.

Приработка позволяет устранить многие ошибки изготовления и сборки элементов редукторов. Приработку редуктора выполняют на специальном стенде, на котором контролируются следующие параметры: неравномерность вращения выходного

вала; потребляемая мощность; крутящий момент на выходном валу; температура смазки; КПД редуктора.

Завод — изготовитель машин рекомендует следующие условия приработки: состав смазочной смеси из масла марки И-20А и керосина в пропорции 1 : 1, нагрузка крутящим моментом 28 Н·м длительность приработки 30 ч. При этом режиме неравномерность вращения выходного вала уменьшилась вдвое — с 15 до 7,5 %, но длительность описанного режима очень велика.

Применив металлоплакирующую смазку, удалось в несколько раз снизить длительность приработки редуктора.

В качестве смазки использовано трансформаторное масло, загущенное стеаратом лития с добавлением, %: порошок меди 2—5; глицерин — 5; олеиновая кислота — 0,5. Вводимая в смазку медь — мелкодисперсный порошок с частицами плоской формы максимальным размером до 50 мкм. Длительность приработки до 7 ч. Результаты приработки редуктора: неравномерность вращения выходного вала снизилась в среднем в 3,9 раза; КПД возрос в 5 раз и составил 84 %; потребляемая мощность уменьшилась в 6,7 раза. Качество приработки высокое.

В процессе приработки рабочие поверхности за счет эффекта избирательного переноса покрываются тонкой пленкой меди, сохранность которой в процессе работы зубчатой пары поддерживается автоматически. Шероховатость поверхности зубьев к концу приработки снизилась в среднем в 2 раза (до 1,7 мкм).

Проверка качества сборки. Испытание отремонтированного оборудования

От качества сборки ремонтируемой машины в значительной мере зависит ее работоспособность, поэтому проверке качества сборки должно уделяться особое внимание. При этом руководствуются техническими условиями на ремонт и правилами приемки машин из ремонта, пользуются различными инструментами и приборами: щупами, индикаторами, шаблонами, динамометрами, тахометрами и др. Проверке подвергаются как узлы в ходе их сборки (приемами, описанными ранее), так и машина в целом в процессе сборки и после ее завершения.

Собранную машину вначале проверяют до пуска ее в ход, а затем на холостом и рабочем (т. е. в заправленном виде) ходу. До пуска машины в ход проверяют комплектность собранных узлов и механизмов, а также выполнение всего объема ремонтных работ, предусмотренных ведомостью дефектов. Далее инструментальными методами и внешним осмотром проверяют зазоры (например, между валом и подшипником, зубьями сцепленных шестерен и т. п.), взаимное расположение деталей; выявляют, выдержана ли заданная параллельность,

перпендикулярность, соосность и т. п., нет ли перекосов, неплотностей; проверяют прочность резьбовых и других соединений; контролируют качество пригонки деталей и узлов и т. п.; от руки или специальными приборами (например, пружинным динамометром) проверяют подвижность отдельных деталей, легкость хода отдельных узлов и механизмов (например, при помощи специальных ручных динамометров), состояние смазочных устройств и т. д.

В некоторых машинах, например в обувных, швейных, особое значение имеет их кинематическая точность работы и строгая последовательность действия рабочих инструментов. Эти показатели также проверяют до пуска машины в ход медленным проворачиванием от руки. Для контроля относительного расположения рабочих инструментов на машинах имеются различные указатели (установочные шкалы, риски).

Проверку качества собранной машины на ходу производят во время ее испытания. При этом наблюдают за взаимодействием узлов и механизмов, действием предохранительных, блокировочных, смазочных и других устройств; плавностью и бесшумностью работы; легкостью хода; балансировкой и степенью вибрации отдельных деталей и всей машины.

Испытание на холостом ходу проводится для проверки правильности взаимодействия узлов и механизмов и приработки трущихся поверхностей. Машину приводят в движение сначала с небольшой скоростью. На этой стадии испытания наблюдают за работой отдельных частей: узлов и механизмов, системы смазки, состоянием трущихся поверхностей. Затем скорость постепенно увеличивают до рабочей, при которой машина должна проработать в течение определенного времени, предусмотренного инструкцией по ремонту. На этой же стадии испытания ваттметром проверяют потребляемую машиной мощность холостого хода и производят проверку на выбег, т. е. определяют длительность вращения машины после выключения привода.

В процессе испытания на холостом ходу выявляются неполадки в работе машины. Наиболее типичные из них: повышенное нагревание опор (например, подшипников, подпятников) вследствие неправильно выбранного зазора, перекоса, несоосности и т. д.; утечка масла из-за неплотностей в соединениях и сальниках; шум, стук от неправильной сборки, задевания подвижных частей друг за друга; проскальзывание муфт сцепления; несвоевременное срабатывание автоматических и других устройств и пр. Все неполадки должны быть немедленно устранены.

После устранения неполадок производят полную повторную регулировку машины, а затем приступают к ее испытанию на рабочем ходу в заправленном состоянии (под нагрузкой). Целью этой стадии испытания является проверка эксплуатационно-технических качеств отремонтированной машины в нор-

мальных производственных условиях. Как и при испытании на холостом ходу, здесь проверяют работу и согласованность действий всех узлов и механизмов, потребляемую мощность, вибрацию и в необходимых случаях жесткость отдельных упругих звеньев машины.

Проверка машин и отдельных узлов на вибрацию приобрела особое значение в связи с повышением скоростных режимов работы оборудования. Проверка производится виброметрами и вибрографами. Для проверки на жесткость упругих звеньев применяют индикаторный прибор.

Наконец, в процессе испытания отремонтированной машины на рабочем ходу определяется ее производительность и выявляется качество вырабатываемой продукции. Эти показатели должны соответствовать лучшим результатам работы на машинах данного типа по цеху при одинаковом сырье. Иногда ограничиваются отдельными показателями, косвенно характеризующими производительность машины и качество выпускаемой продукции. Например, при испытании прядильных машин таким показателем является обрывность нити на 1000 вер./ч.

После проверки и испытания отремонтированной машины дается оценка качества ремонта (см. с. 237) и проводится ее сдача в эксплуатацию (см. с. 236).

ГЛАВА 5

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ РЕМОНТА МАШИН

СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования представляет собой комплекс предупредительных организационно-технических мероприятий. Система предусматривает проведение всех видов технического обслуживания и ремонта оборудования, уход и надзор, выполняемые в определенной последовательности по заранее составленному плану (графику).

Назначение системы ППР — постоянно поддерживать оборудование в работоспособном состоянии, обеспечивающем его наибольшую производительность и высокое качество выпускаемой продукции, способствовать снижению стоимости ремонтных работ и уменьшению простоев оборудования в ремонте. Кроме того, выполняется комплекс работ по модернизации оборудования, направленных на повышение его производительности и улучшение качества продукции, а также на повышение уровня механизации и автоматизации, улучшение условий труда.

Система планово-предупредительного ремонта включает следующее: техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонт. Виды ремонта отличаются друг от друга объемом выполняемых работ и межремонтными сроками.

Текущий и средний ремонт является основным видом ремонта; своевременное и высококачественное проведение его обеспечивает надежность работы оборудования и увеличивает срок его службы.

Техническое обслуживание (в том числе текущий ремонт) в межремонтные периоды предусматривает следующие работы: обтирку, промывку и очистку оборудования, периодическую смазку, проверку действия смазочных устройств, чистку смазочных приборов, наблюдение за состоянием трущихся пар, в частности опор (подшипников, втулок и т. п.); наблюдение за состоянием и работой контрольно-измерительных и автоматических приборов, а также за натяжением и состоянием гибких передач (ремней, цепей, тросов), особенно в местах их сращивания и крепления; наблюдение за состоянием болтовых, шпоночных, клиновых и других неподвижных соединений; контроль за работой стыковых и сальниковых уплотнений; проверку действия тормозов и приспособлений для аварийных остановов машин, а также наличия и исправности защитных ограждений; наблюдение за работой всей машины или аппарата; проведение простейших ремонтных работ по устранению мелких неисправностей в машине; замену деталей, износ которых достиг максимального предела; зачистку забоин и задиров на поверхностях трущихся деталей; подтяжку крепежных деталей; регулировку зазоров; исправление предохранительных устройств.

Текущий ремонт и обслуживание финансируются за счет сметы производства. Лишь текущий ремонт оборудования отделочного производства выполняет персонал РМЦ.

Средний ремонт предусматривает: частичную разборку машины; замену тех неисправных узлов и отдельных деталей, которые не могут нормально доработать до очередного среднего или капитального ремонта; проверку, регулировку и наладку всей машины.

Уточняя содержание среднего ремонта, отметим, что при его проведении производят следующие работы: проверку всех механизмов машины и частичную их переборку, замену или ремонт отдельных узлов и деталей; перезаливку и шабрение подшипников, проточку шеек валов, зачистку цилиндров с удалением забоин и заусенцев; замену фрикционных тормозных лент, тросов, цепей; проверку ремней, полотна и планок, исправление гарнитур; смену прокладок, уплотнений и крепежных деталей; проверку разводок по шаблонам; прочистку всех подшипников; проверку редукторов (с промывкой); разборку, проверку и наладку механизмов остановов и замену изношенных деталей, регулировку механизмов остановов; освидетельствование оборудования, находящегося в ведении инспекции гостехнадзора, и его сдачу (производится в сроки, установленные инспекцией); исправление или замену износившейся арматуры трубопроводов, регулировку их на соответствующее давление; ремонт прочей вспомогательной арматуры.

Отремонтированная машина должна отвечать техническим условиям на ремонт этого вида. Финансируется средний ремонт за счет сметы единого ремонтного фонда.

Капитальный ремонт включает: полную разборку машины; чистку и мойку деталей; замену всех неисправных деталей и восстановление всех конструктивных посадок и их сопряжений; тщательную выверку, центрирование и балансировку узлов и деталей, выверку станин или рам; сборку с наладкой всех узлов, механизмов и машины в целом.

Как правило, с капитальным ремонтом совмещают модернизацию машины, а также унификацию ее деталей, узлов и механизмов. После капитального ремонта машина по состоянию и работе ответственных рабочих органов, а также по внешнему виду не должна отличаться от новой.

Капитальный ремонт оборудования выполняет персонал РМЦ, и проводится он за счет единого ремонтного фонда.

Работы по текущему ремонту и межремонтному обслуживанию выполняет персонал цехов (помощники, мастера, цеховые механики, дежурные слесари, смазчики, шорники и др.) во время работы оборудования или останова его по техническим причинам. При межремонтном обслуживании оборудования руководствуются правилами его технической эксплуатации. Осмотры оборудования производят по заранее составленному графику.

Средний и капитальный ремонт всего оборудования, а также текущий ремонт оборудования некоторых производств (например, отделочных фабрик) выполняет персонал отдела главного механика (ОГМ), в частности его ремонтно-механический цех (РМЦ). На некоторых передовых предприятиях текстильной и легкой промышленности применяют метод комплексного обслуживания и ремонта оборудования единой бригадой (см. с. 279).

При правильной организации системы ППР и внедрения ее в практику работы предприятий возможность аварий оборудования устраняется полностью. При неудовлетворительной организации системы ППР и небрежной эксплуатации оборудования аварии возможны.

Аварией считается всякое нарушение или повреждение механизма, машины, агрегата, участка коммуникации, которое не может быть устранено без останова поврежденного объекта и влечет вынужденное внеплановое прекращение работы, или невозможность использования объекта по его прямому назначению.

На каждую аварию составляют акт с указанием ее виновника, который передается главному инженеру предприятия для принятия соответствующих мер. Последствия аварии ликвидируют силами РМЦ по распоряжению главного инженера. Работы, проводимые для ликвидации аварии, называют *аварийным ремонтом*.

Периодичность ремонта

Промежуток времени между двумя капитальными ремонтами называют *ремонтным циклом*. Для нового оборудования ремонтный цикл определяется временем до первого капитального ремонта. В промежутке между двумя капитальными ремонтами проводят средний и текущий ремонт машин, а также межремонтное техническое обслуживание (осмотр, чистку, смазку и пр.). Чередование этих видов ремонта и межремонтного обслуживания в определенной последовательности и через определенные промежутки времени называют *структурой ремонтного цикла*, а время между двумя очередными ремонтами данного вида — *периодичностью ремонта*, или межремонтным периодом.

Правильность выбора периодичности ремонта (а значит, ремонтного цикла и его структуры) имеет большое технико-экономическое значение, так как этим определяются затраты на ремонтные работы, время простоев машин в ремонте и длительность использования оборудования.

Периодичность ремонта определяют два главных исходных условия: основная потребность в ремонте должна удовлетворяться плановым ремонтом, а в межремонтные периоды оборудование должно работать бесперебойно и требовать минимальной затраты времени на текущее обслуживание; межремонтные периоды не должны быть слишком сокращены, так как это вызывает значительное сокращение рабочего времени машины: при уменьшении межремонтных периодов количество ремонтов в цикле увеличивается в большей мере, чем уменьшается длительность простоев из-за ремонта.

Опыт ремонта и эксплуатации машин текстильных предприятий показывает, что периодичность ремонта должна определяться сроками службы основных групп деталей (массовых и базовых) и их сочленений в машине. Сущность метода определения длительности межремонтных периодов, базирующегося на приведенном принципе, заключается в следующем. Основные сочленения в машине можно разделить на группы с одинаковыми сроками службы. Условно обозначим через *а*, *б*, *в*, *г* группы сочленений деталей, имеющие срок службы соответственно t, $2t$, $3t$ и $6t = T$. Перечисленные группы сочленений по достижении предельного эксплуатационного износа должны быть

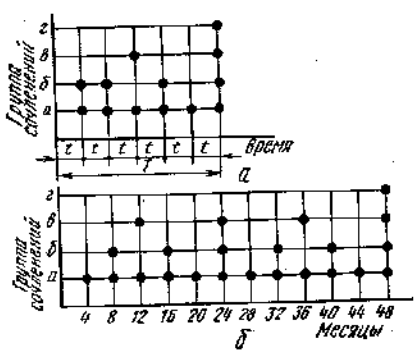


Рис. 5.1. График для определения периодичности ремонта

отремонтированы или заменены новыми. На рис. 5.1, *а*, *б* показано, как по истечении различных периодов времени должны быть отремонтированы или заменены следующие группы сочленений:

Срок службы сочленений	t	$2t$	$3t$	$4t$	$5t$	$6t = T$
Группы сочленений	*а*	*а* + *б*	*а* + *в*	*а* + *б*	*а*	*а* + *б* + *в* + *г*

Следовательно, по прошествии времени $6t = T$ должно быть сменено или отремонтировано наибольшее количество сочленений. Наступает момент капитального ремонта, когда должны производиться полная разборка машины, замена всех сочленений, потерявших посадку вследствие износа, выверка, регулировка и наладка машины. По прошествии же времени t, $2t$, $3t$, $4t$ и $5t$ должны производиться замена или ремонт отдельных изношенных сочленений, т. е. наступают сроки проведения среднего ремонта с частичной разборкой машины, заменой тех сочленений, которые не могут нормально доработать до очередного планового ремонта, выверкой узлов и наладкой машины.

Допустим, например, что в машине массовые детали и их сочленения разбиты на три группы *а*, *б*, *в* со сроком службы 4, 8 и 12 мес соответственно, а базовые детали (группа *г*) имеют срок службы 48 мес. Построив график (см. рис. 5.1, *б*), подобный представленному на рис. 5.1, *а*, устанавливаем следующее: длительность ремонтного цикла составляет 48 мес (4 года); число средних ремонтов в цикле — 11 с периодичностью 4 мес; при первом среднем ремонте заменяют или ремонтируют сочленения *а*, при втором — *а* + *б*, при третьем — *а* + *в*, при четвертом — *а* + *б*, при пятом — *а*, при шестом — *а* + *б* + *в*, при седьмом — *а*, при восьмом — *а* + *б*, при девятом — *а* + *в*, при десятом — *а* + *б* и при одиннадцатом — *а*; при двенадцатом ремонте (капитальном) — *а* + *б* + *в* + *г*.

Таким образом, к моменту очередного ремонта исчерпывается срок службы определенной группы или групп сочленений, что обеспечивает экономное расходование деталей.

Описанный метод определения периодичности ремонта, ремонтного цикла и его структуры построен на принципе равно- и кратноизносостойкости деталей и их сочленений. Если сроки службы отдельных деталей и сочленений не равны и не кратны срокам службы большей части деталей группы, то путем конструктивных или иных мер добиваются увеличения их срока службы до ближайшей группы, имеющей повышенный срок службы. Благодаря повышению качества деталей, ремонта и эксплуатации машин в настоящее время в текстильной и легкой промышленности удалось увеличить межремонтные сроки по многим машинам, что значительно сократило расходы на ремонт и уменьшило простои оборудования.

При практическом применении изложенного метода определения периодичности проведения отдельных видов ремонта необходимо широко использовать данные наблюдений за состоянием оборудования и передовой опыт его ремонта и эксплуатации. В различных отраслях легкой промышленности периодичность среднего и капитального ремонта машин, а также периодичность их осмотров, смазки, чистки и других видов межремонтного обслуживания устанавливаются в зависимости

Таблица 5.1

Оборудование	Периодичность (мес)	
	КР	СР
Питатели, очистители, разрыхлители, трепальные и другие машины сортировочно-трепального отдела	12	4
Машины		
чесальные	24	4
лентосоединительные, гребнечесальные, холстовытяжные	24	3
ленточные, ровничные	36	4
прядильные, прядильно-крутильные	36	4
мотальные, сновальные, шлихтовальные	36	4
уточно-перемоточные, узловязальные	36	6
Ткацкие станки		
автоматические челночные, пневморапирные	36	4
бесчелночные типа СТБ	36	10
пневматические	36	6

от типа машин, вида производства и сменности работы оборудования. Все эти данные регламентированы правилами технической эксплуатации оборудования.

Например, в табл. 5.1 приведены данные о периодичности капитального (КР) и среднего (СР) ремонта оборудования хлопчатобумажных предприятий.

Периодичность ремонта оборудования хлопчатобумажного производства установлена при трехсменном режиме его работы. Для двухсменного режима межремонтные сроки удлиняются на 20 % (вводится поправочный коэффициент 1,2).

Объем ремонтных работ

При правильной организации системы ППР и точном соблюдении правил технической эксплуатации оборудования основные потребности производства в ремонте удовлетворяются плановым ремонтом. Внеплановый ремонт свидетельствует о плохом уходе за машинами и низком качестве предыдущего ремонта.

Объем ремонтных работ определяется следующими основными факторами: кинематической и конструктивной сложностью, размерами, эксплуатационными качествами, степенью сложности разборки и сборки машины (ее ремонтными особенностями), качеством изготовления машины, качеством ее эксплуатации и ремонта, степенью загрузки и длительностью работы без ремонта.

Объем ремонтных работ, соответствующий нормальным условиям работы и эксплуатации машины, а также нормальному

Таблица 5.2

Ремонтные работы	Ремонт		
	текущий	средний	капитальный
Осмотр машины	Преимущественно внешний	Полный	Полный
Разборка машины	Отдельных легкосниваемых узлов в особых случаях	Частичная	Полная
Промывка узлов и деталей	Разобранных узлов и деталей		»
Смена и ремонт деталей	Преимущественно нормалей и вышедших из строя	Неисправных к моменту ремонта	Всех, имеющих отклонения от чертежей
Ремонт несменяемых деталей	—	Производится	Производится
Сборка узлов и машины	Снятых узлов и деталей	Отдельных механизмов	Полная
Регулировка машины	Частичная	Полная	»
Обкатка и сдача машины в эксплуатацию	—	Производится	Производится

качеству ремонта при оптимальной его периодичности, называется *типовым*, или *нормальным*. Типовой объем предусматривает определенный перечень ремонтных работ (приведенный в табл. 5.2), которые необходимо произвести при данном виде ремонта машины для восстановления ее эксплуатационных свойств. Количественно типовой объем определяется трудоемкостью (чел.-ч) ремонтных работ, предусмотренных перечнем.

Типовые объемы ремонтных работ являются исходными для расчетов при планировании труда, заработной платы, расходе материалов, деталей и других ремонтных нормативов.

Многолетняя практика дала возможность установить типовые объемы ремонтных работ по всем основным машинам текстильной и легкой промышленности. Ниже приводятся типовые объемы (перечни) работ при среднем ремонте прядильной машины и кругловязальных автоматов.

Типовой объем работ при среднем ремонте прядильной машины:

1. Машина — подготовка к ремонту (производится рабочими производственного цеха и бригадой чистильщиц): пропуск полуфабриката, выгребание отходов, обмахивание и чистка.

2. Ровничная рамка — проверка и крепление рамки по шпильке; проверка и чистка прутков; замена неисправных фарфоровых чашечек и подвесок; исправление рамочных досок.

3. Вытяжной прибор — разборка, проверка и наладка вытяжного прибора, шестеренной передачи, клеточек, вилочек, ремешков, цилиндровых стоек, вкладышей, приклонов, крестиков, рычагов нагрузки, тяг, пружин, чистильных валиков; замена изношенных деталей; регулировка водилки с зачисткой глазков; зачистка цилиндров с удалением забоин и заусенцев; проверка разводок вытяжного прибора по шаблонам.

4. Мотальный механизм — проверка механизма, цепей, каточков, тяг и балансиров; протирка втулок и колонок керосином с заменой изношенных.

5. Кольцевая планка и разделители — проверка кольцевой планки; осадка и крепление колец с заменой подработанных (до 10 %); протирка колец мелом; установка чистителей, бегунков с заменой изношенных; проверка и крепление разделителей с заменой поломанных.

6. Веретена — проверка и центрирование веретен, замена изношенных веретен в комплекте (до 10 %); исправление и замена пружинок втулочек; промывка и заливка веретен (производится бригадой по заливке веретен).

7. Клапаны и нитепроводники — проверка и крепление с заменой изношенных (до 10 %); выверка нитепроводников по веретенам.

8. Шкивы и натяжные ролики — проверка шкивов на биение и крепление всей установки; снятие натяжных роликов в комплекте; комплексная проверка натяжных роликов; замена неисправных сухариков и установка натяжных роликов.

9. Корень машины — разборка передач в корне машины; замена изношенных шестерен, шпинделей; продувка, чистка и исправление маслопровода; проверка насоса; проверка и ремонт масляного устройства и устранение утечки масла.

10. Прочие работы.

В состав типового объема среднего ремонта прядильной машины кроме перечисленных выше работ входят также: подготовка инструментов, приспособлений, деталей и узлов; промывка и перезарядка всех шарикоподшипников машины; ремонт ограждений и футляров; прочистка и исправление всех смазочных отверстий и смазка машины; обработка и наладка машины (в соответствии с действующей инструкцией по приему машин из ремонта).

Типовой объем работ при среднем ремонте кругловязальных автоматов:

1. Машина — подготовка к ремонту: проверка состояния, частичная разборка, чистка и промывка механизмов.

2. Петлеобразующий механизм — проверка и замена изношенных деталей, привязывающих и пяточных замков, кулирующих клиньев и средников, направляющих клиньев, мантельных полуколец, выводных клиньев, механизмов сбавочника и прибавочника, полумесяца, платинного колпака, платинного полукольца и замка, швингового седла и механизма управления швингами, механизма набрасывания усилительной нити, замка заработки, механизма управления шиберами.

3. Механизм управления — проверка и замена изношенных деталей подъемного аппарата, а также механизмов: регулировки плотности изделия; включения и выключения привязывающего и пяточного замков; переключения нитеводителей; счетной цепи; передачи движения рипшайбе.

4. Привод машины — проверка и замена деталей привода (передачи движения цилиндру машины).

5. Питающий механизм — проверка, ремонт и замена следующих изношенных деталей: нитеводительной каретки, нитеводителей, направляющих прутков, рычагов, глазков, ножевого и ниточного аппаратов, тормоза, компенсатора.

6. Дополнительные механизмы — проверка и регулировка механизмов: ложного шва; ложных сбавок; рингель-аппарата; самоостанова при поломке иглы; самозаработки; для обрезки усилительной нити; для выработки пирамидальной высокой пятки; переменной платировки; перекидной платировки.

7. Замена мелких деталей (болтов, собачек, пружин и т. п.).

8. Сборка, регулировка и обработка машины.

На каждый вид ремонта и по каждой машине Минлегпромом СССР установлена типовая трудоемкость в человеко-часах. В табл. 5.3 приведены данные о трудоемкости ремонта некоторых машин (чел.-ч).

Типовыми нормами трудоемкости пользуются только для планирования работы ремонтной службы. На каждом предприятии или объединении норму трудоемкости устанавливают

Таблица 5.3

Оборудование	Средний ремонт	Капитальный ремонт
Пневмомеханическая прядильная машина типа БД	92	240
Чулочный автомат	70	120
Универсальная швейная машина	—	18

с учетом местных условий и передового опыта ремонта. Фактический объем ремонтных работ может отличаться от типового. Если фактический объем ремонтных работ превышает типовой, это свидетельствует о неудовлетворительной эксплуатации машины или о плохом качестве предыдущего ремонта. И наоборот, если фактический объем ремонтных работ меньше типового, значит качество ухода за машиной и ремонта было высоким. Опыт показывает, что фактический объем ремонтных работ машин и станков, на которых работают передовые работники и которые ремонтируются бригадами отличного качества, на 30—40 % меньше типового, что позволяет значительно сократить простои машины в ремонте, расход деталей и материалов, а также стоимость ремонта.

Объем ремонтных работ выявляют при составлении ведомости по учету дефектов оборудования при среднем, а также при капитальном ремонте и окончательно уточняют в процессе разборки машины.

Во многих отраслях легкой промышленности объем ремонтных работ выражают не в абсолютных, а в относительных величинах, что облегчает все расчеты, связанные с планированием ремонта. Сущность метода заключается в следующем. Вводится понятие условной категории (единицы) ремонтной сложности, оцениваемой трудоемкостью ремонта машины наиболее простой конструкции. Ремонт такой машины принимают за эталон и устанавливают, во сколько раз трудоемкость ремонта любой другой машины больше эталона.

По такому признаку машины разбивают на группы по ремонтной сложности. Например, приняв за эталон ленточную машину (трудоемкость ее среднего ремонта составляет 15 чел.-ч), относят все машины, имеющие близкую трудоемкость ремонта, к первой группе ремонтосложности; машины с трудоемкостью, близкой к 30 чел.-ч,— ко второй группе, с трудоемкостью, близкой к 45 чел.-ч,— к третьей группе и т. д.

Следовательно, объем ремонта, соответствующий каждой из групп ремонтной сложности, отличается от объема ремонта предыдущей группы на величину объема ремонта первой группы. Номер группы ремонтной сложности указывает, во сколько раз объем ремонта данной группы больше объема ремонта первой группы. Значит, трудоемкость первой группы можно принять за условную единицу ремонтной сложности. Тогда, зная номер группы и цену условной единицы, умножением получают абсолютный объем ремонта данной группы (чел.-ч).

Порядок сдачи оборудования в ремонт

Машину, подлежащую среднему и капитальному ремонту, останавливает мастер РМЦ с ведома начальника или мастера цеха в сроки, установленные графиками ремонта. Для своевременной заготовки деталей на машины, подлежащие среднему ремонту, не позднее чем за пять дней до начала ремонта мастером цеха составляется ведомость дефектов. При капитальном ремонте ведомость дефектов составляется работниками РМЦ совместно с мастером цеха в период последнего текущего осмотра машины и уточняется за 15 дней до начала ремонта, а также в ходе разборки машины.

Если машина ко времени очередного планового останова на ремонт находится в хорошем состоянии (о чем начальник РМЦ совместно с начальником производственного цеха составляет акт осмотра, который утверждается главным инженером предприятия), ремонт машины переносят на ближайший срок следующего очередного планового ремонта.

При составлении ведомости дефектов особое внимание уделяют тем неисправностям, которые уменьшают производительность оборудования, ухудшают качество вырабатываемой продукции, снижают надежность и безопасность работы машины.

При приеме машины в ремонт оценивают качество содержания оборудования в эксплуатации. Содержание считается хорошим, если сдаваемая машина неразукомплектована, отрегулирована и находится в чистом состоянии. Содержание считается неудовлетворительным, если в машине обнаружены: поломанные или преждевременно изношенные из-за плохой смазки детали, разукомплектованные узлы и механизмы, неисправные ограждения или приспособления, которые делают работу на машине опасной.

Для оценки содержания машины в эксплуатации на многих предприятиях применяют балльную систему, сущность которой заключается в следующем. Каждому дефекту машины, возникшему из-за плохой эксплуатации, присваивают соответствующий балл, например от 1 до 5; чем серьезнее дефект, тем выше балл. Дефекты, возникшие в результате естественного износа при нормальной эксплуатации, баллами не оцениваются. Ниже приведена шкала балльной оценки типичных дефектов машин, принятая на некоторых предприятиях.

	Оценка в баллах
Загрязненная машина или станок, плохая смазка *	5 за машину
Отсутствуют детали независимо от их назначения (за исключением крепежных)	4 за деталь
Отсутствуют крепежные детали: болты, гайки, шплинты, шпонки и др.	1 за деталь
Наличие сломанных и нереставрированных деталей	3 за деталь
Изношены (подработаны) шейки валов, цилиндров, подшипников, втулки, шестерни и другие детали вследствие неправильной эксплуатации	3 за деталь
Повреждены основные органы машины (ножевые барабаны, иглы решеток с планками, помята кардная, пильчатая лента и т. п.)	4 за каждый поврежденный узел
Погнуты детали (цилиндры, барабаны, валы и др.)	2 за деталь
Наличие вибрирующих деталей (например, прядильных устройств, веретен)	3—5 в зависимости от количества деталей
Оборудование сдано в ремонт в разлаженном состоянии (слабое крепление остова, узлов деталей, неправильная установка разводок, разладка бракопредупредительных приборов и т. д.)	5 за каждый разлаженный узел
Неисправности трубопроводов (парение, течь и пр.)	2 за каждое место
Неисправны ограждения (футляры, кожухи, запоры и т. п.)	5 за каждый вид неисправности

* Если ответственные органы машины загрязнены, смазочные отверстия не очищены, не смазаны, то независимо от других дефектов дается оценка «плохо».

Пользуясь этой шкалой применительно к каждому типу машин, устанавливают подробные подефектные и подетальные оценки в баллах. Перечень дефектов с соответствующими оценками вносят в ведомость дефектов. Оценку качества эксплуатации и состояния машины, поступающей в ремонт, дают по сумме баллов: чем больше сумма, тем ниже оценка. Существует три оценки: отличная, хорошая и плохая. Например, для отличной оценки качества эксплуатации чесальной машины сумма штрафных баллов должна быть не более 10, для хорошей — не более 20, а если сумма баллов превышает 20, дается плохая оценка. Для круглотрикотажной машины типа МТ при сумме штрафных баллов до 10 дается отличная оценка, свыше 10 до 30 — хорошая и свыше 30 — плохая.

Если оборудование, принимаемое в ремонт, получает плохую оценку, начальники РМЦ и производственного цеха составляют акт, который направляют главному инженеру для принятия мер.

Пользуясь балльной системой, можно оценить качество эксплуатации не только отдельной машины, но и комплекта машин цеха или целого предприятия. С этой целью ежемесячно подсчитывают общее количество баллов по каждому комплекту машин и выводят среднемесячную оценку. Как показала практика, применение балльной оценки качества эксплуатации способствует улучшению состояния оборудования, увеличению его долговечности, уменьшению объема и стоимости ремонта.

На предприятиях бывают случаи выполнения внеплановых работ, связанных с ликвидацией аварий. На каждую аварию начальник производственного цеха вместе с начальником РМЦ составляет акт с указанием виновника аварии. Акт передается главному инженеру для принятия мер. Последствия аварии ликвидируют силами работников РМЦ, а при необходимости привлекают также работников цеха. Такие работы называют аварийным ремонтом.

Порядок приемки оборудования из ремонта

Из среднего и капитального ремонта оборудование следует принимать в два приема — предварительно и окончательно. Предварительно оборудование принимают после завершения ремонта во время обкатки заправленной машины на ходу, при этом устанавливают пригодность машины к пуску в эксплуатацию. Окончательно машину принимают после устранения дефектов, выявленных в ходе предварительной приемки. Из капитального ремонта машину принимают на ходу при полной ее заправке по истечении девяти смен работы, а из среднего — по истечении трех смен. Обкатку машины после ремонта должны производить квалифицированные рабочие, и время, затрачиваемое на эту работу, не входит в нормы времени на ремонт.

Ответственность за нормальное обслуживание машины в период от предварительной до окончательной приемки из ремонта несет цеховой персонал. Акт приемки машины из ремонта должен быть оформлен сразу после окончательной приемки. При несвоевременном оформлении приемо-сдаточного акта по вине цеховых работников машина, выпущенная из ремонта, считается принятой в эксплуатацию, и акт подписывает главный механик. Затем он ставит в известность об этом главного инженера для принятия мер. Машину после капитального ремонта сдает в эксплуатацию начальник РМЦ, а принимает начальник производственного цеха; после среднего ремонта машину сдают и принимают соответственно мастера РМЦ и производственного цеха.

Качество ремонта оценивают показателями «отлично» и «хорошо». Отличная оценка дается в том случае, если ремонт выполнен в строгом соответствии с техническими условиями и машина имеет высокие технологические показатели. Хорошая оценка дается, если в отремонтированной машине обнаружены небольшие отклонения от утвержденных технических условий в допусках отдельных деталей, не оказывающие прямого влияния на работу машины и на качество выпускаемой продукции.

К технологическим показателям относятся производительность машины и качество вырабатываемой на ней продукции, а также специфические параметры, характеризующие работу данной машины. Например, при окончательной приемке из ремонта оборудования хлопчатобумажного производства учитывают следующие показатели: в трепальном отделе — ровноту холста; в чесальном — процент отходов и качество прочеса; в ленточном — ровноту ленты; в ровничном — качество намотки, ровноту продукта, производительность машины, а при капитальном ремонте и обрывность; в прядильном и крутильном отделах — качество намотки и пряжи, производительность машины, а при капитальном ремонте и обрывность; на ткацкой фабрике — производительность и качество суровых тканей.

Технологические показатели работы отремонтированной машины должны сопоставляться с показателями работы той же машины до ремонта при одинаковой заправке. Производительность отремонтированной машины устанавливают согласно плановым нормам, а качество продукции — по фактическому среднему качеству вырабатываемой на предприятии продукции данного ассортимента и сорта. Нормы обрывности принимают по средним показателям обрывности на фабрике по данному ассортименту и на аналогичных типах машин. Если состояние машины после ремонта не соответствует установленным требованиям, машина не принимается в эксплуатацию. Ремонтная бригада, допустившая некачественный ремонт, обязана устранить дефекты, обнаруженные при приемке, без дополнительной оплаты.

Начальнику производственного цеха запрещается принимать и пускать в эксплуатацию некачественно отремонтированное оборудование, а начальнику РМЦ — давать задание бригаде на ремонт других машин до полного устранения дефектов.

Простой машин в ремонте

Простой машины в ремонте исчисляется с момента останова ее для ремонта до момента сдачи в эксплуатацию. Длительность простоя зависит от

трудоемкости ремонта (чел.-ч), состава ремонтной бригады, сменности при выполнении ремонта и др. Следует различать длительность собственно ремонта (время, в течение которого ремонтная бригада занята ремонтом данного объекта) и общий простой машины, вызванный ремонтом (ремонтный период). Если ремонт проводится в одну смену, а цех работает в три смены, общий простой машины в ремонте вычисляют из расчета трехсменной работы. Длительность ремонта в часах $T_р$ рассчитывают по формуле

$$T_р = Q/(mr_р),$$

где Q — типовая трудоемкость ремонта, чел.-ч; m — число ремонтников в бригаде, человек; $r_р$ — сменность работы бригады.

Общий простой машины в ремонте $H_о$ (в учитываемых часах) определяют по формуле

$$H_о = Qr_о/(r_р m),$$

где $r_о$ — сменность работы оборудования.

В большинстве случаев ремонтные бригады работают в одну смену ($r_р = 1$) и приведенные формулы принимают вид

$$T_р = Q/m; \quad H_о = Qr_о/m.$$

При производственных расчетах, в частности при определении количества заправленного оборудования, учитывают общий простой (h) машин в ремонте, выраженный в процентах к фонду времени работы оборудования:

$$h = \Sigma H_о/\Phi \cdot 100,$$

где $\Sigma H_о$ — суммарный годовой простой оборудования в ремонте, ч; Φ — годовой фонд времени работы оборудования при данной сменности, ч.

При правильной организации ремонта машин и ухода за ними длительность ремонта, а следовательно, простой сокращаются и выпуск продукции основного производства увеличивается. Например, при сокращении длительности среднего ремонта ткацкого станка на 2 ч каждые 100 станков за период ремонтного цикла могут дополнительно дать продукцию, стоимость которой примерно в 120 случаях окупит средний ремонт.

Общий простой машины в ремонте значительно сокращается, если применяют многосменный, стендовый и другие прогрессивные организационные формы ремонта, проводимые на базе узлового метода (см. с. 239).

Модернизация оборудования. Одной из функций ремонтной службы предприятий является проведение модернизации оборудования. Под модернизацией действующего оборудования понимают внесение в его конструкцию частичных изменений и усовершенствований с целью приближения общего технического уровня оборудования к уровню современных моделей аналогичного назначения.

Модернизация позволяет во многих случаях с помощью сравнительно небольших затрат значительно повысить технический уровень действующих машин. На большинстве предприятий текстильной и легкой промышленности технологическое оборудование модернизируют.

Наиболее эффективной является комплексная модернизация. Комплексную модернизацию осуществляют в плановом порядке, а ее проведение приобщают к моменту выполнения очередного ремонта. При этом предусматривают обязательное использование передовой техники, обеспечивающее повышение производительности оборудования и качества выпускаемой продукции, а также снижение обрывности и расхода сырья. Целесообразно модернизировать не отдельные машины, а оборудование всего участка, затем цеха и фабрики.

МЕТОДЫ РЕМОНТА МАШИН ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Организация ремонта машин в значительной мере зависит от его методов. Различают два основных метода ремонта: индивидуальный и узловой.

Индивидуальный метод ремонта. Индивидуальным называется метод ремонта, при котором детали и узлы, снятые при разборке машины, после исправления снова ставят на ту же машину (за исключением деталей и узлов, непригодных к дальнейшей работе и требующих замены). Этот метод ремонта имеет существенные недостатки, такие, как длительные простои машин, большая трудоемкость, высокая себестоимость и недостаточное качество ремонта. Причиной является то, что ремонтной бригаде приходится ожидать получения деталей из механической мастерской, в которой их ремонтируют или изготовляют в индивидуальном порядке; при сборке машины заметно увеличивается объем пригоночных работ, вследствие чего не только усложняется ремонт, но затрудняется регулировка и наладка машины; для работ по ремонту требуются рабочие высокой квалификации; ограничена возможность механизации ремонтных работ и пр.

При индивидуальном методе правильная организация и четкое планирование ремонта затруднены, что приводит к недостаточной загрузке ремонтной бригады в течение рабочего дня и ограничивает возможность применения передовой технологии изготовления и реставрации деталей. Кроме того, узлы и сочленения машины утрачивают конструктивные размеры, полностью исключается взаимозаменяемость деталей, так как при индивидуальном методе ремонта преобладают пригоночные работы. Наконец, при увеличенном простое машины в ремонте уменьшается фонд времени оборудования, что снижает производственную мощность предприятия.

Индивидуальный метод применяется в легкой промышленности все реже и главным образом для ремонта разнотипных машин, а иногда для ремонта громоздких машин, представленных на предприятиях в ограниченном количестве.

Узловой метод ремонта. Узловым называется метод ремонта, при котором вместо снятых с машины основных узлов и деталей устанавливают заранее заготовленные, пригнанные и опробованные новые или отремонтированные узлы и детали. Снятые узлы отправляют в специализированные мастерские для переборки и ремонта. При узловом методе ремонта простои меньше, чем при индивидуальном, трудоемкость и себестоимость ремонта ниже, а качество его выше. Преимущества узлового метода обусловлены следующим: бригада не простаивает из-за отсутствия деталей и узлов; ремонт и изготовление деталей и узлов производят заблаговременно и по принципу частичной взаимозаменяемости; при сборке машины узлы и детали устанавливают на место с применением в отдельных случаях незначительной пригонки (упрощающей регулировку и наладку машины); для выполнения ремонтных работ требуются менее квалифицированные рабочие, чем при индивидуальном методе ремонта; есть возможность широко механизировать ремонтные работы и др.

Узловой метод позволяет хорошо организовать и четко спланировать работу всей ремонтной службы предприятия, в частности: устанавливать в ремонтной бригаде типовую, наиболее целесообразную организацию труда с равномерной и максимальной загрузкой всех ее членов; применять типизированную технологию для всего комплекса ремонтных работ на базе широкого использования передовой техники; сохранять конструктивные размеры и взаимозаменяемость основных деталей и узлов. Вследствие уменьшения простоя машин в ремонте увеличивается время работы оборудования и повышается производственная мощность предприятия.

Узловой метод ремонта разработан по инициативе передовых ремонтников. Переход от индивидуального к узловому методу ремонта позволил значительно сократить простои оборудования, повысить его производительность, улучшить качество выпускаемой продукции, уменьшить расход электроэнергии, повысить долговечность многих ответственных деталей. Данный метод ремонта наиболее эффективен, если оборудование однотипно или если основные узлы машин разных моделей унифицированы. Только при таких условиях возможна наиболее рациональная и экономичная организация предварительной заготовки узлов и деталей в оптимальных количествах с сохранением принципа взаимозаменяемости.

Если оборудование разнотипное и основные узлы его не унифицированы, организация узлового ремонта затрудняется из-за необходимости большого запаса разнообразных узлов и

деталей. Кроме того, при изготовлении и реставрации таких деталей и узлов их взаимозаменяемость невозможна, поэтому необходимо производить значительные пригоночные работы. Наконец, разнотипность узлов и деталей затрудняет планирование и организацию работ мастерских, кладовых и других звеньев ремонтной службы. В таких случаях узловой метод ремонта применяют не в полном объеме: ограничиваются только предварительной заготовкой некоторых узлов.

В промышленности известен поточно-узловой ремонт оборудования по методу лауреата Государственной премии Ф. Д. Левкоева (Куровской меланжевый комбинат).

Сущность поточно-узлового ремонта заключается в том, что восстановление, пригонка и приработка отдельных наиболее трудоемких узлов и механизмов машин производятся в мастерских, оснащенных специальными станками, стендами и приспособлениями. Специализация мастерских позволяет использовать принципы поточной организации и технологии ремонта, обеспечивающие высокую производительность и качество ремонтных работ. При такой организации ремонта ремонтные бригады только разбирают и устанавливают узлы на ремонтируемые машины и налаживают их.

Организационные формы ремонта по узловому методу. Длительность ремонта машины определяется: затратами времени на разборку машины, мойку, сортировку деталей и выбраковку их; мелкий ремонт деталей, узлов и механизмов, выполняемый ремонтной бригадой; сборку узлов, механизмов и машины в целом; регулировку (наладку) и опробование машины; устранение выявленных неисправностей и сдачу машины в эксплуатацию. Все указанные работы можно проводить последовательно (рис. 5.2, *а*), параллельно (рис. 5.2, *б*) и комбинированно

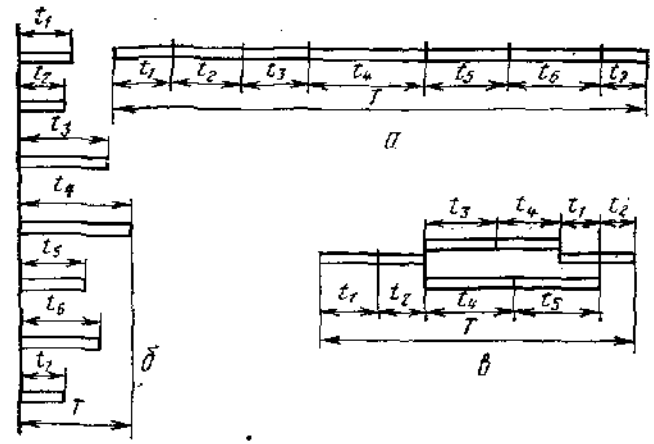


Рис. 5.2. Схема последовательного (*а*), параллельного (*б*) и комбинированного (*в*) проведения ремонтных работ

(рис. 5.2, *в*). На рис. 5.2 отрезки t_1, t_2, ..., t_7 обозначают время, затрачиваемое на отдельные виды работ. Из рисунка видно, что общая длительность T ремонта наибольшая при последовательном проведении работ, наименьшая — при параллельном.

Последовательное проведение работ типично для индивидуального метода ремонта, параллельное и комбинированное — для узлового. Таким образом, оптимальной организационной формой ремонта, позволяющей значительно уменьшить его длительность, является узловой метод. Однако при параллельном проведении работ возникают организационные трудности, заключающиеся в необходимости иметь широкий фронт ремонтных работ для равномерной загрузки ремонтной бригады в течение рабочего дня, что возможно лишь при условии одновременного ремонта нескольких однотипных машин силами одной укрупненной бригады. В большинстве случаев используется комбинированное ведение ремонтных работ, обладающее преимуществами как параллельного (сокращение простоя машин в ремонте), так и последовательного (сниженный удельный расход рабочей силы) методов ремонта. Итак, чем больше работ проводится параллельно, тем меньше длительность ремонта машин.

В текстильной и легкой промышленности получили распространение следующие организационные формы ремонта, базирующиеся на принципе узлового метода: ремонт при односменной работе бригады (односменный ремонт); ремонт при двухсменной работе бригады (двухсменный ремонт); ремонт на стенде (стендовый ремонт); секционный ремонт.

Ремонт при односменной работе бригады (односменный ремонт). Машину ремонтируют только в одну (чаще в первую) смену независимо от сменности работы основного производства. При односменном ремонте наблюдается наибольший простой машины, хотя длительность ремонта может быть минимальной. Такая форма организации ремонта применима для машин любых конструкций и назначения.

Ремонт при двухсменной работе бригады (двухсменный ремонт). При этой форме организации ремонта укрупненная бригада разделяется на две полубригады, каждая из которых последовательно ремонтирует машину в первой и во второй сменах. Для обеспечения общего руководства полубригадами бригадир выходит на работу с середины первой смены и работает до середины второй смены. В результате простой машины сокращается вдвое по сравнению с простоем при односменном ремонте.

Применение такой формы организации работ целесообразно при большой трудоемкости ремонта (выходящей за пределы одной смены), например при капитальном и среднем ремонте прядильных, ровничных и других текстильных машин, машин

кожевенных заводов и предприятий искусственной кожи. Она возможна также при капитальном ремонте затяжных, обтяжных и других обувных машин, ткацких автоматов и др.

Основным условием эффективного двухсменного ремонта является четкое руководство и бесперебойное снабжение необходимыми деталями, узлами и материалами полубригады, работающей во второй смене; это очень важно, поскольку ремонтная служба чаще всего работает в одну смену. Двухсменный ремонт оборудования успешно применяется на ряде предприятий.

Стендовый ремонт. В отличие от других организационных форм при стендовом ремонте машину снимают с основания и перевозят на ремонтную площадку или в ремонтный цех, где на специально оборудованном стенде производят все необходимые работы. На место снятой машины устанавливают запасную (резервную), а отремонтированную сдают в запас. Простой машины в ремонте почти не влияет на производственную мощность цеха, так как рабочее место простаивает только в течение времени, необходимого для снятия и установки машины.

По сравнению с рассмотренными выше формами организации ремонта стендовый ремонт обеспечивает наименьший простой рабочих мест в производственном цехе. Наиболее эффективно его использование при наличии в цехе большого количества однотипного оборудования, широких проходах и проездах, а также при транспортабельности машин (определяемой их малыми габаритными размерами и массой) и необходимом количестве запасных машин.

Стендовый ремонт применяется в текстильной промышленности главным образом для ремонта ткацких станков и является основным методом ремонта на обувных, швейных и трикотажных предприятиях. На ремонтной площадке или в ремонтном цехе ремонт можно производить в одну или две смены, причем его длительность сокращается благодаря хорошему оснащению рабочего места оборудованием и приспособлениями (токарным, сверлильным, точильным станком, измерительными, монтажно-демонтажными и другими приспособлениями).

Секционный ремонт. Машину ремонтируют по отдельным крупным частям (секциям). Ремонт ведется в нерабочие дни и смены (чаще всего в выходные дни), а в промежутки между ними машина продолжает работать. При секционном методе простоя машины в ремонте в рабочее время фактически нет, что является главным его достоинством. Однако при этом методе возникают организационные трудности, так как время между началом и окончанием ремонта машины исчисляется иногда несколькими неделями. Отремонтированные секции часто не могут нормально работать, пока не будут приведены в полный порядок все остальные секции и узлы, что снижает

производительность машины и увеличивает трудоемкость ремонта.

При ремонте отдельных секций должен быть выбран такой объем работ, которые могут быть выполнены в течение выходного дня и после завершения которых машина может быть подготовлена для работы в очередной рабочей смене. При секционном ремонте трудоемкость работ может оказаться больше, чем при любой другой его организационной форме, так как иногда приходится заново разбирать ранее отремонтированную секцию или узлы для регулировки и сопряжения их с той секцией и узлами, которые ремонтируются в данный выходной день.

Секционный ремонт требует особенно тщательной подготовки деталей, узлов, материалов, инструментов, приспособлений, четкой организации работ. Его применение целесообразно для ремонта машин, имеющихся на предприятии в ограниченном количестве (их останов на ремонт в рабочие дни может вызвать нарушение работы предприятия). К таким машинам относятся, например, разрыхлительные агрегаты, чесальные льняные и шлихтовальные машины, сушилки, агрегаты отделочного производства, оборудование заводов первичной обработки волокнистых материалов, кожевенных заводов и др.

Разбивка машин на ремонтные узлы. При узловом методе ремонта каждую машину разбивают на определенное количество ремонтных узлов. Их необходимо предварительно заготовлять, исходя из следующего: при разборке машины узел должен легко сниматься (без разборки на отдельные детали), а при сборке— просто и быстро устанавливаться на место; узел не должен быть громоздким, чтобы его можно было легко и удобно хранить, транспортировать и монтировать; вместе с тем желательно, чтобы узел можно было предварительно прирабатывать и испытывать на стенде.

Рассмотрим примеры разбивки машины на ремонтные узлы.

1. Затяжная машина разбита на следующие узлы по механизмам: включения; упоров; клещей; ударника; гвоздевого канала; барабана; подшипника; ползуна; главного вала; коромысла; поворота клещей.

2. Плоскофанговая машина разбита на следующие узлы: каретка-рельсы; замковая доска-игольница задняя; замковая доска-игольница передняя.

При составлении ведомости по учету дефектов перечень неисправностей следует вносить в нее по ремонтным узлам, что облегчает и ускоряет заготовку узлов.

Экономическая эффективность узлового метода ремонта. Годовой экономический эффект $Э$, получаемый от применения узлового метода ремонта, определяют по формуле

$$Э = (C_1 - C_2) + П_к + П_м + П_р,$$

где C_1 — снижение стоимости ремонта в результате применения узлового метода механизации ремонта и улучшения организации труда бригады, р.; C_2 — увеличение стоимости ремонта из-за дополнительного объема работ по транспортировке машины (станка), демонтажу и монтажу (в случае применения стендового метода ремонта), р.; $П_к$, $П_м$, $П_р$ — дополнительная прибыль, получаемая за счет улучшения качества продукции, вырабатываемой на ремонтируемой машине, уменьшения простоев оборудования, соответственно в межремонтный период и в ремонте, р.

Сравнивая эффективность, получаемую при различных методах ремонта, можно экономически обосновать выбор того или иного метода.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА В РЕМОНТНЫХ БРИГАДАХ

Высокое качество и снижение стоимости ремонта, минимальный простой машин зависят в значительной степени от правильности организации труда в ремонтных бригадах.

Показатели численности штата работников РМЦ. На текстильных предприятиях для ориентировочных расчетов штаты

Таблица 5.4

Вид прядильного производства	Линейная плотность пряжи, текс	Число рабочих РМЦ на 1000 веретен
Кардное	50,5 и выше	0,8
	50—29	0,7
	25—22	0,6
	18,5—15,5	0,5
Гребенное	15,5—12	0,6
	11—10	0,55
	9—6	0,5
Прядильно-ниточное	—	0,8

работников РМЦ определяют по удельным показателям. Ниже приведены примерные удельные показатели штатов рабочих РМЦ для предприятий хлопчатобумажной промышленности*. Для прядильных фабрик эти показатели определены как число рабочих РМЦ, отнесенное к 1000 веретен в зависимости от типа производства (кардное, гребенное, ниточное) и линейной плотности пряжи (табл. 5.4).

Аналогичные удельные показатели для ремонта машин сухого кручения (на 1000 крутильных веретен) принимаются равными показателям, данным в табл. 5.4 с коэффициентом 0,5; при ремонте машин мокрого кручения и прядильно-крутильных берутся соответственно коэффициенты 0,8 и 1,2.

* Приведенные данные не могут служить основанием для расчета штатов РМЦ на действующих предприятиях.

Штаты рабочих РМЦ прядильных производств меланжевых фабрик рассчитывают по нормам для прядильных фабрик с коэффициентом 1,25, включая работников, обслуживающих цехи крашения хлопка и пряжи (5—8% общего количества рабочих РМЦ).

Для ткацких фабрик удельные показатели штатов определяют как число рабочих РМЦ, отнесенное к 100 ткацким станкам в зависимости от ширины станка.

Ширина станка, см	Число рабочих РМЦ на 100 ткацких станков
100—140	3,2
160—175	4
200—250	4,6

Эти данные применимы для ткацких фабрик, выпускающих кардогребенные, ворсовые, меланжевые и технические ткани. Штаты для ремонта пневморапирных ткацких станков рассчитывают так же, как штаты для ремонта обычных станков, но с коэффициентом 1,25, для ремонта жаккардовых станков — с коэффициентом 1,1 и станков меланжевых фабрик — с коэффициентом 1,15.

Удельные показатели штатов рабочих отделочных фабрик определяют как число рабочих РМЦ, отнесенное к 1 млн пог. м в год в зависимости от типа производства (отбельное, красильное, печатное и др.).

Производство	Число рабочих РМЦ на 1 млн пог. м в год
Отбельное	0,16
Красильное (гладкокрашеные ткани)	0,35
Печатное (набивные ткани)	0,3
Отделочное (окончательные виды отделок)	—
Ворсовальное	0,4
Отделочное	
технические ткани	0,36
меланжевые ткани	0,45
бельевые ткани	0,045
марля	0,025

Штаты рабочих, необходимых для текущего ремонта отделочного оборудования отделочного производства, должны составлять 10 % штата РМЦ (не менее одного человека в смену).

На долю слесарей-ремонтников приходится 75 % всего числа рабочих РМЦ. Остальные 25 % — это рабочие цеховых мастерских РМЦ.

Специализация ремонтных бригад. На предприятиях промышленности принят следующий принцип специализации ремонтных бригад. Бригаду закрепляют для выполнения работ по среднему и капитальному ремонту за определенным участком машин. Это позволяет сосредоточить в руках постоянного ремонтного персонала все виды периодического ремонта, улучшить подготовку к нему. При этом значительно облегчается и упрощается проведение периодического ремонта, так как работа производится персоналом, хорошо изучившим машины в процессе их обслуживания и выполнения других работ по периодическому ремонту, знающим недостатки машин, особенности их устройства и требования эксплуатационников. Отвечая за работу прикрепленных к бригаде машин, ремонтный персонал систематически наблюдает за правильностью их эксплуатации и принимает необходимые меры для устранения замеченных нарушений. На одну бригаду разрешается останов для ремонта не более двух машин, одна из которых должна находиться в ремонте, а другая — в обработке.

Расчет количества ремонтных бригад и их состав. Количество ремонтных бригад в составе РМЦ рассчитывают следующим образом. В соответствии с ремонтным циклом определяют число однотипных машин, которые надо отремонтировать в течение года. Зная трудоемкость ремонта каждой машины, устанавливают общую трудоемкость в человеко-часах, необходимую для выполнения годового плана по ремонту.

В состав ремонтной бригады входят: бригадир (слесарь-ремонтник 5—6-го разряда), ремонтники (слесари-ремонтники 3—4-го разряда), помощники ремонтника (слесари-ремонтники 2—3-го разряда), слесарь (слесарь-ремонтник 1—2-го разряда). Приняв примерный состав бригады (табл. 5.5), определяют годовой фонд ее рабочего времени. Разделив общую трудоемкость ремонта на годовой фонд рабочего времени бригады, рассчитывают количество бригад, которым должен располагать РМЦ предприятия для выполнения годового плана по ремонту машины данного типа:

$$Z_i = (\kappa_1 Q_1 + \kappa_2 Q_2)/T_{бр},$$

где Z_i — потребное количество ремонтных бригад для выполнения годового объема ремонта по машинам данного типа; κ_1, κ_2 — количество машин данного типа, подлежащих соответственно среднему и капитальному ремонту; Q_1, Q_2 — типовая трудоемкость соответственно среднего и капитального ремонта одной машины, чел.-ч; $T_{бр}$ — годовой фонд рабочего времени бригады, чел.-ч.

Общее количество бригад РМЦ Z определится как сумма:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \ldots + Z_n,$$

где Z_1, Z_2, Z_3, Z_n — количество бригад для выполнения годового объема работ по машинам разных типов.

Распределение работы между членами ремонтной бригады. Правильное распределение работ между членами ремонтной бригады имеет большое значение для рациональной организации труда. При распределении работ следует исходить из состава бригады, квалификации ее членов, вида ремонта, его трудоемкости, организационной формы и нормированной длительности. При этом руководствуются следующими основными

Таблица 5.5

Оборудование	Бригадир	Ремонтники	Помощники ремонтников	Слесари	Всего
Прядильные фабрики					
Прядильные машины (пневмомеханические типа БД-200)	1	1	1	—	3
Крутильные, прядильные, тростильные и прядильно-крутильные машины типа ПК	1	1	1	—	3
Ленточные и ровничные машины	1	1	1	—	3
Чесальные машины	1	1	—	—	2
Машины сортировочно-трепального отдела	1	1	1	—	3
Машины гребнечесального отдела	1	1	—	—	2
Машины приготовительного отдела прядения отходов	1	—	1	—	2
Машины отдела аппаратного прядения отходов	1	2	1	1	5
Ткацкие фабрики					
Автоматические, автоматизированные и многочелночные станки, а также бесчелночные (типа СТБ, АТПР и пневматические)	1	1	—	—	2
Мотальные машины	1	—	—	1	2
Машины для перемотки утка	1	—	—	2	3
Сновальные машины	1	—	—	2	3

положениями: все члены бригады должны быть равномерно загружены высокопроизводительной работой в течение рабочего дня; каждый член бригады должен выполнять определенные обязанности в соответствии с его квалификацией; должна быть установлена такая последовательность работ, при которой члены бригады не простаивают и не мешают друг другу; при ремонте машины бригада должна быть максимально разгружена от вспомогательных работ. Вместе с тем в случае необходимости члены бригады должны быть подготовлены к взаимозаменяемости с учетом степени их квалификации.

На многих предприятиях вспомогательные работы выполняет цеховой или специальный персонал: изношенные детали, снятые с машин, разбраковывает контролер; рифленые цилиндры, веретена и другие детали правят слесари-рихтовщики в специализированных мастерских; такие секции, как каретки и жаккардовые машины, ремонтируют в специализированной мастерской на стенде; чистку машин, поступающих в ремонт, снятие с них готовой ткани, основы, ровницы перед ремонтом и заправку машин после ремонта выполняет цеховой персонал.

Для сокращения вспомогательных и непроизводительных работ особое внимание надо уделять подготовке машин к ремонту. За несколько дней до начала ремонта машины бригадир должен ознакомиться с ведомостью дефектов. Бригадир должен тщательно осмотреть машину и проверить наличие в кладовой необходимых узлов и деталей. К моменту останова машины на ремонт заготовленные узлы и детали должны быть проверены и подготовлены инструменты, приспособления и вспомогательные материалы. Ремонтную бригаду освобождают от работ, связанных с восстановлением деталей.

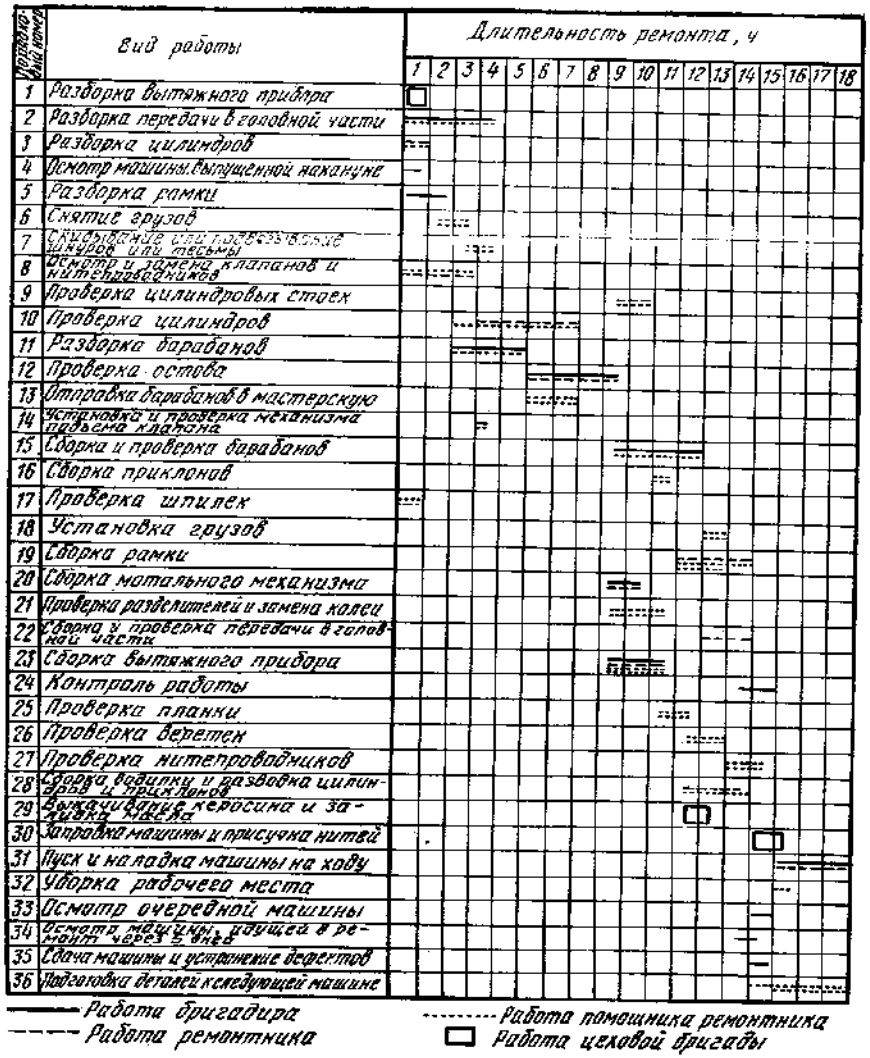
Распределение работ между членами бригады нагляднее всего можно представить в виде графика. Для составления графика необходимы следующие данные: метод организации ремонта машины (индивидуальный или узловой); количество и перечень узлов и деталей (при узловом методе), подлежащих предварительной заготовке; кем проводится заготовка узлов (специальным штатом или бригадой); принятая организационная форма ремонта (одно- или двухсменный, стендовый или секционный); принцип проведения работ (последовательное, параллельное или комбинированное), очередность работ; состав бригады; трудоемкость ремонтных работ; требуемая квалификация рабочих для выполнения каждой из них.

График оформляется следующим образом. Слева по вертикали дается перечень работ (ремонтных операций), а сверху по горизонтали — масштаб времени. Условными знаками отмечается продолжительность каждой из работ, количество и квалификация членов бригады, занятых ее выполнением.

Ниже представлен примерный график работы бригады при капитальном ремонте прядильной машины. График составлен для следующих условий работы: ремонт выполняется узловым методом; предварительную заготовку узлов и деталей производит специальный штат с частичным участием членов бригады; ремонт односменный, выполняется в цехе; принцип проведения работ — комбинированный; состав бригады — 3 человека; трудоемкость ремонтных работ — из передового опыта предприятий.

Из графика видно, что при распределении работ в соответствии с квалификацией членов бригады предусматривается выполнение большинства работ параллельно бригадиром и ремонтником, каждым в отдельности или в паре с помощником, только проверку остова и наладку машины на ходу производят бригадир и ремонтник совместно.

При составлении графика следует стремиться к тому, чтобы все члены бригады в период ремонта были загружены равномерно, так как неравномерная загрузка затрудняет работу бригады и делает ее неритмичной. В каждом случае нужно выявлять ремонтные операции и приемы, затрудняющие работу бригады и вызывающие неравномерность загрузки ее членов.



Данные операции и приемы необходимо прежде всего механизировать путем применения специальных приспособлений, глубже продумать последовательность операций и расстановку ремонтников. Тщательное изучение работы ремонтных бригад (оформленное затем в виде графика) дает возможность найти оптимальный вариант организации работы ремонтной бригады.

Организация рабочего места ремонтников. Правильная организация рабочего места — одно из важных условий, обеспечивающих высокую производительность труда ремонтников и отличное качество ремонта. Это подтверждается опытом работы

передовых ремонтных бригад. Рабочим местом ремонтников называется участок, занимаемый отдельным рабочим или бригадой, оборудованием и другими материальными средствами, которые рабочий или бригада используют в процессе работы.

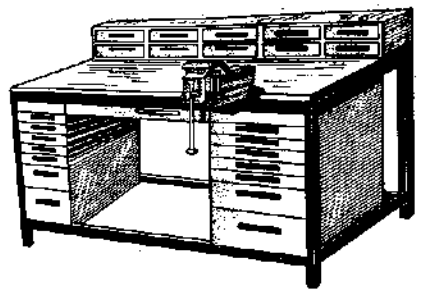


Рис. 5.3. Верстак для слесаря-ремонтника

Правильно организованное рабочее место должно быть оснащено всеми необходимыми техническими средствами, расположенными наиболее удобно для данного производственного процесса. В каждом конкретном случае следует выбрать наиболее экономичные формы и методы организации труда на рабочем месте.

Ремонтникам приходится работать как непосредственно у ремонтируемой машины (разборка или сборка узлов и механизмов), так и на тисках (подгонка деталей, выполнение мелкого ремонта и пр.). Для работы у машины ремонтники должны иметь индивидуальные переносные ящики с комплектом необходимых инструментов, шаблонов, мелких деталей, обтирочных материалов. В распоряжении каждой бригады должен быть верстак с тисками, который представлен на рис. 5.3. Верстак должен иметь несколько ящиков и отделений, в которых размещаются необходимые инструменты, приспособления, запасные детали, вспомогательные материалы, техническая документация.

Ниже приводится перечень инструментов, приспособлений и вспомогательных материалов, которые должны иметь ремонтные бригады.

Слесарно-монтажные инструменты: электродрель; электрошлифовальная машинка; слесарные молотки (220 и 500 г); медные молотки (500 и 1000 г); зубило; крейцмейсель; напильники драчевые и личные разных сечений; ножовочный станок и полотна; отвертки; комплект нормальных гаечных простых и торцевых ключей; комплект специальных ключей (в зависимости от типа и марки машин); плоскогубцы; пробойники; выколотки разные; дрель; керны; сверла спиральные (комплект); клупп, плашки, метчики (комплект); вороток; чертилка.

Контрольно-измерительные приборы: поверочные стальные линейки (100—1500 мм); стальной метр и рулетка; уровень; отвес; тонкий шнур (струна); штангенциркуль; нутромер; микрометр; индикатор часового типа со стойкой; щупы; резьбомер; угломер; угольники нормальные; комплект специальных шаблонов (в зависимости от типа и марки машин).

Приспособления и вспомогательные устройства: съемники нормальные и специальные; домкрат; крючки; щетки; масленки и ведра.

Вспомогательные материалы: смазочное масло; мел; наждачная бумага; солидол; тряпки; ветошь; подкладки и клинья.

При разборке машин и узлов целесообразно пользоваться специальными пирамидами (стойками для укладки деталей), применение которых предохраняет рабочее место от загрязнения и потери деталей. Чтобы можно было использовать электроинструменты (электродрели, электроточила и т. п.), к рабочему месту необходимо подвести электропроводку со штепселем.

На рабочем месте должна строго соблюдаться чистота и достаточное освещение, а в рабочем помещении — нормальная температура воздуха, хорошая вентиляция и пр.

При выполнении ремонтных работ в производственном цехе, в специализированной мастерской, на стенде, в ремонтно-механической мастерской рабочие ремонтной службы должны строго соблюдать все правила охраны труда и противопожарной безопасности.

ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Планирование ремонтных работ. Рациональная организация ремонта оборудования базируется на четком и обоснованном (технически и экономически) планировании. Цель планирования заключается в периодическом выполнении ремонтных работ основного оборудования в установленные сроки при высоком качестве и минимальной стоимости ремонта. При планировании ремонтных работ составляют: график проведения этих работ, план затрат на капитальный и средний ремонт, план по труду и заработной плате, план расхода материалов и деталей и план по затратам.

График ремонтных работ. График отражает основную производственную программу РМЦ предприятия. Согласно установленной периодичности график капитального ремонта составляется на год по кварталам с разбивкой по месяцам, а график среднего ремонта — на каждый квартал с разбивкой по месяцам. Каждый из графиков является продолжением предыдущего (планируемый годовой — продолжением предыдущего годового, планируемый квартальный — продолжением предыдущего квартального).

Годовой график капитального ремонта составляет отдел главного механика (ОГМ) совместно с начальниками производственных цехов, а утверждает его главный инженер предприятия. График подписывает главный механик, заведующий фабрикой (производством), начальник производственного цеха. График среднего ремонта составляют и подписывают начальники РМЦ и производственного цеха и утверждает главный инженер предприятия. Для составления графика необходимы данные о количестве машин по типам, сменности работы оборудования, периодичности ремонта каждого вида, типовой длительности ремонта.

Составление графика ремонтных работ облегчается там, где имеются типовые объемы ремонтных работ по каждой машине, устойчивая сменность работы оборудования, стабильный ассортимент выпускаемой продукции, установившаяся периодичность ремонта машин каждого типа и однотипность отдельных групп машин.

График ремонта составляют в такой последовательности. Плановый отдел предприятия сообщает в ОГМ о количестве

Таблица 5.6

Оборудование	Количество машин: установленных	Количество машин: заправленных на 1.01.19 г.	Сменность работы оборудования	Периодичность капитального ремонта	Количество капитальных ремонтов в году $n_к$	Периодичность среднего ремонта	Количество средних ремонтов в году $n_с$
Прядильные машины	60	60	3	1 раз в 3 года	20	1 раз в 4 мес	160
Ткацкие станки	500	500	3	То же	165	—	1335

машин, установленных и заправленных на 1 января планируемого года. В соответствии с данными о сменности работы и периодичности ремонта определяют количество машин, подлежащих в течение года ремонту определенного вида.

Количество средних ремонтов $n_с$ в году по машинам данного типа рассчитывают по формуле

$$n_с = N(12/i_с - 12/i_к),$$

где N — число заправленных машин данного типа; 12 — число месяцев в году; $i_с$, $i_к$ — периодичность соответственно среднего и капитального ремонта, мес.

Количество капитальных ремонтов в году $n_к$ рассчитывают по формуле

$$n_к = N \cdot 12/i_к.$$

На основании таких расчетов составляют сводную ведомость. Примерная сводная ведомость количества ремонтов, подлежащих выполнению в течение года, представлена в табл. 5.6.

На основе такого предварительного расчета составляют годовой график ремонта, разбитый по кварталам, месяцам и не-

делям, в котором указывается, когда какая (номер) машина ремонтируется. Для удобства оперативного планирования график ремонта, составленный для всего парка оборудования, обслуживаемого РМЦ, должен быть затем расчленен по ремонтным участкам, т. е. по группам оборудования, закрепленным за ремонтными бригадами.

При составлении графика для каждой машины соблюдают установленную периодичность ремонтов и необходимую их последовательность. Кроме того, выдерживают должную равномерность распределения годового объема ремонтных работ по месяцам. Это обусловливает правильную и равномерную загрузку ремонтных бригад и механических мастерских.

Ниже приведена форма 1 графика среднего ремонта, рассчитанного на один месяц. По этой же форме можно составить

Форма 1

Утверждаю:
Главный инженер ————

График

среднего ремонта на месяц 19— г.

по цеху ———————— фабрики

Фамилия бригадира	Числа месяца											Количество машин, подлежащих ремонту
	1	2	3	4	5...	26	27	28	29	30	31	

Главный механик ———————— Начальник РМЦ ————

Начальник ———————— цеха ————

график на квартал и на год. Ремонтная бригада получает оперативный график капитального и среднего ремонта на месяц. Для сохранения ремонтного цикла по каждой машине в графике проставляют инвентарные номера машин, подлежащих ремонту. Как отмечалось ранее, ремонт машин, производимый иногда не по графику (внеплановый), следует расценивать как серьезное нарушение системы ППР.

На основе годового графика ремонтных работ и их типовых объемов по машинам каждого вида составляют план производства ремонта на год, квартал, месяц, состоящий из производственного задания на планируемый срок, плана по труду и заработной плате и плана затрат. Задание на производство ремонта определяется количеством ремонтируемых машин (по видам) и соответствующими им типовыми объемами ремонтных работ. Дополнительные работы при проведении среднего ремонта учитываются в процентах от общего объема среднего

ремонта (не больше 10 %); на каждом отдельном предприятии эту величину устанавливают по отчетным данным за предыдущие годы.

Производственная программа ремонта составляется по форме 2.

Форма 2

Производственная программа ремонта

Наименование машин	Тип	Количество	Вид ремонта	Количество ремонтируемых машин		
				за год	за квартал	за месяц

План по труду и заработной плате. На основе производственной программы ремонта разрабатывают план по труду и заработной плате. Зная типовую и дополнительную трудоемкость ремонтных работ (чел.-ч), количество и виды ремонта, определяют потребность в рабочей силе (см. с. 247) и в соответствии с тарифными ставками и расценками устанавливают фонд заработной платы для выполнения годовой производственной программы.

При расчете потребности в рабочей силе учитывают передовой опыт новаторов и ожидаемое сокращение трудоемкости ремонтных работ в результате проведения организационно-технических мероприятий. Расчет потребности в рабочей силе и фонда заработной платы производится по форме 3.

Планом по труду устанавливаются: штаты работников РМЦ по категориям, производительность труда ремонтников, фонды заработной платы по категориям и средняя заработная плата одного работника.

Все работники РМЦ в зависимости от выполняемой ими работы относятся к следующим категориям: рабочие производственные и вспомогательные, инженерно-технический персонал, счетно-конторский персонал, младший обслуживающий персонал, ученики.

План по расходу деталей и материалов. Своевременное обеспечение ремонтных бригад деталями, а мастерских материалами — важнейшее условие планомерности работы всей ремонтной службы предприятия. Целью планирования расхода деталей является своевременное и регулярное обеспечение потребности в них при среднем и капитальном ремонте, а также при межремонтном обслуживании. План составляют на год с разбивкой по кварталам и месяцам. Для составления плана расхода деталей необходимо знать нормы расхода деталей каждого типоразмера и количество машин, на которые эти детали устанавливают.

Нормой расхода деталей называется количество деталей данного типа, заменяемых при ремонте определенной машины

Форма 3

Расчет потребности в рабочей силе и фонда заработной платы

Наименование машины	Тип (марка)	Вид ремонта	Количество машин подлежащих ремонту в течение года	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Рабочая сила		Годовой фонд зарплаты, р.	
				на одну машину	на все машины	количество рабочих	количество бригад	на одну машину	на все машины

Форма 4

План расхода деталей на 19____ г.

Деталь		Тип или базовый размер	Норма расхода	Количество машин	Потребность в деталях на год	Потребность в деталях по кварталам и месяцам																		
						I квартал				II квартал				III квартал				IV квартал						
						месяцы			Всего	месяцы			Всего	месяцы			Всего	месяцы			Всего			
название	марка					I	II	III		IV	V	VI		VII	VIII	IX		X	XI	XII				

в течение установленного периода (месяца, квартала, года). Норма расхода деталей $H_д$ зависит от срока их службы (при данной сменности работы) и количества этих деталей на машине. Определяется она по формуле

$$н_д = Km/t,$$

где K — планируемый срок, мес; m — число одинаковых деталей в машине; t — срок службы деталей в зависимости от сменности работы оборудования, мес (берется по данным технической документации).

На основное оборудование утверждены единые годовые нормы расхода деталей. Общее количество данных деталей $H_д$, требующееся для всех машин данного типа на планируемый срок, определяется из равенства

$$H_д = н_д C,$$

где C — количество машин данного типа.

План расхода деталей в год составляется за 10 мес до начала планируемого года по форме 4. Из этого плана делают выборку и составляют номенклатурный перечень деталей, заказываемых отдельно (механическим и машиностроительным заводам), и деталей, изготовляемых и восстанавливаемых в мастерских своего предприятия.

Машиностроительные заводы поставляют фабрикам главным образом массовые запасные части для отечественного оборудования. Немассовые запасные части и запасные части для импортного оборудования изготовляются в фабричных мастерских или же по кооперации на других предприятиях. При определении номенклатуры и количества деталей, заказываемых другим предприятиям и изготовляемых в фабричных мастерских, необходимо учитывать, что минимум 25—30 % всей потребности можно покрыть за счет реставрации деталей. Кроме того, если фактический расход деталей за предыдущий год меньше нормативного и при этом оборудование ремонтировалось соответственно срокам, следует заказывать детали, ориентируясь на достигнутый уровень. Наконец, при планировании расхода деталей необходимо учесть предполагаемый остаток на 1 января планируемого года, с тем чтобы исключить его из плана для создания переходящего остатка.

На основании такой выборки составляют годовую заявку (с разбивкой по кварталам) на детали, получаемые с других предприятий, и годовой план работы механических мастерских с разбивкой по кварталам и месяцам. Заявку направляют в объединение, которое после ее рассмотрения и утверждения выделяет предприятию необходимые фонды. Получив фонды, предприятие заключает договор с заводом-поставщиком, которому предварительно сообщает номенклатуру, марки, типоразмеры немассовых деталей (в пределах выделенного фонда).

Для упрощенных расчетов потребность в запасных частях, поставляемых в централизованном порядке, определяют в объеме 3—5 % балансовой стоимости технологического оборудования. Основными поставщиками запасных частей являются: к отечественному оборудованию, производство которого продолжается,— Минлегпищемаш СССР; к отечественному оборудованию, снятому с производства, и к оборудованию, закупленному в капиталистических странах,— Минлегпром СССР (ремонтно-механические базы), к оборудованию, закупленному в социалистических странах,— Минлегпром СССР.

План расхода материалов для ремонта и эксплуатации оборудования составляют на основе утвержденных нормативов, устанавливающих основной перечень материалов и нормы их расхода в год. Нормой расхода материалов называют количество материалов, расходуемых на ремонт и содержание одной машины в год.

Например, на ремонт и содержание одной льнопрядильной машины в год нормой предусмотрен следующий расход материалов, кг: литье чугунное — 190, сталь горячекатаная — 140, сталь специальная (особая) — 2,3, сталь комбинированная — 0,3, катаная проволока — 7,5, крепежные детали — 5, трубы — 20, припой — 2,5. А на ремонт и содержание одной мездрильной машины (в кожевенной промышленности) нормами предусмотрен следующий расход материалов в год при трехсменной работе, кг: литье чугунное — 250, сталь углеродистая обыкновенного качества — 140, сталь углеродистая качественная — 60, бронза — 12, красная медь — 5, баббит — 10,5.

Пользуясь нормами расхода материалов и зная количество машин, определяют общую потребность в материалах по машинам каждого типа и предприятию в целом. Затем устанавливают годовую, квартальную и месячную потребность по материалу каждого вида и составляют заявку на эти материалы. План расхода материалов составляется за 6—8 мес до начала планируемого года и направляется в объединение, которое после утверждения плана выделяет предприятию фонды. При составлении планов расхода материалов необходимо учитывать их переходящие остатки на складе.

Учет ремонтных работ. Целью организации учета капитального и среднего ремонта является обеспечение контроля выполнения плана и периодичности ремонта по каждой машине, а также качества ремонта и его стоимости. Кроме того, учет необходим для контроля движения деталей в складском хозяйстве и выполнения капитального и среднего ремонта каждой машины.

Для осуществления учета ремонтных работ используется следующая документация: ведомости по учету дефектов; наряды на производство работ; акты на приемку машины из ремонта; книги по учету капитального ремонта; картотека по учету

среднего ремонта; требования на материалы и детали; заказы-наряды на вспомогательные работы. Важнейшим средством контроля является калькуляция стоимости ремонта и анализ затрат.

Порядок составления ведомости по учету дефектов и графиков ремонта изложен ранее (см. с. 234).

Наряд на производство работ. Перед остановом машин на ремонт согласно графику мастер РМЦ выписывает бригаде наряд в двух экземплярах — один бригаде, другой (копия) в РМЦ с последующей передачей в бухгалтерию. В наряде указываются перечень работ (в соответствии с ведомостью по учету дефектов), норма времени на их производство, стоимость работ, состав бригады и дата начала ремонта. Если фактический объем работ превышает типовой, все дополнительные работы мастер вносит в наряд, проставляет норму и расценку. После окончания ремонта наряд, оформленный мастером и начальником РМЦ, передают в бухгалтерию для расчета и оплаты. Оплата по наряду производится лишь после того, как подписан акт сдачи машины в эксплуатацию.

Для облегчения разноски сумм на капитальный и средний ремонт наряды на производство ремонта этих видов должны различаться по цвету или другому признаку. Работу, выполняемую подсобными рабочими (цеховыми слесарями, чистильщиками, батанщиками и т. д.), которых привлекают к ремонту, надо оформлять нарядом особого цвета. Наряды используются для учета фактической стоимости ремонта машины.

Акт на приемку оборудования из ремонта. По окончании ремонта и истечении испытательного срока работы машины, вышедшей из капитального и среднего ремонта, составляют акт на ее приемку из ремонта. В акте указывают: наименование и номер машины; время ее останова на ремонт; дату заправки в работу; фактическую затрату времени на ремонт; фамилию бригадира; перечень выполненных работ и основных сменных деталей; оценку качества ремонта. Приемку машины из ремонта производят в соответствии с техническими условиями на средний и капитальный ремонт.

Из капитального ремонта машину принимает начальник производственного цеха, сдает — начальник РМЦ. При этом должны присутствовать помощник мастера, рабочий, обслуживающий машину, и бригадир по ремонту (подробнее см. с. 236). Акт на приемку машины из ремонта составляют в двух экземплярах: оформленный подлинник направляют в бухгалтерию, копия остается в РМЦ. В случае задержки в оформлении приемо-сдаточного акта машину в установленные сроки принимает из ремонта главный механик и передает акт главному инженеру для принятия мер.

Книга и картотека по учету ремонтных работ. На основании первичных документов (актов, нарядов) сведения о произведенных работах заносят: по капитальному ремонту — в специальную книгу и по среднему ремонту — в соответствующую картотеку.

Книгу заводят для каждого типа оборудования, причем на каждую машину открывают отдельный лицевой счет. Объем книги должен быть рассчитан на срок не менее 8—10 лет. Все листы нумеруют и книгу прошнуровывают. В лицевой счет каждой машины после каждого капитального ремонта заносят: дату останова машины на ремонт; дату пуска ее в эксплуатацию; произведенные работы; сведения об основных сменных деталях и деталях, оставленных без замены; количество часов, затраченных на ремонт; длительность простоя машины; оценку качества ремонта; номер акта; состав ремонтной бригады; стоимость ремонта; фамилию лица, сдавшего и принявшего работу.

Картотеку заводят на время ремонтного цикла. В картотеке по учету среднего ремонта проставляют дату останова машины на ремонт и дату пуска ее после ремонта, указывают перечень произведенных работ, основные сменные детали и оценку качества ремонта, проставляют номер акта, стоимость ремонта, фамилию бригадира бригады, производившей ремонт.

Книги по учету капитального ремонта и картотеку по учету среднего ремонта ведут ремонтные мастера; книги хранятся в РМЦ. Выполнение ремонтных работ отмечают также в графиках ремонта штриховкой или определенным цветом с указанием даты проведения ремонта.

Требования на материалы и детали. Материалы и детали, необходимые для ремонта машин, выдаются из кладовой или склада по требованиям. Бланки требований различаются по цвету для удобства разноски расходов по видам ремонта. В требовании кроме перечня материалов и деталей указывают также шифр (характеризующий тип машины) и номер машины. Такие материалы, как например, смазочно-обтирочные, относят на всю группу однородных машин, выпущенных из ремонта за отчетный период. Детали из кладовой выдаются в обмен на неисправные, снятые с машины.

Заказы-наряды на вспомогательные работы. На все работы, выполняемые для ремонта вспомогательными или специализированными мастерскими (батанная, игольная, паяльная, механическая, сварочная и др.), оформляются заказы-наряды. К такого рода работам не относится изготовление новых деталей, получение которых оформляется через склад деталей. Стоимость вспомогательных работ включается в затраты на ремонт.

Учет затрат на ремонт. Затраты на ремонт учитываются бухгалтерией на основе нарядов, требований на материалы и детали и заказов-нарядов, выданных вспомогательным мастерским.

Затраты на ремонт складываются из основной заработной платы ремонтников, основной заработной платы подсобных рабочих, дополнительной заработной платы, начислений на заработную плату, стоимости материалов и деталей, стоимости услуг вспомогательных и специализированных мастерских, накладных расходов.

Анализ затрат на ремонт позволяет принять необходимые организационно-технические меры для уменьшения стоимости ремонтных работ и перевода бригады, а затем и всего РМЦ на хозрасчет и самоокупаемость.

Хранение и учет запасных частей. Запасные части хранят на центральном складе и в цеховых кладовых (складах). Центральные склады запасных частей находятся в общей системе складского хозяйства. Цеховые кладовые обслуживают ремонтные бригады, а также помощников мастеров.

В центральном складе запасных частей хранятся детали, полученные от заводов-изготовителей, изготовленные в мастерских предприятия, а также заготовки и готовые изделия, получаемые с других предприятий (например, подшипники качения, фиттинги, арматура и пр.). Кроме того, на хранение в склад поступают узлы и детали после централизованной реставрации. Центральный склад запасных частей выдает детали в цеховые кладовые, регулирует запасы деталей и своевременно пополняет их в объеме, установленном нормативами. Цеховые кладовые принимают и хранят детали, получаемые с центрального склада, выдают детали ремонтным бригадам и цеху (для текущего обслуживания), принимают и сортируют неисправные детали, снятые с ремонтируемых машин.

В номенклатуру запасных частей, которые должны постоянно храниться, включаются: все быстроизнашивающиеся детали со сроком службы до 1 года; детали со сроком службы от 1 года до 3 лет, но при большом количестве оборудования одной модели; все сменные детали (независимо от срока службы) для уникального и особо ответственного оборудования, а также сложные и трудоемкие в изготовлении детали.

В зависимости от принципа организации ремонта и метода его выполнения (индивидуальный, узловой) поступившие на фабрику и изготовленные в фабричных мастерских запасные детали отправляют на хранение: в окончательно обработанном виде (деталь устанавливают на место в машине без всякой подгонки); в обработанном виде, но с припуском на последующую пригонку по месту; в виде скомплектованных новых ремонтных узлов и в виде реставрированных деталей и узлов. Для каждой номенклатуры деталей устанавливают норму запаса для хранения на складе и в кладовой. Нормой запаса называется то минимальное, но достаточное количество деталей данного наименования, которое необходимо для бесперебойного удовлетворения текущих нужд ремонта. Излишний запас деталей удлиняет сроки оборачиваемости средств, а недостаточный вызывает простои ремонтных бригад и удлинение сроков выполнения ремонта.

Номенклатура запасных частей и нормы их стабильного запаса оформляются в виде карт (установленной формы) на каждый тип оборудования отдельно. Данные этих карт сводят в общую ведомость, имеющую те же графы, что и карты, и охватывающую всю номенклатуру запасных деталей, подлежащих хранению на складе. Детали, поступившие на склад и в кладовую, хранят на стеллажах, стойках и т. п. Для деталей машин каждого типа используют определенное количество стеллажей, а для деталей наименования — ячейку или полку, на которых делают надпись с указанием названия машин, детали и номера по каталогу. На деталь каждого наименования заводят карточку для учета ее поступления и расхода. Поступившие на склад детали (новые и реставрированные) приходуют на основании документов поставщика и приходного ордера, выписанного на складе. Детали из центрального склада выдают по требованиям, которые выписываются потребителем (РМЦ или цехом) в четырех экземплярах (один остается у потребителя, один — на складе и два направляются в бухгалтерию).

В цеховых кладовых учет поступающих деталей ведется по копиям требований. Выдача деталей ремонтным бригадам в цехе производится по требованиям в обмен на исправные детали, снятые с машины. Неисправные детали, не подлежащие реставрации, сдаются ежемесячно в лом по массе в установленном порядке.

По каждому виду оборудования в ОГМ предприятия должны храниться рабочие чертежи и каталоги на запасные детали, чертежи общего вида машин, инструкции и карты смазки, инструкции по эксплуатации и монтажу. Эту техническую документацию предприятия получают по заявкам: для серийно

выпускаемого отечественного оборудования — от заводов-изготовителей этого оборудования; для импортного оборудования — от ЦКБ Министерства машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов.

РЕМОНТНЫЕ МАСТЕРСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Центральные ремонтные мастерские (ЦРМ)

Назначение, режим работы и состав ЦРМ. В функции центральных ремонтных механических мастерских входит: изготовление немассовых деталей и узлов основного технологического оборудования, а также деталей и узлов вспомогательного, транспортирующего оборудования; капитальный ремонт транспортирующего оборудования; выполнение работ по новой технике модернизации технологического оборудования и противопожарным мероприятиям; капитальный ремонт санитарно-технических установок, выполнение экспериментальных работ и работ по соглашению с другими организациями (например, кооперированных поставок, работ для подшефных колхозов, школ, больниц, работ по благоустройству и др.).

В современных условиях работа ЦРМ строится так, что предприятия текстильной и легкой промышленности в централизованном порядке снабжаются метизами, литыми, штампованными и другими заготовками и полностью обеспечиваются массовыми (с машиностроительных заводов) и немассовыми деталями в объеме не менее $^1/_3$ потребности.

Ниже приводятся данные о режиме работы, фонде времени работы оборудования и рабочих, а также о составе ЦРМ.

Режим работы ЦРМ — двухсменный при 260 рабочих днях в году и 41-часовой неделе. Номинальные и действительные годовые фонды времени работы оборудования приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Оборудование	Количество смен	Фонд времени работы оборудования, ч	
		номинальный	действительный
Металлорежущие станки	1	2070	2030
	2	4140	4015
	3	6210	5960
Кузнечное, сварочное, гальваническое, металлизационное, печное	1	2070	1970
	2	4140	3950
	3	6210	5720

Для рабочих всех профессий, занятых в ЦРМ, номинальный годовой фонд времени составляет 2070 ч. Действительные годовые фонды времени рабочих основных профессий равны 1860 ч (для станочников, слесарей и других рабочих, занятых на холодной обработке металлов) и 1800 ч (для электро- и газосварщиков, кузнецов, молотобойцев, термистов, гальваников, заточников инструмента).

В состав ЦРМ входят следующие производственные отделения (цехи, участки): слесарно-механическое, кузнечное, термическое, сварочное, газотермическое, гальваническое, пластмассовое, инструментально-заточное, экспериментальное, трубопроводное, жестяницкое, электроремонтное, ремонтно-строительное, моечное и пр. Кроме того, ЦРМ имеют кладовые деталей и заготовок, инструментальную кладовую, лабораторию для определения химического состава микро- и макроструктуры и физико-механических свойств материалов; пункт технических измерений, конторские и бытовые помещения.

Исходные данные для проектирования ЦРМ (по рекомендации ГПИ-1). При проектировании ЦРМ исходной базой служит количество металла, которое перерабатывается в течение года при изготовлении и ремонте деталей и узлов технологического оборудования. Для ЦРМ хлопчатобумажных предприятий примерный расход металлов следующий:

ЦРМ прядильных фабрик — 450 кг на каждую 1000 прядильных веретен при средней линейной плотности пряжи 22,2 текс. Норма расхода увеличивается на 3 % при увеличении линейной плотности на каждые 5 текс и, наоборот, уменьшается на 3 % при уменьшении линейной плотности на каждые 5 текс. Для крутильных веретен расход металла принимается равным половине соответствующего расхода на прядильные веретена;

ЦРМ ткацких фабрик — 72 кг на каждый автоматический ткацкий станок шириной по берду 100 см. При увеличении ширины станка на каждые 20 см расход металла возрастает на 10 %. На каждую жаккардовую машину расход металла увеличивают на 25 кг. При наличии на ткацкой фабрике микрочелночных станков типа СТБ расход металла на один станок принимают равным 72 кг (для станка СТБ-216) и 90 кг (для станка СТБ-330);

ЦРМ отделочных фабрик — 20 % расхода металла на прядильной и ткацкой фабриках. Расход металла на ремонт других видов технологического оборудования принимается для ориентировочных расчетов равным 4—6 % массы этого оборудования, а на вспомогательные работы (экспериментальные, модернизацию оборудования, изготовление приспособлений и инструментов, деталей для вспомогательного оборудования, обслуживание жилищного фонда, ремонт средств охраны труда, внеплановые и др.) — 40 % расхода металла на изготовление

деталей и узлов для ремонта технологического оборудования. Расход металла для поставки деталей и изделий по договорам (кооперированные поставки, обслуживание других промышленных и сельскохозяйственных предприятий) учитывается в соответствии с конкретным заданием вышестоящих организаций. Распределение металла, расходуемого в ЦРМ по фабрикам предприятия (% общего количества), представлено в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Фабрика предприятия	Чугун	Сталь-прокат	Стальные трубы	Цветные металлы
Прядильная	75	24	—	1
Ткацкая	80	19,5	—	0,5
Отделочная	45	39	8	8

Определение требуемого количества металлорежущих станков. Почти весь расходуемый в ЦРМ металл подвергается обработке: чугун — 95 %, сталь — 90 %, цветные металлы — 100 %. Трудоемкость станочной обработки 1 т металла зависит от общего объема работ, т. е. общего расхода металла в год. Чем больше расход, тем меньше трудоемкость, так как в этом случае экономически оправдано применение более сложных и производительных приспособлений и инструментов. Ниже приведены примерные данные о трудоемкости обработки 1 т металла в зависимости от его годового расхода.

Годовой расход металла, т	До 100	150	200	300	400	500	600 и более
Трудоемкость обработки 1 т, станко-часы	400	375	360	330	320	310	300

Коэффициент η загрузки оборудования принимается также в зависимости от годового расхода металла. Так, при годовом расходе металла до 250 т $\eta = 0{,}8$, а при расходе 300 т и более $\eta = 0{,}85$.

Если текстильное предприятие большой мощности (более 180—240 тыс. веретен) и оснащено однотипным отечественным оборудованием, вводят понижающий коэффициент серийности (0,9—0,65), а если на предприятии много импортного оборудования — повышающий коэффициент серийности (до 1,3), имея в виду недостаточную обеспеченность этого оборудования покупными запасными частями.

Расчет количества основного металлорежущего оборудования J ЦРМ производится по следующей формуле:

$$J = (N_1 k_1 + N_2) Q k_2 k_3 / (F \eta),$$

где N_1 — годовой расход металла на изготовление деталей и узлов для ремонта технологического оборудования, т; k_1 — коэффициент, учитывающий расход металла на вспомогательные работы ($k_1 \approx 1{,}4$); N_2 — годовой расход металла для изготовления деталей и изделий, поставляемых на другое предприятие, т; Q — трудоемкость обработки, станко-часы; k_2 — коэффициент, учитывающий количество металла, проходящего механическую обработку (при проектировании ЦРМ для комбината может быть принят равным 0,93); k_3 — коэффициент, учитывающий серийность изготовляемых деталей (значение см. на с. 264); F — годовой действительный фонд времени для оборудования; η — коэффициент, учитывающий загрузку оборудования (см. с. 264).

Слесарно-механическое отделение. Слесарно-механическое отделение предназначено для выполнения станочной и слесарной обработки при изготовлении новых и ремонте неисправных деталей и узлов. Отделение состоит из станочного и слесарного участков, в которых размещается основное металлорежущее оборудование. Это оборудование так распределяется по видам станков, %; 55—60 — токарные; 6—8 — поперечно-строгальные; 12—14 — фрезерные; 3—5 — зубофрезерные; 8—10 — шлифовальные и 6—8 — сверлильные.

В состав парка оборудования слесарно-механического отделения ЦРМ входят также настольно-сверлильные, настольно-заточные, точильные и ножовочные станки. В слесарно-механическом отделении крупных ЦРМ (с составом основных станков от 25 и более) должны быть, кроме того, револьверный, радиально-сверлильный, карусельный, продольно-фрезерный, долбежный, резьбонарезной станки, а также гидравлический монтажный пресс и др.

Штаты слесарно-механического отделения ЦРМ состоят из станочников и слесарей. Число станочников рассчитывают по формуле

$$C = (N_1 k_1 + N_2) Q k_2 k_3 / F_1,$$

где F_1 — годовой фактический фонд времени для рабочего, ч.

Число слесарей

$$S = 0{,}55C.$$

Увеличенное число слесарей объясняется тем, что кроме слесарных работ в ЦРМ их привлекают к работам по восстановлению деталей и узлов, а также к обслуживанию различных подразделений предприятия.

Площади, необходимые для слесарно-механического отделения ЦРМ, определяют вначале по укрупненным показателям, а затем уточняют при планировке. Для укрупненных подсчетов на один основной металлорежущий станок принимают 15—20 м², а на одно слесарное место 8—12 м² (нижние пределы — для крупных мастерских, а верхние — для мелких).

В ЦРМ станки размещают по групповому принципу (например, группа токарных, группа фрезерных станков и т. д.). При расстановке станков, верстаков, плит и другого оборудования стремятся не допускать встречных перемещений

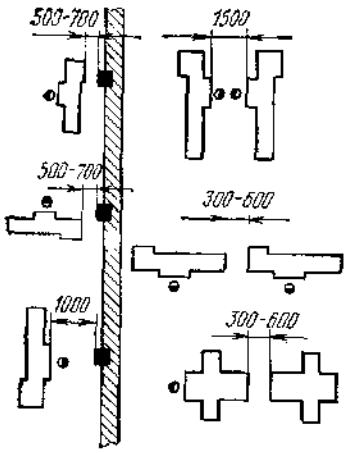


Рис. 5.4. Расстановка металлорежущих станков в мастерской

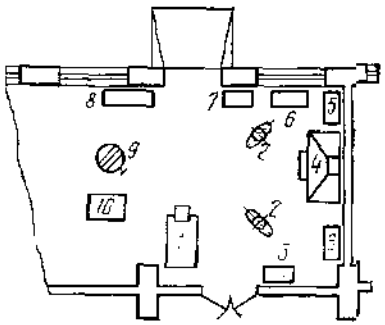


Рис. 5.5. Примерная расстановка кузнечного оборудования:

1 — пневматический молот; 2 — наковальни; 3 — обдирочно-шлифовальный станок; 4 — кузнечный горн на два огня; 5 — вентилятор; 6 — стойки для инструмента; 7 — ящик для топлива; 8 — стеллаж; 9 — стуловые тиски; 10 — правильная плита

изготовляемых или ремонтируемых деталей, а также обеспечить безопасность работы и удобство обслуживания станочного оборудования.

На рис. 5.4 для примера показаны рекомендуемые при расстановке станков нормы на промежутки между станками, элементами здания (стены, колонны) и на проходы.

На крупных предприятиях для обслуживания слесарно-механического отделения ЦРМ в его составе предусматриваются

Таблица 5.9

Оборудование	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)			
	10	15	25	50
Молот пневматический (150 кг)	—	1	1	1
Печь нагревательная	—	1	1	1
Пресс				
кривошипный (50 т)	—	1	1	1
кривошипный (40 т)	—	—	—	1
эксцентриковый (3 т)	—	—	1	1
Горн				
двухогневой	1	1	1	1
одноогневой	—	—	—	1
Наковальня	2	2	2	3
Вентилятор для горна и печи	1	1	1	1
Обдирочно-шлифовальный станок	1	1	1	1
Пресс-ножницы	—	—	1	1
Плита правильная	1	1	1	1

Таблица 5.10

Показатель	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)			
	10	15	20	50
Штаты, человек				
кузнецы	1	2	2	3
молотобойцы	1	1	2	3
нагревальщики	—	—	1	1
Площадь, м²	50—60	75—90	90—100	100—120

вспомогательные участки: заготовительный, заточный, ремонтный, контрольный, а также промежуточный склад (кладовая) и инструментально-раздаточная кладовая.

Кузнечное отделение. Кузнечное отделение предназначено для получения стальных поковок, служащих заготовками для новых деталей, а также для выполнения кузнечно-ремонтных работ при восстановлении деталей. При проектировании кузнечного отделения требуемое оборудование подбирают по данным табл. 5.9 в зависимости от мощности ЦРМ (определяемой количеством основных металлорежущих станков).

Кроме основного оборудования в кузнечном отделении должны находиться: стуловые тиски; верстак или стол для монтажных работ; стойка для хранения инструмента; стеллаж для хранения поковок и заготовок; ящик для угля; комплект рабочего инструмента для ручной и машинной ковки; комплекты вспомогательного и мерительного инструмента.

Штаты и площадь кузнечного отделения также определяются мощностью ЦРМ и подбираются по данным табл. 5.10.

На рис. 5.5 показана примерная расстановка кузнечного оборудования (для ЦРМ, рассчитанной на 10 металлорежущих станков).

Термическое отделение. Термическое отделение ЦРМ предназначено для термической и термохимической обработки новых и восстанавливаемых деталей и инструментов. Для выполнения этих операций при проектировании термического отделения предусматривается следующее оборудование: электропечь с температурой нагрева до 950 °С; электропечь с температурой нагрева до 1300 °С, электропечь-ванна с температурой нагрева до 850 °С, закалочный бак на две среды (масло и вода), промывной бак, заточный станок. Термическое отделение обслуживает один рабочий-термист.

Площадь термического отделения составляет 30—50 м². На рис. 5.6 показана его примерная планировка. В ряде случаев целесообразно объединить кузнечное и термическое отделения в одно — кузнечно-термическое.

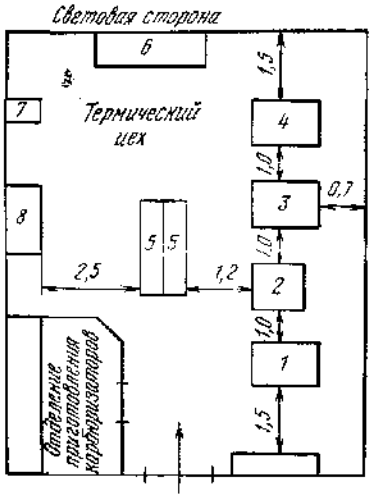


Рис. 5.6. Примерная планировка термического отделения:

1 — печь для цементации деталей; *2* — печь для закалки, нормализации и улучшения деталей; *3* — печь для закалки инструмента; *4* — масляная ванна для отпуска; *5* — ванна для охлаждения (закалки) нагретых деталей и инструмента; *6* — верстак; *7* — прибор для испытания деталей на твердость; *8* — пульт контроля за температурой печей и ванн

Сварочное отделение. В сварочном отделении ЦРМ выполняют: ремонтно-сварочные работы, наплавку изношенных деталей, сварку различных деталей, ограждений и других мелких металлических конструкций. В зависимости от местных условий сварочные работы производятся как в помещении сварочного отделения, так и вне его.

При проектировании сварочного отделения оборудование, штаты и площадь выбирают в зависимости от мощности ЦРМ (по данным табл. 5.11). Кроме перечисленного в табл. 5.11 оборудования сварочное отделение должно иметь: стол для сварщика; баллоны для кислорода и стеллажи для них; стеллаж для свариваемых деталей; стул сварщика; термос для охлаждения деталей; комплект струбцин для крепления деталей; комплект сварочных горелок; электрододержатели; провода для электросварочных работ; шланги для газосварочных работ; защитные щиты; щетки для очистки швов; зубило с рукояткой.

Для хранения и зарядки ацетиленового генератора предусматривают отдельное помещение с наружным выходом площадью 9—10 м².

На рис. 5.7 показана примерная планировка сварочного отделения.

Отделение газотермического напыления (ГТН). В отделении выполняют напыление деталей различными металлами с целью их восстановления или защиты от коррозии. В отделении производят также упрочнение деталей путем их плазменной обработки.

При проектировании ЦРМ рекомендуется предусматривать отделение ГТН лишь тогда, когда число основных металлорежущих станков не менее 50. В этом случае в отделении должно быть следующее оборудование (по единице каждого): токарный станок (для подготовки и металлизации деталей, имеющих форму тел вращения); металлизационная камера (для подготовки и металлизации деталей, не имеющих формы тел вращения); электрометаллизатор; трансформатор для электро-

Таблица 5.11

Показатель	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)			
	10	15	25	50
Оборудование				
сварочный трансформатор передвижной				
24 кВ·А	1	1	1	1
12 кВ·А	—	—	—	1
преобразователь сварочный передвижной для сварки постоянным током 14 кВ·А	—	—	1	1
установка для вибродуговой наплавки	—	1	1	1
передвижной ацетиленовый генератор	1	1	1	1
аппарат настольный для точечной сварки током 5 кВ·А	—	1	1	1
горн для сварочных работ	—	—	1	1
вентилятор дутьевой	—	—	1	1
заточный станок	—	—	1	1
передвижной обдирочно-шлифовальный станок с гибким валом	1	1	1	1
Штаты, человек				
сварщики	1	2	3	4
Площадь, м²	25—35	40—50	50—60	60—70

металлизатора; компрессор производительностью до 1,25 м³/мин в комплекте с воздухосборником (ресивером) и масловодоотделителем; плазмотрон.

Отделение обслуживает один рабочий и ученик. Площадь отделения 20—30 м². На рис. 5.8 приведена примерная планировка отделения ГТН.

Гальваническое отделение. Гальваническое отделение предназначено для электролитического нанесения слоя металла (главным образом хрома) на поверхность изношенных деталей, на детали, требующие защиты от коррозии, а также для твердого хромирования инструментов, пресс-форм и др.

Гальваническое отделение оснащается следующим оборудованием: ваннами для декапирования, обезжиривания, твердого хромирования, меднения, никелирования; мотор-генератором или выпрямителем тока.

Работы в гальваническом отделении выполняет один рабочий. При предварительных подсчетах площадь мастерской принимают равной 25—30 м². На рис. 5.9 приведена примерная планировка гальванического отделения. На некоторых предприятиях сварочное, газотермическое и гальваническое отделения объединяют в одно — отделение реставрации деталей с соответствующими участками (сварочным и т. д.).

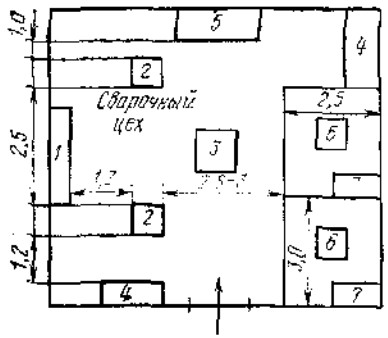


Рис. 5.7. Примерная планировка сварочного отделения:

1 — рамка для баллонов; *2* — газосварочные посты; *3* — печь для предварительного нагрева деталей; *4* — стеллажи; *5* — верстак; *6* — столы для электросварки; *7* — электросварочные аппараты

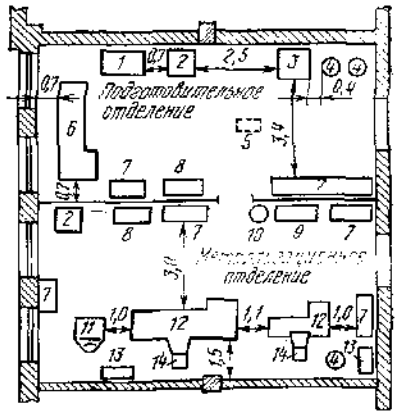


Рис. 5.8. Примерная планировка отделения ГТН:

1 — верстак; *2* — плазмотрон; *3* — пескоструйная камера; *4* — масловодоотделитель; *5* — переносное точило; *6* — токарный станок; *7* — стеллаж; *8* — шкаф; *9* — приспособление для намотки проволоки; *10* — катушка; *11* — металлизационная камера; *12* — токарный станок с электрометаллизатором; *13* — трансформатор; *14* — отсос

Отделение пластмассового литья и пластмассовых покрытий. В текстильной и легкой промышленности такие отделения создают на крупных предприятиях с целью изготовления пластмассовых и восстановления изношенных металлических деталей путем нанесения полимерного покрытия. В состав отделения входят участки: пластмассового литья новых и восстановления изношенных деталей; для напыления пластмассой изношенных поверхностей; подготовки металлических деталей к нанесению покрытия; сушки сырья; нормализации отлитых пластмассовых деталей. Кроме того, отделение имеет кладовые для хранения материалов, отлитых и восстановленных деталей, пресс-форм, инструментов и приспособлений.

На рис. 5.10 приведена схема расположения оборудования участка пластмассового литья и пластмассовых покрытий. Отделение обслуживают 1—2 рабочих в зависимости от его загрузки. Площадь отделения должна быть 50—80 м² и помещение должно хорошо вентилироваться.

Инструментально-заточное отделение. Инструментальный участок отделения предназначен для изготовления и ремонта режущего, мерительного и крепежно-зажимного инструмента, приспособлений, пресс-форм, штампов, металлических моделей, а также для централизованной заточки инструмента. Заточный участок отделения служит для затачивания режущего инструмента (нового и находящегося в обращении), используемого на всем текстильном предприятии.

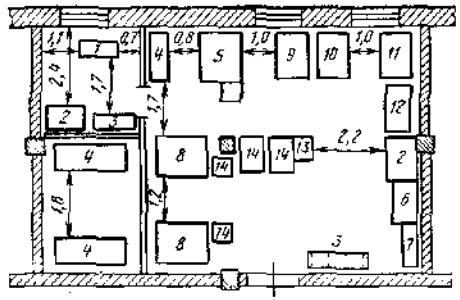


Рис. 5.9. Примерная планировка гальванического отделения:

1 — полировальный станок; *2* — стол; *3* — стеллаж; *4* — мотор-генератор или выпрямитель; *5* — ванна для декапирования; *6* — верстак; *7* — шкаф; *8* — ванна для твердого хромирования; *9* — ванна для обезжиривания; *10* — ванна для меднения; *11* — ванна для никелирования; *12* — ванна для оцинок; *13* — ванна для венской извести; *14* — ванна для воды

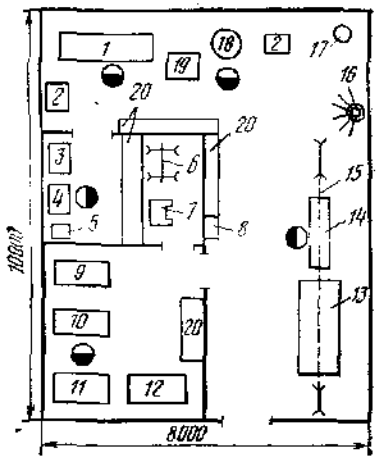


Рис. 5.10. Примерная планировка оборудования участка пластмассового литья и пластмассовых покрытий:

1 — термопластавтомат; *2* — пульты управления; *3* — ванна для нормализации пластмассовых изделий; *4* — сушильный шкаф; *5* — дробилка; *6* — обдирочно-точильный станок; *7* — кроцевальные щетки; *8* — весы; *9* — ванна для фосфатирования; *10* — ванна для промывки; *11* — ванна для травления деталей; *12* — ванна для обезжиривания; *13* — электрическая печь; *14* — ванна для вихревого напыления; *15* — цепной конвейер; *16* — веерная стойка для остывания напыленных деталей; *17* — стойка для баллона с инертным газом; *18* — автоклав; *19* — стол для сборки пресс-форм; *20* — стеллажи

В зависимости от мощности ЦРМ (числа металлорежущих станков) для инструментально-заточного отделения выбирают оборудование, штаты и площадь, исходя из данных табл. 5.12.

Экспериментальное отделение. В экспериментальном отделении выполняют все виды экспериментальных работ, связанных с модернизацией технологического оборудования основного производства и внедрением новой техники. Для ЦРМ с количеством основного металлорежущего оборудования до 10 станков предусматривают лишь экспериментальный участок без металлорежущего оборудования, размещаемый на площади слесарно-механического отделения.

Выбор оборудования, штата и площадей для экспериментального отделения более мощных ЦРМ ($J = 15 \ldots 50$ станков) производят по данным табл. 5.13.

Жестяницкое отделение. Назначение отделения — производство всех жестяницких работ по ремонту и монтажу оборудования, а также изготовление новых деталей. Отделение привлекают для выполнения жестяницких работ при ремонте ограждений, вентиляционных систем и средств меха-

низации на предприятии. Иногда на отделение возлагают выполнение жестяницких работ по жилищному фонду, зонам отдыха, пионерским лагерям и другим объектам.

Таблица 5.12

Показатель	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)			
	10	15	25	50
Оборудование инструментального участка				
Станки				
токарный	1	1	1	2
поперечно-строгальный	—	—	1	1
универсально-фрезерный	—	1	1	1
вертикально-сверлильный	—	—	1	1
настольно-сверлильный	1	1	1	1
электроискровой	—	1	1	1
круглошлифовальный	—	—	1	1
плоскошлифовальный	—	—	1	1
контрольная плита	1	1	1	1
Инструментальный микроскоп	—	—	—	1
Центровые бабки с индикаторной стойкой		—	1	1
Оборудование заточного участка				
Станки				
универсально-заточный	1	1	1	1
точильный двусторонний	1	1	1	1
настольный электрозаточный	1	1	1	1
Станки для заточки				
резцов	—	—	—	1
сверл	—	1	1	1
Полировальный двухшпиндельный станок	—	—	1	1
Штаты, человек				
станочники	1	2	3	4
слесари	2	2	4	6
заточники	1	1	2	3
Площадь, м²	30—36	38—50	60—90	100—115

Оборудование, штаты и площади для жестяницкого отделения выбирают по данным, приведенным в табл. 5.14, в зависимости от мощности ЦРМ.

В состав ЦРМ входят также: электроремонтное отделение (в том случае, если на предприятии нет отдела главного энергетика); ремонтное и моечное отделения; кладовые для инструментов, заготовок, материалов, готовых деталей; лаборатория; напольный транспорт, кран и др.

Штаты ЦРМ. Число рабочих определяют как сумму числа рабочих, занятых в описанных выше отделениях ЦРМ. Остальные категории работников ЦРМ принимают в процент-

Таблица 5.13

Показатель	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)		
	15	25	30
Оборудование			
Станки	1	2	3
токарный	1	1	1
поперечно-строгальный	1	1	1
универсально-фрезерный	1	1	1
настольно-сверлильный	—	1	1
универсально-заточный (для выполнения шлифовальных работ)	1	1	1
заточный			
Штаты, человек	3	4	6
станочники	3	5	7
слесари	30—45	60—80	80—120
Площадь, м²			

Таблица 5.14

Показатель	Мощность ЦРМ (количество основных металлорежущих станков)			
	10	15	25	50
Оборудование				
трехвалковые вальцы	—	1	1	1
фальцепрокатный станок	1	1	1	1
зиг-машина приводная	—	—	1	1
ножницы для резки листового материала	—	—	1	1
аппарат настольный для точечной сварки	—	—	1	1
настольно-сверлильный станок	1	1	1	1
заточный станок	1	1	1	1
Штаты, человек	2	4	7	10
рабочие-жестянщики	35—40	50—60	70—80	80—90
Площадь, м²				

ном соотношении: подсобные и транспортные рабочие — 12—16 % количества производственных рабочих; ИТР, служащие и младший обслуживающий персонал (МОП) — соответственно 10—12, 5—6, 2—3 % общего количества рабочих (низший предел — для небольших ЦРМ, высший — для более мощных).

Цеховые ремонтные мастерские

Если ЦРМ предприятия (комбината) заняты главным образом изготовлением немассовых деталей и деталей для импортного оборудования, то цеховые

мастерские, подчиненные РМЦ, предназначены для восстановления деталей и узлов, а также для изготовления сравнительно простых отдельных деталей, сборки и заготовки узлов. При необходимости цеховые мастерские РМЦ кооперируются с ЦРМ предприятия.

Цеховые мастерские РМЦ разделяются на мастерские общего и специализированного назначения. Мастерские общего назначения выполняют разнообразные работы при ремонте различных деталей. К ним относятся, например, цеховые слесарно-механическая, сварочная, жестяницкая и другие мастерские. К специализированным относятся мастерские, выполняющие работы по ремонту определенного типа деталей, узлов или машин.

В состав РМЦ прядильных фабрик входят: мастерские общего назначения — слесарно-механическая, электросварочная, моечная; специализированные мастерские — сборки узлов, валичная, игольная, ремонта рогулек, шляпок и приемных барабанов, прядильных устройств (ПУ), редукторов и др.

В состав РМЦ ткацких фабрик входят: мастерские общего назначения — слесарно-механическая, электросварочная, чистки деталей; специализированные мастерские — сборки узлов, батанная, стендовая, ремонта жаккардовых машин, мастерская приготовительного отдела.

В состав РМЦ отделочных фабрик входят: мастерские общего назначения — слесарно-механическая (на больших фабриках предусматривают небольшие слесарные мастерские в каждом из цехов — отбельном, печатном и др.), сантехническая, сварочная, столярная, моечная; специализированные мастерские — по ремонту клуппов и цепей, швейных машин и др.

Кроме перечисленных мастерских, РМЦ каждой из фабрик имеет кладовую запасных деталей, инструментально-раздаточную кладовую, контору.

Ниже приведены данные об оборудовании и площадях для цеховых РМЦ прядильных фабрик. Оборудование для цеховых мастерских подбирают по комплектности.

Слесарно-механическая мастерская. Оборудование: токарно-винторезный станок (высота центров 200 мм, расстояние между центрами 1000—1400 мм) — один станок на каждые 40—50 тыс. веретен; универсально-фрезерный станок с размерами стола 25 × 1000 мм (только для прядильных фабрик мощностью не менее 40 тыс. веретен); вертикально-сверлильный станок с диаметром сверления до 35 мм; настольно-сверлильный и заточный станки; слесарные верстаки с тисками, разметочная плита. Площадь: при мощности фабрики 60 тыс. веретен — примерно 144 м², при мощности 120 тыс. веретен — 162 м².

Электросварочная мастерская. Оборудование: сварочный трансформатор для работы с электродами диаметром 3—4 мм; стол сварщика с вентиляционным зонтом; передвижной обдирочно-шлифовальный станок с гибким валом. Площадь: при мощности фабрики 60 тыс. веретен — примерно 24 м², при мощности 120 тыс. веретен — 36 м².

Моечная мастерская. Оборудование — моечная ванна с хорошей вытяжкой воздуха. Площадь — около 12—18 м².

Мастерская сборки узлов. Оборудование: станок для ремонта рифленых цилиндров и валов; верстаки с тисками; сборочные стенды; металлические плиты; центровые бабки. Площадь: при мощности фабрики 60 тыс. веретен — примерно 90 м², при мощности 120 тыс. веретен — 108 м².

Валичная мастерская, Оборудование: станок для шлифовки эластичных валиков (один станок на 50 тыс. веретен); автомат для снятия и надевания эластичных покрытий; станок для резки и склеивания сукна; станок для контроля и сортировки нажимных валиков. Площадь: при мощности фабрики 600 тыс. веретен — примерно 108 м², при мощности 120 тыс. веретен — 144 м².

Игольная мастерская. Оборудование: две муфельные электропечи; верстаки, паяльные устройства. Примерная площадь: 18 и 36 м² — для прядильных фабрик мощностью соответственно 60 и 120 тыс. веретен.

Мастерская для ремонта ровничных рогулек. Оборудование: станок для ремонта рогулек; устройство для очистки рогулек; верстаки. Площадь: 18 и 24 м² — для прядильных фабрик мощностью соответственно 60 и 120 тыс. веретен.

Мастерская для ремонта шляпок и приемных барабанов чесальных машин. Оборудование: станок для шлифовки барабанов (один станок на 500 чесальных машин); станок для обтяжки барабанов цельнометаллической пильчатой лентой (один станок на 400 чесальных машин); плита для выравнивания основания и восстановления платиков колосников шляпок пластмассой; станок для зачистки; станок для обтяжки приемных барабанов пильчатой лентой (один станок на 400 чесальных машин); станок для обтяжки шляпок (один станок на 400 чесальных машин); автоматический станок для точки шляпок (один станок на 70 чесальных машин); точильный бегунок (один бегунок на 75 чесальных машин, обтянутых пильчатой лентой); станок для чистки шляпок чесальных машин; станок для ремонта узлов съемных гребней. Над станками для обтяжки приемных барабанов устанавливают монорельс с электроталью грузоподъемностью 0,25—0,5 т. Площадь: при мощности прядильной фабрики 60 тыс. веретен в зависимости от числа чесальных машин — примерно 60—120 м², при мощности 120 тыс. веретен — 90—180 м².

Мастерская для ремонта прядильных устройств (ПУ), редукторов и других узлов машин пневмомеханического прядения. Оборудование: стенды для пневмоочистки, балансировки дискретизирующего барабанчика, устройство для полировки камер и сепараторов, обкатки ПУ, настольно-сверлильный станок, пост для ремонта электрической части ПУ. Площадь мастерской: 40—100 м² в зависимости от числа прядильных машин. Для ремонта редукторов в мастерской должны быть стенды и приспособления для разборочно-сборочных и приработочных работ. В мастерской ремонтируют коробки реверса, нитераскладчика и другие узлы.

Ниже приведены данные об оборудовании и площадях для цеховых мастерских РМЦ ткацких фабрик. Оборудование подбирают по комплектности.

Слесарно-механическая мастерская. Оборудование: токарно-винторезный станок (с расстоянием между центрами, соответствующими ширине ткацких станков, установленных на фабрике, и с высотой центров 200 мм) — один станок на 800—1000 ткацких станков; универсально-фрезерный станок с размерами стола 250 × 1000 мм (один станок на фабрику, оснащенную 800—1000 ткацкими станками); вертикально-сверлильный станок с диаметром сверления до 35 мм; настольно-сверлильный и заточный станки.

Электросварочная мастерская и мастерская для чистки деталей. Эти мастерские имеют то же оборудование, что и аналогичные цеховые мастерские РМЦ прядильной фабрики. Площадь: 144 и 162 м² для фабрик с числом ткацких станков соответственно 1000 и 2500.

Мастерская сборки узлов. Оборудование: стенды для ремонта узлов и механизмов ткацких станков разных типов; слесарные верстаки; сборочные столы; вертикально-сверлильный станок с диаметром сверления до 25 мм; обдирочно-шлифовальный станок с диаметром круга 300 мм. Над столами для ремонта кареток предусматривают монорельс с ручной талью грузоподъемностью 0,25—0,5 т. Площадь: 72 и 108 м² для фабрик с числом ткацких станков соответственно 1000 и 2500.

Батанная и челночная мастерская. Оборудование: стенд для ремонта батанов; комбинированный станок для ремонта челноков; комплект электрифицированного инструмента для обработки древесины; настольно-сверлильный станок; заточный станок. Площадь: 60 и 90 м² для фабрик с числом ткацких станков соответственно 1000 и 2500.

Стендовая мастерская создается для ремонта ткацких станков, мотальных головок ввиду их компактности и транспортабельности. Приведем перечень оборудования на примере стендовой мастерской для ремонта пневморапирных ткацких

станков типа АТПР: устройство для обдувания ремонтируемого станка, плита, токарный станок, вентилятор, гидравлический пресс, сверлильные станки, заточный станок, ремонтные стенды для разборочных, сборочных и наладочных работ. Число стендов в мастерской определяют из расчета 1 стенд на 50 установленных ткацких станков. Для каждого стенда отводят 18 м² площади мастерской.

Мастерская ремонта жаккардовых машин. Оборудование: стенд для сборки машин; настольно-сверлильный станок; заточный станок; слесарные верстаки. В мастерской предусматривают монорельс с ручной талью грузоподъемностью 0,5—1 т. Площадь: 30 и 48 м² для фабрик с числом ткацких станков соответственно 1000 и 2500.

Мастерская приготовительного отдела. Оборудование: стенды для ремонта и сборки головок машин для перемотки основной и уточной пряжи и др.; настольно-сверлильный станок; заточный станок; слесарный верстак. Площадь: 24 и 36 м² для фабрик с числом ткацких станков соответственно 1000 и 2500.

Ниже приведены данные об оборудовании и площади для цеховых мастерских РМЦ отделочных фабрик. Оборудование мастерских выбирают по комплектности.

Слесарно-механическая мастерская. Оборудование: токарно-винторезные станки (один станок на 25—30 млн пог. м годового выпуска тканей; при выборе станков один должен иметь расстояние между центрами 3000 и высоту центров не менее 300 мм, остальные станки соответственно 1500—2000 и 200 мм); универсально-фрезерный станок с размерами стола 320 × 1250 мм (один станок на фабрику, начиная с годового выпуска 20—30 млн пог. м тканей в год); поперечно-строгальный станок, имеющий ход ползуна 650 мм (один станок на фабрику, начиная с годового выпуска 50—60 млн. пог. м тканей в год); вертикально-сверлильный станок с диаметром сверления до 35 мм; настольно-сверлильный станок; обдирочно-шлифовальный станок. В мастерской над большим токарным станком предусматривают монорельс с электроталью грузоподъемностью 1 т. Площадь: 144 и 180 м² для фабрик с выпуском соответственно 50 и 100 млн пог. м тканей в год.

Сантехническая мастерская. Оборудование: вертикально-сверлильный станок с диаметром сверления 35 мм; обдирочно-шлифовальный станок; слесарные верстаки. Площадь (с трубопроводным участком) — в пределах 100—120 м².

Сварочная, столярная и моечная мастерские. Оборудование то же, что и у аналогичных цеховых мастерских РМЦ прядильной фабрики.

Мастерская по ремонту клуппов и цепей. Оборудование: стенды для ремонта и сборки клуппов и цепей; настольный сверлильный станок; заточный станок; слесарный

верстак. Площадь: 18 и 24 м² для фабрик с выпуском соответственно 50 и 100 млн пог. м тканей в год.

Мастерская по ремонту швейных машин. Оборудование: стенд для ремонта, сборки и испытания швейных машин; настольный сверлильный станок; заточный станок; слесарный верстак. Площадь: 18 и 24 м² для фабрик с выпуском соответственно 50 и 100 млн пог. м тканей в год.

Штаты цеховых мастерских РМЦ. Для ориентировочных расчетов принимают, что в цеховых мастерских работает 25 % всех рабочих РМЦ. Общее количество рабочих РМЦ укрупненно определяют по следующим показателям:

по РМЦ прядильных фабрик — 0,5—0,8 рабочих из расчета количества на 1000 веретен;

по РМЦ ткацких фабрик — 3,2—4,6 рабочих из расчета количества на 100 ткацких станков;

по РМЦ отделочных фабрик — 0,16—0,45 рабочих из расчета количества на 1 млн пог. м тканей в год.

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА (НОТ)

Под научной организацией труда (НОТ) при ремонте технологического оборудования понимают комплекс мер, принимаемых для совершенствования действующей организации рабочих мест ремонтников; создания благоприятных условий их труда; упорядочения нормирования и оплаты труда; развития творческой активности, инициативы, рационализации и изобретательства ремонтников.

Руководство работой по НОТ в РМЦ возложено на его начальника, а по линии общественности — на творческие бригады, составленные из передовых ремонтников, ИТР и представителей партийной, профсоюзной и комсомольской организаций.

Научную организацию труда (НОТ) начинают с анализа и упорядочения организации рабочих мест ремонтников на базе использования передового опыта.

С этой целью изучают и приводят в соответствие оснащенность рабочих мест или постов ремонтников требуемым оборудованием, приспособлениями и инструментами, подъемно-транспортными устройствами, технической документацией, а также их расстановку и размещение в соответствии с нормами, обеспечивающими удобство и безопасность выполнения ремонтных работ. Далее упорядочивают систему обслуживания ремонтных бригад запасными частями, крепежными деталями, инструментом и вспомогательными материалами (смазочными, ветошью и др.), а в случае организации узлового ремонта, также и ремонтными узлами. В самой ремонтной бригаде налаживают четкое разделение труда между ее членами и в то же время добиваются взаимозаменяемости членов бригады при выполнении работ по принципу бригадного подряда. Проводят также работу по правильному разделению труда между ремонтной бригадой и вспомогательными рабочими производственного цеха и специальных мастерских.

На производительность труда и качество ремонта технологического оборудования оказывают большое влияние условия труда и отдыха ремонтников. В связи с этим при внедрении НОТ изучают и приводят в норму: микроклимат помещения (температура и относительная влажность), освещенность помещения, рабочего места или поста, окраску помещения и ремонтного оборудования; степень запыленности воздуха в помещении; уровень производственного шума и вибрации. При налаживании нормальных санитарно-гигиенических условий труда добиваются обеспечения ремонтников спецодеждой и спецобувью, питьевой водой, водой для умывания, душевыми, гардеробом, туалетом, аптечкой, комнатой отдыха, красным уголком, буфетом, столовой и др.

Важное место при внедрении НОТ занимает техническое нормирование труда ремонтников. Изучается качество действующих расчетных и типовых норм, их прогрессивность, степень учета передовых методов труда, использование имеющегося ремонтного оборудования, приспособлений и инструментов. Выявляется доля (проценты) технически обоснованных норм в общем количестве норм, применяемых в РМЦ. Анализируется производительность труда ремонтников и работа невыполняющих нормы выработки. Изучается и внедряется опыт передовых бригад, работающих без отстающих и по методу бригадного подряда.

При внедрении НОТ особое внимание уделяют: дальнейшему развитию творческой активности и инициативы ремонтников и ИТР, в частности, в рационализации и изобретательстве; проведению социалистического соревнования; соблюдению трудовой дисциплины и повышению культурно-технического уровня.

Экономическая эффективность от внедрения НОТ при ремонте оборудования заключается в следующем: экономится время, уменьшается трудоемкость ремонта; повышается производительность труда; снижаются простои технологического оборудования; снижаются расходы материалов, запасных частей, электроэнергии, тепла, сжатого воздуха, топлива и др. Кроме того, создаются благоприятные условия для выполнения трудовых операций, освоения новой техники и повышения квалификации ремонтников и других рабочих РМЦ.

Организация комплексного ремонта и межремонтного технического обслуживания. Техническое перевооружение предприятий текстильной и легкой промышленности требует постоянного совершенствования форм и методов ремонта и технического обслуживания оборудования. Как правило, все работы по

капитальному и среднему ремонту выполняют ремонтные бригады, а все межремонтное обслуживание оборудования возложено на цеховой персонал — помощников мастеров, смазчиков, дежурных слесарей и др. На всех этих работах занято большое число рабочих (которые рассматриваются как вспомогательные по отношению к основным, например прядильщикам, ткачам, швеям-мотористкам и др.), а ответственность за состояние оборудования, безотказность его работы поделена между производственными и ремонтными цехами. Для повышения качества работы оборудования, улучшения его состояния, уменьшения простоев, повышения ответственности за его работоспособность совершенствуют действующую систему ремонта и межремонтного обслуживания.

Большой интерес представляет разработанная и внедренная на Алма-Атинском хлопчатобумажном комбинате им. 50-летия Октябрьской революции система комплексного ремонта и межремонтного обслуживания оборудования. Ее сущность заключается в следующем. Выполнение всех видов ремонта и ухода за оборудованием (межремонтное обслуживание) возложено на специально созданную комплексную бригаду, поставленную на нормативно-сдельную оплату труда. Комплексную бригаду подчиняют РМЦ. В состав бригады входят ремонтники, дежурные слесари, смазчики и др. За каждой комплексной бригадой закрепляют определенное оборудование, за состояние которого она несет полную ответственность. Бригада выполняет все работы по смазке, осмотру, техническому уходу и обслуживанию, среднему и капитальному ремонту согласно установленным объемам по каждому виду работ и ежемесячным графикам обслуживания и ремонта оборудования. Работы, которые бригада выполняет сверх установленных объемов по ремонту и обслуживанию оборудования, оплачиваются дополнительно в соответствии с утверждаемыми сдельными расценками. Помощники мастеров освобождены от выполнения ремонтно-профилактических работ и работ по уходу за оборудованием. В течение смены помощники мастеров должны заниматься главным образом вопросами технологии и организации труда.

В целях поощрения комплексной бригады установлена премиальная оплата (до 35 % к сдельному заработку) за выполнение полного объема работ по профилактическому, среднему и капитальному ремонту оборудования согласно утвержденному графику. При этом непременными условиями являются также отличное состояние закрепленного оборудования и отличное качество ремонтных, смазочных и других работ. За работу по смазке оборудования комплексной бригаде начисляется премиальная оплата в размере до 15 % сдельного заработка при условии выполнения графиков и правил смазки.

Распределяют заработную плату между членами комплексной бригады в соответствии с их квалификацией (разрядом), фактически отработанным временем и коэффициентом трудового участия (КТУ).

Эффективность применения комплексного ремонта и ухода за оборудованием можно показать на следующих данных (из опыта Алма-Атинского хлопчатобумажного комбината им. 50-летия Октябрьской революции): почти на 50 % снизилась потребность в рабочих по обслуживанию и ремонту, на 25 % повысилась производительность труда, улучшилось состояние оборудования, снизились его простои при ремонте и почти полностью прекратились аварии машин.

Инженерное обеспечение ремонта и технического обслуживания. Под инженерным обеспечением понимают доведение до рабочих мест всех технико-экономических разработок, обеспечивающих наибольшую эффективность ремонтного производства, улучшение качества ремонтных работ и технического обслуживания и условий труда.

Минлегпромом СССР даны рекомендации по составлению плана инженерного обеспечения производства. Применительно к ремонтному производству эти планы, оформленные в виде стандартов предприятия (СП) и паспортов, охватывают следующие вопросы: выбор метода ремонта и организации технического обслуживания оборудования на основе технико-экономического обоснования, исходя из количества установленного оборудования и конкретных производственных условий; разработка стандартов предприятия на ремонт и техническое обслуживание оборудования; определение машин, механизмов, узлов и сопряженных деталей, ремонт которых целесообразно производить в специальных мастерских; проведение ремонта и технического обслуживания с высокой степенью механизации работ на основе прогрессивных форм организации и оплаты труда персонала, работающего в этой сфере; проведение мероприятий по улучшению обеспечения запасными частями.

Практика показала, что внедрение инженерного обеспечения на предприятиях позволило увеличить производительность труда на 10—15 %, повысить культуру ремонта и технического обслуживания оборудования, а также их качество.

СТРУКТУРА РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Функции ремонтной службы. Ремонтная служба на предприятиях текстильной и легкой промышленности весьма разветвлена, и в ее функции входит выполнение разнообразных работ.

Структура ремонтной службы на предприятиях текстильной промышленности представлена на рис. 5.11. Как отмечалось ранее, основными звеньями ремонтной службы предприятия являются ремонтно-механический цех (РМЦ), или иначе отдел (РМО), и центральные ремонтно-механические мастерские

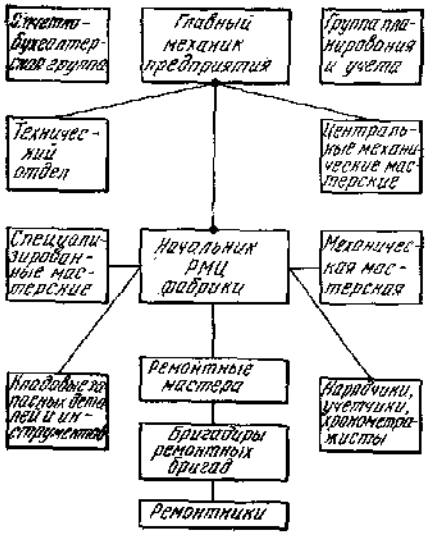


Рис. 5.11. Структура ремонтной службы текстильного предприятия

(ЦРМ). РМЦ является составной частью отдела главного механика (ОГМ) предприятия. РМЦ организуются при отдельных производствах. Так, если предприятие состоит из нескольких производств (фабрик), то РМЦ имеются на каждом из этих производств, например на прядильной, ткацкой и отделочной фабриках, входящих в состав текстильного комбината.

На РМЦ возлагается проведение капитального, среднего, а в некоторых случаях и текущего ремонта всего технологического оборудования, обслуживаемого производства, монтаж нового и демонтаж старого оборудования, установка новых приборов и механизмов, а также модернизация действующих машин.

РМЦ руководит начальник, который должен хорошо знать оборудование, организацию и технологию его ремонта. РМЦ располагает различными мастерскими, цеховой механической мастерской, специализированными мастерскими, кладовыми (складами) запасных деталей. В штате РМЦ имеются ремонтные бригады, а также персонал для планирования и учета ремонтных работ, приемки деталей и т. п.

Права и обязанности работников РМЦ. Права и обязанности основных работников РМЦ заключаются в следующем.

Начальник РМЦ пользуется всеми правами начальника производственного цеха и находится в прямом подчинении у главного механика или его заместителя по ремонту. Начальник РМЦ обязан:

организовать своевременное и качественное проведение капитального, среднего, а в необходимых случаях и текущего ремонта всего технологического оборудования того производства, которое обслуживает РМЦ, демонтажа старого и монтажа нового оборудования, приборов, механизмов, аппаратов, а также модернизации действующих машин; руководить проведением этих работ и контролировать их выполнение;

непосредственно руководить мастерами РМЦ, инструктировать их по всем вопросам ремонта оборудования и контролировать работу ремонтных бригад и других участков РМЦ;

лично участвовать в приемке машин и сдаче их из капитального ремонта;

систематически изучать и обобщать передовой опыт в области ремонта, монтажа, эксплуатации и модернизации оборудования как у себя на предприятии, так и на родственных предприятиях; организовать передачу передового опыта всем работникам РМЦ и руководить ею;

систематически изучать и внедрять в практику ремонта научные достижения в области ремонта, эксплуатации, модернизации оборудования и повышения его долговечности;

организовать контроль за эксплуатацией оборудования и принимать меры к устранению нарушений правил технической эксплуатации;

планировать ремонтные и монтажные работы, составлять графики капитального и среднего ремонта; контролировать своевременность и качество их выполнения;

составлять заявки на детали и материалы;

выявлять номенклатуру деталей и потребность в них для размещения заказов в ЦРМ, а также на заводах-изготовителях запасных частей;

принимать участие: в приеме машин и запасных деталей, поступающих на предприятие; в проведении унификации массовых деталей с целью сокращения их номенклатуры и запасов; в разработке планов замены старого оборудования новым и реконструкции предприятия; в обсуждении соответствующих проектов;

вместе с общественными и партийными организациями предприятия вести воспитательную работу в коллективе ремонтников, создавать условия для дальнейшего совершенствования работы бригад по единому наряду; всемерно помогать новаторам производства, развивать социалистическое соревнование среди ремонтников, поощрять рационализаторскую и изобретательскую инициативу работников РМЦ.

Таким образом, начальник РМЦ полностью отвечает за выполнение графиков ремонта и монтажа оборудования и качество работ; правильность использования средств на работы всех видов в пределах отпущенных лимитов и фондов; экономию материалов и деталей и реставрацию последних; правильность организации ремонтных и монтажных работ и производительность труда работников РМЦ; соблюдение правил техники безопасности при ремонте; состояние трудовой дисциплины работников РМЦ.

Мастер РМЦ пользуется всеми правами мастера производственного цеха. Он руководит ремонтом оборудования на своем участке (в цехе). В подчинении мастера находятся ремонтные бригады, производящие средний и капитальный ремонт оборудования участка (цеха), закрепленного за ними. Мастер обязан:

организовать проведение среднего и капитального ремонта оборудования, монтажа новых машин и приборов; руководить

этими работами и лично проверять выполнение и качество ремонта каждой машины; проверять качество сборки и правильность работы основных деталей, узлов и механизмов ремонтируемой машины (легкость вращения валов, точность установки органов машины, пригодность установленных деталей и узлов для работы, точность установки машины — по отвесу, уровню и другим приборам);

непосредственно руководить подчиненными ему ремонтными бригадами и инструктировать их по всем вопросам ремонта оборудования;

принимать от бригад машины после капитального и среднего ремонта;

лично участвовать в составлении ведомостей дефектов, в приемке в ремонт и сдаче машин из среднего ремонта;

изучать, обобщать и распространять опыт новаторов;

участвовать в контроле за эксплуатацией оборудования своего участка;

принимать участие в планировании ремонтных и монтажных работ, составлении графиков среднего и капитального ремонта оборудования, выявлении номенклатуры деталей, потребности в них и составлении заявок;

оформлять заказы на изготовление новых и ремонт неисправных деталей, необходимость в которых выявилась на участке;

укомплектовывать и распределять ремонтные бригады по местам работы;

участвовать в тарификации работ ремонтных бригад;

составлять первичную документацию по ремонтным работам и представлять отчетные сведения о работе своего участка начальнику РМО;

помогать ремонтникам, развивать социалистическое соревнование на своем участке, осваивать передовые формы труда (работу бригады по единому наряду и др.), поощрять рационализаторскую и изобретательскую работу ремонтников;

бороться за укрепление трудовой дисциплины среди ремонтников участка;

следить за соблюдением правил техники безопасности при выполнении ремонтных работ.

Мастер РМЦ на своем участке несет ту же ответственность, что и начальник РМЦ по всему цеху (см. с. 282).

Бригадир ремонтной бригады имеет те же права, что и бригадиры производственных цехов, и подчинен ремонтному мастеру участка (цеха). Бригадир назначается из числа наиболее квалифицированных ремонтников и является непосредственным руководителем ремонтной бригады при проведении среднего и капитального ремонта оборудования, закрепленного за ней. Бригадиру вменяется в обязанность организовать работу бригады таким образом, чтобы обеспечить своевременное и качественное выполнение ремонта в соответствии с графиком. Он распределяет членов бригады по рабочим местам, инструктирует их, внедряет новые методы ремонта, организует соцсоревнование в бригаде, работу бригады по единому наряду. Бригадир выполняет наиболее ответственные ремонтные работы: регулировку главнейших узлов машин, наладку механизмов и всей машины. Бригадир должен помогать ремонтному мастеру в выполнении возложенных на него обязанностей.

Ответственность за общую организацию и проведение на предприятии в целом мероприятий по системе планово-предупредительного ремонта возложена на главного инженера, которому подчинен главный механик. В ведении же последнего находится вся ремонтная служба предприятия.

В период между плановыми ремонтами полная ответственность за нормальное состояние оборудования, его бесперебойную работу и уход за ним возлагается на начальников цехов и подчиненных им работников.

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖА НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Новое оборудование монтируется как на действующем (расширяемом или реконструируемом), так и на вновь строящемся предприятии. Однако большая часть нового оборудования направляется на перевооружение действующих предприятий. Поэтому организации монтажа нового оборудования на каждом предприятии придают большое значение.

Под монтажом понимают комплекс работ, связанных с установкой и сборкой оборудования на месте его постоянной эксплуатации. В общем случае в состав монтажных работ входит: подготовка помещения, в котором будет монтироваться оборудование, и обеспечение этого помещения техническими средствами, необходимыми для выполнения монтажных работ; выгрузка и хранение прибывающего на предприятие оборудования; поверка и сборка оборудования на месте его постоянной эксплуатации; испытание, пуск смонтированного оборудования и сдача его в эксплуатацию.

Планирование монтажа оборудования. Проведение всего комплекса монтажных работ связано с выполнением строительных, электротехнических, сантехнических и сборочных работ.

Строительные работы заключаются в подготовке здания, полов и фундаментов под машины; электротехнические — в монтаже электросиловой и электроосветительной сети; санитарно-технические — в монтаже вентиляционной, отопительной, увлажнительной, водопроводной, противопожарной и т. п. систем; сборочные — в монтаже машин на месте их постоянной эксплуатации, испытании и пуске машин. На вновь строящихся

Перечень оборудования, подлежащего

№ п/п	Оборудование	Краткая характеристика, марка	Завод-изготовитель	Стоимость оборудования, р.	Срок поставки
1	2	3	4	5	6

предприятиях все эти работы проводят строительные и монтажные организации, ведущие строительство данного предприятия, а на действующих предприятиях — соответствующие службы предприятия (отделы капитального строительства, главного механика или строительно-монтажное управление).

Монтажные работы проводят в соответствии с проектом нового или реконструируемого предприятия. На основе этих проектов составляют исходную техническую документацию, необходимую для планирования и организации монтажных работ.

При планировании монтажа оборудования выявляют: перечень оборудования, подлежащего монтажу; сроки и очередность монтажа оборудования по отдельным цехам и участкам; календарные графики монтажа по отдельным цехам и участкам; потребность в материалах, рабочей силе, монтажных механизмах и приспособлениях; потребность в ассигнованиях.

При планировании монтажных работ необходимо тщательно изучить проект нового или реконструируемого предприятия, обращая особое внимание на взаимное расположение цехов, сети транспортных путей, системы водоснабжения, теплофикации и другие основные части проекта. Кроме того, следует подробно ознакомиться с монтируемым оборудованием и его расстановкой по цехам. На этой основе составляют перечень монтируемого оборудования с разбивкой по цехам, который сводят в общую таблицу (форма 5). В этой таблице кроме названия, типа, марки и стоимости каждой машины указывают также: завод-изготовитель машин, сроки их поставки, количество мест, массу и габаритные размеры, способ доставки и данные о фундаментах. При составлении такого перечня оборудования кроме плана его размещения необходимо пользоваться также договорами с заводами-изготовителями (в которых имеются данные для заполнения граф 3, 4, 5, 6, 7 формы 5), каталогами, паспортами машин и другими видами технической документации.

Выявив таким образом объекты монтажа, переходят к установлению его сроков. Сроки монтажа определяются сроком пуска цеха, фабрики и предприятия в целом или по очереди.

Очередность и сроки определяются также особенностями технологических процессов и сопряженностью переходов и производства. Очевидно, раньше всего монтаж должен производиться

Форма 5

монтажу на _____

Упаковка и маркировка	Количество мест	Масса одного места, кг	Габаритные размеры	Способ доставки	Место разгрузки	Фундамент		Примечание
						№ чертежа	кубатура, м³	
7	8	9	10	11	12	13	14	15

в приготовительных цехах. При особых обстоятельствах могут быть допущены некоторые отступления, но лишь в том случае, если на время освоения нового оборудования предприятие кооперируется с другим предприятием, получая от него отдельные виды полуфабрикатов. Таким образом, срок окончания монтажа оборудования всего предприятия должен быть разбит на сроки монтажа оборудования отдельных цехов и участков.

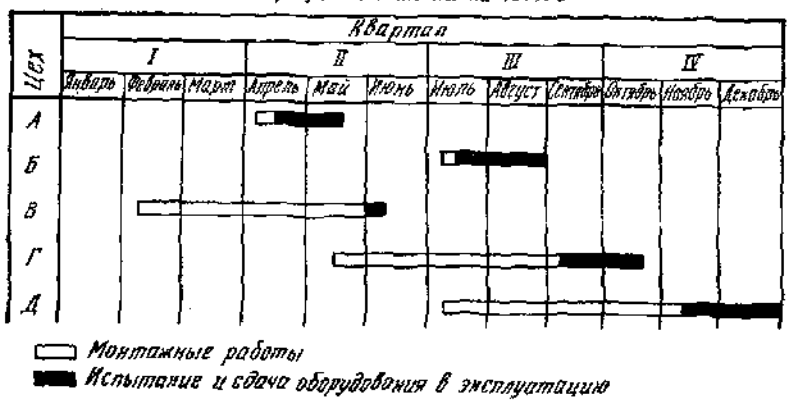
При значительной реконструкции или новом строительстве сроки монтажа должны быть согласованы со сроками строительных работ. Так как в отдельных случаях срок начала монтажа опережает окончание строительных работ, необходимо каждый срок завершения строительных работ по отдельным участкам дополнить перечнем работ, которые должны быть выполнены к установленному сроку.

При планировании сроков монтажных работ необязательно намечать их начало на время полного окончания всех строительных работ. Опыт многих предприятий (реконструируемых и вновь строящихся) показывает, что сроки пуска предприятий, цехов и т. п. значительно сокращаются благодаря параллельному ведению строительных и монтажных работ при условии, что основные строительные работы, необходимые для начала монтажных, закончены.

Параллельное ведение строительных и монтажных работ имеет еще и те преимущества, что своевременно выявляется несогласованность, встречающаяся, например, при кладке фундаментов под стены, колонны и оборудование, при прокладке труб, кабелей и др. Такая несогласованность при последовательном ведении работ нередко вынуждает переделывать уже выполненные работы, вследствие чего увеличиваются стоимость и сроки выполнения монтажа. Кроме того, при параллельном ведении строительных и монтажных работ можно для монтажа оборудования использовать временные транспортные средства, применяемые на строительстве.

Установленные сроки начала и конца монтажных работ по каждому объекту, участку и цеху определяют продолжительность этих работ, которые оформляются в виде специального графика.

График монтажа на 19... г



При широкой реконструкции действующего или строительстве нового предприятия сроки окончания монтажа целесообразно наносить на схеме генерального плана. Руководствуясь установленными сроками, разрабатывают план работ по каждому участку, оформленный в виде графика по всем этапам монтажа (пример — форма 6).

Форма 6

График

монтажных работ в _____ цехе на I квартал 199__ г.

№ по перечню (см. форму 5)	Оборудование	Количество единиц	I квартал		
			январь (даты)	февраль (даты)	март (даты)
2	Машина К	24			
8	» М	15			
11	» Н	8			

При составлении такого графика нужно учитывать срок прибытия оборудования, отметить момент начала фундаментных работ и их продолжительность, затем отразить монтаж механический, перекрываемый электромонтажем, и последнее — опробование и испытание, пуск и сдачу машин в эксплуатацию.

Отдельные виды работ целесообразно отметить на графике разным цветом или штриховкой. В нем следует также отметить основные сметные статьи расходов на выполнение монтажных работ. На основе установленной очередности монтажа и графиков работ определяют сроки поступления оборудования, потребность в рабочей силе по профессиям, в материалах, монтажных механизмах и устройствах.

Организация монтажа оборудования. Монтажные работы на всех стадиях могут быть выполнены качественно и в установленные сроки лишь при правильной их организации. Объем

монтажных работ определяется типом, конструкцией, габаритными размерами и степенью расчлененности монтируемого оборудования.

Небольшие машины и станки (например, ткацкие станки, швейные, обувные машины и др.) поступают с заводов-изготовителей полностью собранными после испытаний. В таких случаях монтажные работы сводятся к установке машин на место их постоянной эксплуатации. Машины с большими габаритными размерами (например, прядильные, ровничные, шлихтовальные, каландровые, смесительные и др.) поступают на предприятие в разобранном виде. Это диктуется прежде всего условиями перевозки машин с завода-изготовителя на склад предприятия-заказчика, а затем со склада — в цех, где машины должны быть установлены и пущены в работу. Масса и габаритные размеры отдельных узлов, агрегатов и секций машин должны соответствовать условиям принятого способа перевозки.

При перевозке грузов по железной дороге размеры и масса перевозимых единиц определяются длиной и грузоподъемностью платформ, вагонов или специального транспорта. Грузоподъемность нормальных железнодорожных четырехосных платформ — 40 т, специальных — 80—100 т. Длина перевозимых единиц должна соответствовать длине одиночных нормальных платформ. В известных условиях допускается перевозка и более длинных частей, так называемых длинномеров, перекрывающих длину двух и даже трех платформ.

При перевозке водным путем масса и габаритные размеры перевозимых единиц могут быть больше, чем при железнодорожных перевозках. В последнее время для дальних перевозок все шире применяется автотранспорт. Если использовать большие прицепы, то при наличии хороших дорог автотранспортом удается перевозить на дальние расстояния крупногабаритные и тяжелые машины и их части.

Для предохранения от повреждений машины и их отдельные части транспортируют с завода-изготовителя упакованными в деревянные ящики. Для защиты машин от коррозии при перевозке и хранении все трущиеся и движущиеся части машины покрывают слоем бескислотной консистентной смазки. Чтобы предупредить попадание влаги в ящики, их изнутри обивают толем. Одна из сторон ящика (обычно верхняя) должна легко отниматься, так, чтобы ящик при этом не был поврежден. Машины или их отдельные части (секции, узлы) привертывают к полу ящика болтами. В случае необходимости стены ящика распирают досками. На соответствующих наружных стенках ящика делают надписи: «Верх», «Низ», «Не кантовать». Ящики с упакованной машиной и ее частями, подлежащие перевозке, должны быть прочно установлены и укреплены на платформах, прицепах и т. д.

Предприятие, получающее оборудование, должно подготовиться к его разгрузке и хранению. Если оборудование доставляется по железной дороге, а на предприятии нет постоянной разгрузочной площадки, необходимо к моменту прибытия оборудования соорудить хотя бы временную площадку. Такую

площадку составляют из шпал, брусьев или бревен, сложенных в клетку. Верх «зашивают» толстыми досками. Ширина разгрузочной площадки должна быть на 1—1,5 м шире наибольшего размера прибывающего на площадку ящика. Длина площадки зависит от количества вагонов, периодически поступающих одновременно под разгрузку.

При наличии крана необходимой грузоподъемности ящики прямо с разгрузочной площадки перемещают на землю, автомашину, прицеп и т. п. При отсутствии такого крана груз скатывают по настилу.

Выгруженное оборудование отвозят к месту хранения или прямо в цех — на место монтажа. Перевозку оборудования по производственной территории и в цехах производят разными способами: кранами, автоэлектротележками, авто- и электропогрузчиками, на специальных платформах с помощью трактора или автомашины и пр.

Площадка для хранения оборудования, упакованного в ящики, должна быть выбрана в сухом месте — в складе или под навесом, закрытом со всех сторон брезентом. Ящики с оборудованием складывают рядами на подкладках, допускающих удобный захват ящика лапой домкрата или подводку под ящик каната или троса. Между рядами ящиков оставляют проходы для удобства их перемещения в установленной планом очередности монтажа. Ящики укладывают так, чтобы имеющуюся на них маркировку было хорошо видно.

Как уже отмечалось, ящики с оборудованием с разгрузочной площадки можно доставлять и прямо в цех. В этом случае соблюдают те же правила размещения. При скоплении большого количества грузов для лучшей организации работ рекомендуется площадку цеха или склада, занятую под хранение, разбить на отдельные участки. Все участки следует пронумеровать и составить список оборудования, находящегося на каждом из них; тогда нетрудно будет найти требуемый ящик. Место приема, разгрузки и хранения оборудования должно быть хорошо освещено, чтобы была возможна круглосуточная разгрузка прибывающего оборудования.

Перевозку ящиков с оборудованием с железнодорожной станции, пристани или с фабричной разгрузочной площадки, а также внутри фабрики до места монтажа надо производить под наблюдением ответственного лица, выделенного предприятием-заказчиком оборудования. На все прибывающее оборудование предприятие-заказчик составляет акты о соответствии количества прибывших ящиков указанным в железнодорожной или судовой накладной. При обнаружении небрежного транспортирования ящиков (наличии разбитых и т. п.) составляют двусторонний акт с указанием поломок и других обнаруженных дефектов.

В помещении, где будет работать устанавливаемое оборудование, к началу монтажа должны быть подготовлены: полы

электропроводка, вентиляция, отопление, освещение, спринклерные сооружения и др. На действующих предприятиях полы перед монтажом машин должны быть осмотрены и приведены в полную исправность для обеспечения устойчивости устанавливаемых машин. Если на этих предприятиях оборудование монтируется на верхних этажах, то при транспортировке и установке следует проверить прочность межэтажных перекрытий, руководствуясь следующими ориентировочными нормами предельно допустимых удельных нагрузок (Н/м²): стропила — 5000, своды — 7500, сводчатые лестницы — 5000, прочие лестницы — 4000. При недостаточной прочности перекрытия оно должно быть усилено. Все помещения, в которых будет монтироваться оборудование, должны быть очищены от строительного мусора.

Руководитель монтажа, пользуясь рабочими строительными чертежами, должен хорошо изучить трассы всех магистралей (водопроводную, вентиляционную, паровую, канализационную, кабельную и др.), глубину заложения и габаритные размеры фундаментов колонн и стен. Увязка расположения санитарно-технических, электрических и других магистралей с расположением оборудования не только предотвращает возможные переделки, но и обеспечивает удобство дальнейшей эксплуатации всех установок.

Например, чтобы ремонт магистралей, присоединение новых линий и пр. не вызывало повышенных простоев оборудования и ломку фундаментов под машинами, трассы магистралей должны прокладываться по продольным и поперечным проходам и между машинами.

Затем помещение, подготовленное под монтаж оборудования, подлежит разметке в соответствии с чертежом планировки. При установке нескольких однотипных машин в один ряд или при необходимости совпадения осей нескольких разнотипных машин следует предварительно зафиксировать на колоннах или стенах цеха осевую линию устанавливаемой группы оборудования.

Для удобства разметки помещения и последующего контроля установки оборудования целесообразно всю площадь разбить на отдельные секции. Для этого, если в цехе имеются колонны, рекомендуется занумеровать их с двух противоположных сторон. При наличии в помещении нескольких рядов колонн следует каждому ряду присвоить индекс А, Б, В и т. д. Простенки между окнами в боковых стенах, если они не имеют колонн, также индексируют, как указано выше.

В зависимости от типа применяемые в текстильной и легкой промышленности машины устанавливают на фундаменте и без него. На фундаменты обычно устанавливают тяжелые и крупные машины с неуравновешенными вращающимися

элементами. Машины с небольшой массой (или имеющие жесткую раму, станину, корпус) устанавливают на любое жесткое основание, в том числе и на устойчивый прочный пол.

Общий контур и расположение фундамента или машины лучше всего ориентировать относительно осей колонн (рис. 5.12, *а*), а разметка в деталях быстрее и точнее производится при помощи обноски (рис. 5.12, *б*). Обноска представляет собой деревянную раму с зарубками, по которым натягивают струны или бечевки для обозначения границ частей фундамента или отдельных точек (посредством пересечения двух струн). С различных мест обноски опускаются отвесы, по которым и размечают пол.

Разметку под сложные и крупные фундаменты или машины производят при помощи планшетов — деревянных щитов с нанесенной на них конфигурацией машины или фундамента (рис. 5.12, *в*). Разметка помещения под фундаменты или машины — очень ответственная операция, требующая внимания и аккуратности. Ошибки, допущенные при разметке и вовремя не обнаруженные, могут затем привести к большим потерям вплоть до необходимости сноса готового фундамента и его перекладки. Поэтому даже самую простую разметку необходимо поручать квалифицированным работникам. Рабочие чертежи фундаментов входят в техническую документацию, прилагаемую к машинам заводом-поставщиком.

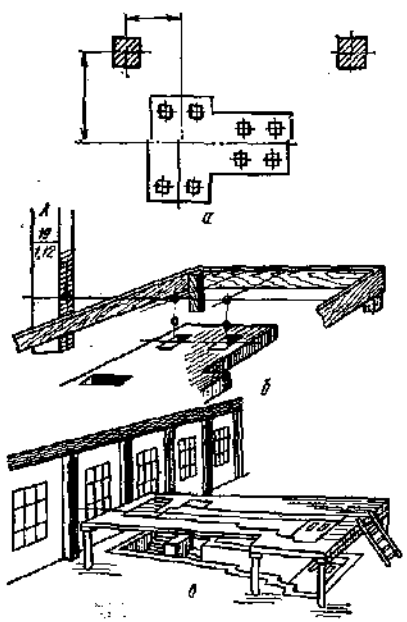


Рис. 5.12. Разметка фундамента под машину

Фундаментное сооружение состоит из подушки *1* (рис. 5.13, *а*), собственно фундамента *2*, а иногда и боковой засыпки. Подушка служит для уменьшения осадки грунта; ее делают из песка, шлака или бетона. Фундамент — основная несущая часть сооружения; его выкладывают из кирпича или бута, а в особо ответственных случаях — из бетона. При наличии грунтовых вод фундамент изолируют, для чего поверхность его промазывают битумом и прослойкой из пластичной глины.

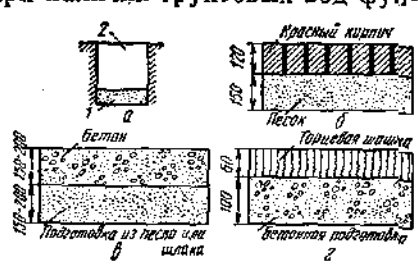


Рис. 5.13. Схема фундамента и полов под машины

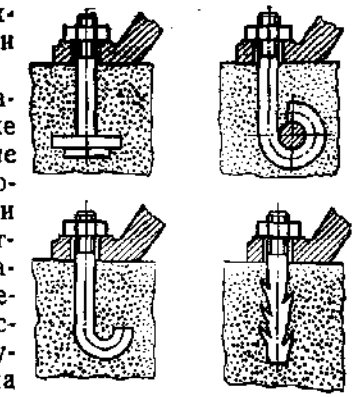


Рис. 5.14. Фундаментные болты

Если машину на фундаменте закрепляют болтами, то при кладке фундамента закладывают конусные пробки, образующие отверстия (колодцы) для заделки болтов. Пробки затем извлекают и по окончании устройства фундамента эти отверстия закрывают для предотвращения засорения. Болты заливают цементным раствором состава 1 : 3. Фундаменты других конструкций показаны на рис. 5.13, *б, в, г*. После кладки бетонный или кирпичный фундамент необходимо выдержать в течение 3 сут. Только после этого на фундамент можно устанавливать машину. Если машину устанавливают не на фундаменте, а на полу, последний должен быть ровным.

К моменту завершения фундаментных и других работ к месту монтажа должны быть доставлены машины, подлежащие установке. Перед началом монтажа необходимо аккуратно распаковать ящики (снять крышку с надписью «Верх») и освободить детали от расшивок. Пользуясь спецификацией, вкладываемой в каждый ящик, следует проверить наличие в нем деталей и узлов. Если обнаруживается недостача или повреждение деталей, составляют соответствующий акт.

С деталей и узлов, вынутых из ящиков, следует смыть предохранительную смазку, а затем протереть их ветошью. Ко времени распаковки и чистки деталей необходимо подготовить ванны, железные ящики для мытья деталей горячей водой. Для удобства монтажа и хранения распакованных деталей и узлов следует иметь необходимое количество стеллажей.

После такой подготовки приступают к установке машины на фундамент или другое основание. Последующий порядок монтажных работ определяется степенью расчлененности машины. Легкие компактные машины, прибывающие на место монтажа в собранном виде, можно устанавливать прямо на основание. Машины тяжелые, прибывающие на место монтажа в разобранном виде, собирают последовательно, начиная с установки на основании остова (рам и других базисных частей). Тяжелые машины с неуравновешенными подвижными частями закрепляют на фундаменте при помощи фундаментных болтов различных конструкций (рис. 5.14).

Машины, для которых фундамент является лишь жестким основанием, устанавливают без закрепления или же закрепляют подливкой цементным раствором. При установке машин

прямо на полу их вовсе не закрепляют или закрепляют цементным раствором, эпоксидным или другим клеем.

Остов или вся машина должны быть установлены на своем основании строго в заданных плоскостях. Допустимые отклонения регламентируются техническими условиями на машины каждого типа.

После того как машину установили на основание, ее выверяют в плане, по высоте и горизонтальности, а также по отношению к ранее установленным машинам. Одновременно производят контроль соосности, перпендикулярности, параллельности и других параметров положения, предусмотренных технической документацией. Машину выверяют, применяя при этом слесарные уровни, отвесы, поверочные линейки и другие контрольные средства. *Базами для выверки служат специальные платики на* корпусных деталях, исполнительные поверхности деталей монтируемой машины (валов, муфт, направляющих и др.), установочные или опорные поверхности.

Для достижения необходимой точности установки при монтаже следует пользоваться регулирующими приспособлениями: клиньями, коническими башмаками и т. д. или, в крайнем случае, подкладками. Клинья и башмаки можно использовать не только при установке машины, но и в ходе ее эксплуатации, когда, например, вследствие осадки фундамента или другого основания нарушается правильное ее положение.

Завершив выверку машины, производят подливку цементного раствора, после схватывания которого равномерно затягивают гайки фундаментных болтов и окончательно проверяют установку машины. Последовательность сборки машины определяется ее конструкцией.

В последние годы на текстильных предприятиях в больших количествах устанавливают новые машины и станки. В ряде случаев их конструкции и динамические характеристики существенно отличаются от тех, которые имело старое оборудование. Так, замечено, что при работе бесчелночных ткацких станков динамические нагрузки, передаваемые этими станками на перекрытия, имеют частоту, близкую к частотам собственных колебаний перекрытий. Это является причиной возникновения резонансных колебаний перекрытий с амплитудами, превышающими санитарно-гигиенические нормы, что отрицательно влияет на их несущую способность. В подобных случаях прибегают к увеличению жесткости перекрытий, но это дорогостоящая и длительная операция. Гораздо дешевле и быстрее применять виброизолирующие устройства (например, антивибрационные подкладки). Подкладки состоят из монолитной пористой резины и имеют на наружной поверхности сферические углубления, что позволяет крепить их к станку не болтами, а клеем, битумом или поливинилацетатной эмульсией.

Для подъема и транспортировки тяжелых частей машин при

монтаже применяют передвижные краны, подъемные тали, лебедки, домкраты, различные тележки, электро- и автопогрузчики и, если позволяют размеры помещения, автомобильные краны. Эти же устройства используют и при выгрузке машин из вагонов, доставке их на место хранения и монтажа.

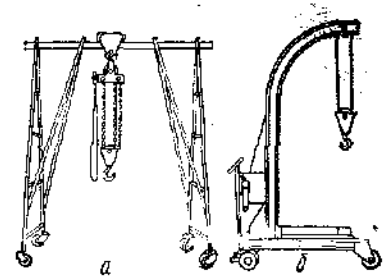


Рис. 5.15. Краны

Передвижные краны делятся на портальные, или козловые (рис. 5.15, *а*), и консольные (рис. 5.15, *б*). Передвижной портальный кран отличается подвижностью и удобен в работе. Благодаря трубчатой конструкции он имеет простое устройство и небольшую массу. Его можно сравнительно быстро разобрать и хранить в разобранном виде, не загромождая производственных площадей. Подъем груза производится при помощи тали, подвешиваемой к верхней поперечине крана. Грузоподъемность крана 1 и 2,5 т, масса 100 кг, длина 2000, ширина 3500 и высота 3670 мм. Консольный кран может поднимать груз до 1 т на высоту 2300 мм. Подъем груза производится при помощи лебедки.

Тали имеют различные конструкции (червячные, шестеренные, многоблочные). Их грузоподъемность 0,5—20 т. Тали подвешивают к крану, балке и другим устройствам. Краны и тали имеют цепи и крюки, с помощью которых захватывают и подвешивают машины или грузы. При выполнении этих операций необходимо правильно выбирать канат (или цепь) и крюк в соответствии с массой поднимаемого груза; *правильно выполнять петли и узлы, а* также приемы обвязки и захвата груза; соблюдать общие правила подъема и перемещения грузов.

При монтажных работах применяются пеньковые, капроновые и стальные канаты. Пеньковые канаты бывают бельными и смольными. Бельные канаты изготовляют из несмоленых каболок (прядей), а смольные — из каболок, пропитанных смолой. Бельные канаты более гибки и удобны для такелажных работ, чем смольные. Смольные канаты хорошо противостоят сырости, но по сравнению с бельными имеют большую массу и меньшую прочность. Ответственные такелажные работы выполняют пеньковыми канатами только 1-го сорта без следов механических повреждений, истирания и гнилости.

Допустимые нагрузки, разрывное сопротивление и другие характеристики для канатов и цепей приводятся в справочниках и каталогах. При использовании смольных канатов допустимая нагрузка снижается по сравнению с *несмоленными на 10 %, для загрязненных или нечесаных канатов* — на 50 %, для подержанных, но целых и еще годных канатов — на 25 %.

Стальные (проволочные) канаты, изготовляемые из мягкой стали ($\delta \geqslant 50$ МПа), должны иметь нормальную свивку, на них не должно быть видимых повреждений и обрывов проволок. Кроме того, они не должны раскручиваться или произвольно образовывать петли. В случае применения подержанных проволочных канатов, годных к употреблению, допустимые нагрузки должны быть уменьшены на 10 %; канаты поврежденные, с обрывом проволок, применять нельзя.

Цепи изготовляют из стали с $\delta \geqslant 50$ МПа. Они должны быть хорошо калиброваны, без видимых пороков и повреждений. При плохой калибровке цепь соскакивает с блоков или неправильно прилегает к ним. Цепи часто перекручиваются, что вызывает деформацию звеньев и образование в них трещин. По этой причине, а также из-за высокой стоимости цепи при монтажных работах применяют реже, чем канаты.

Крюки, применяемые при монтаже, бывают одиночными (однорогими) и двойными (двурогими). Следует применять только исправные клейменые

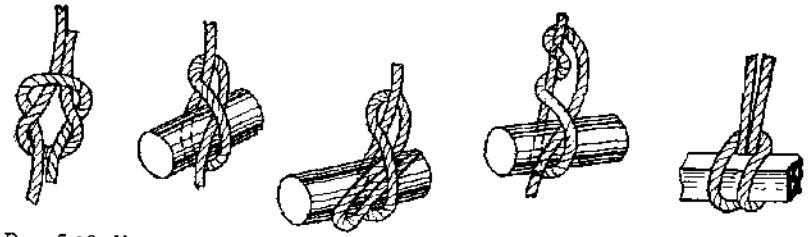


Рис. 5.16. Канатные узлы

крюки заводского изготовления с отметкой о их предельно допустимой грузоподъемности. Крюки не должны иметь внешних пороков (трещин, вмятин и др.). Не допускается перегрузка крюков. Канат на крюке или брусе укрепляют посредством специальных узлов (рис. 5.16) и петель, которые не должны развязываться при натяжении под действием груза, а наоборот, — самозатягиваться; после того как исчезает необходимость в них, они должны легко развязываться.

Если монтируемую машину перевозят в распакованном виде, следует уделять особое внимание ее обвязке, чтобы не погнуть и не поломать отдельные детали и механизмы и не вызвать какой-либо аварии. Машину подвешивают за станину, корпус, жесткие рамы или применяют специальные крючья или ломики, которые пропускают через предусмотренные для этого отверстия или особые приливы в машине. Обвязывая и поднимая машину, между станиной и канатом закладывают деревянные бруски, предохраняющие металлические части машины от сминания, повреждения окраски и пр.

Обвязка должна быть сделана так, чтобы во время транспортировки машина занимала горизонтальное положение и исключалась всякая возможность ее скольжения и опрокидывания. Во время транспортировки нельзя допускать раскручивания подвешенной машины. Машину не следует держать на весу дольше, чем это необходимо. При обвязке и подвешивании грузов цепями следует пользоваться приемами, показанными на рис. 5.17, *а*. Иногда целесообразно применять специальные захваты (рис. 5.17, *б*).

Лебедки, применяемые при монтаже и перетаскивании тяжеловесных грузов, приводятся в движение вручную или от двигателя. Грузоподъемность лебедок 0,5—10 т.

Домкраты подразделяются на винтовые, реечные и гидравлические. Они предназначены для подъема груза на сравнительно небольшую высоту. Винтовые домкраты бутылочного типа имеют грузоподъемность 3; 5; 10 и 15 т, высота подъема — соответственно 130; 300; 330 и 350 мм. Реечные домкраты имеют грузоподъемность 3; 5 и 6 т, высота подъема — соответственно 330; 308 и 380 мм. Гидравлические домкраты являются наиболее грузоподъемными (до 300 т). Скорость подъема груза домкратами, мм/мин: 15—35 — винтовыми, 25—30 — реечными и 50 — гидравлическими.

Тележки служат для перевозки грузов как внутри цеха, где производится монтаж, так и по двору предприятия. Различают ручные, электро- и автотележки.

Ручные тележки бывают с подъемной и неподъемной площадкой (платформой). Удобство первых заключается в том, что, если груз расположен на подставках, тележка своей площадкой может подъехать под груз и путем подъема площадки самонагрузиться. Чтобы нагрузить тележку без подъемной площадки, приходится использовать подъемные устройства. Грузоподъемность ручных тележек 150—1500 кг.

Электро- и автотележки используются для перевозки грузов на ближние и дальние расстояния. Обычно такие тележки не имеют подъемной площадки; грузоподъемность их 1—3 т. Скорость передвижения нагруженной тележки (по прямой) 4—5 км/ч.

Электро- и автопогрузчик применяют для подъема и перевозки грузов массой до 2 т. Погрузчики являются наиболее производительными подъемно-транспортными устройствами. Тележки и погрузчики наиболее эффективно используются при наличии асфальтированной территории. На рис. 5.18 для примера показано применение автопогрузчика при монтаже приводной и промежуточной секций питателя АПК-250-3.

Автомобильные краны работают с выносными опорами. Все механизмы подъема и поворота стрелы располагаются на поворотной раме. Работой крана управляют из кабины. Наиболее распространенными являются автомобильные краны с грузоподъемностью 4 и 6,3 т и длиной стрелы 6,2 и 7,35 м соответственно.

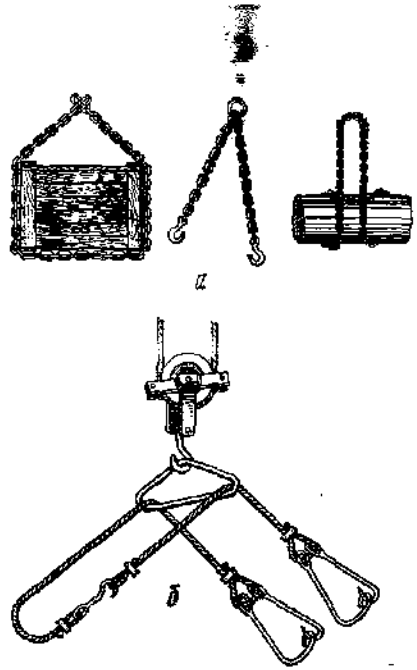


Рис. 5.17. Захваты цепями

Если монтажные работы производятся с использованием авто- и электротележек, а также автокрана, необходимо особое внимание уделять пожарной безопасности.

Если к началу монтажа оборудования смонтированы подъемно-транспортные устройства, используемые для производственных целей (кран-балки, монорельсы, подъемники и т. п.), то они должны быть использованы и для монтажных работ. Монтажные работы выполняются бригадами монтажников, скомплектованными из ремонтников (если монтаж ведет служба главного механика действующего предприятия), или специальным штатом (если монтаж ведет строительно-монтажная организация, проводящая большую реконструкцию действующего и строительство нового предприятия).

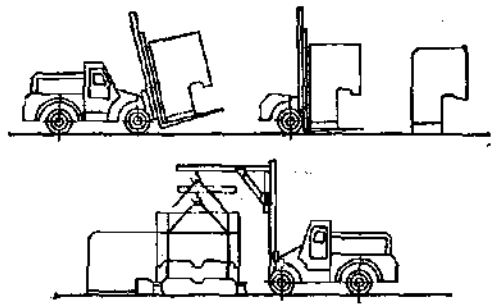


Рис. 5.18. Применение автопогрузчика при монтаже приводной и промежуточной секций питателя АПК-250-3

За бригадами закрепляют определенные участки, на которых монтируется оборудование. В соответствии с общим планом и графиком монтажа каждая бригада должна иметь месячные графики с указанием сроков начала

и окончания монтажа каждой машины. Количество бригад и число членов в каждой из них определяются помашинными нормативами трудоемкости монтажных работ, числом монтируемых машин и сроками монтажа. При одновременном монтаже нескольких машин работа должна производиться параллельно. После подготовки основания (фундамента, плиты, пола) на него устанавливают вначале остовы, а затем остальные механизмы, узлы и детали.

Параллельное ведение работ позволяет сократить сроки монтажа и лучше использовать рабочую силу. Поэтому важно своевременно доставлять на место монтажа все машины, намеченные к установке на данном участке. К началу монтажных работ необходимо подготовить место монтажа, которое должно быть хорошо освещено и оснащено техническими средствами, облегчающими и убыстряющими монтажные работы. Ниже приведен перечень таких средств.

Передвижные верстаки, станки, аппараты: слесарные верстаки с тисками и трубными зажимами, сверлильный и заточный станки, горн, сварочный аппарат.

Подъемно-транспортные и такелажные устройства: тали, блоки, лебедки, домкраты, тросы, канаты, стропы (канатные петли), зажимы к ним, ломы, катки, трубы, доски.

Слесарно-монтажные инструменты и приборы: клуппы, метчики, воротки, клещи для труб, электрические и ручные дрели, молотки, зубила, крейцмейсели, керны, напильники разных сечений, отвертки, гаечные ключи, ножовочные станки, разметочные циркули, оселки, металлические щетки, ручные тисочки.

Контрольно-измерительные инструменты и приборы: рулетки, складные метры, линейки, угольники, микрометры, штангенциркули, уровни, отвесы, нивелир.

Кроме того, необходимо иметь: переносную установку низковольтного освещения, набор плотницкого инструмента, достаточное количество деревянных брусьев, досок, гвоздей, металлических подкладок, клиньев. Как уже отмечалось, на месте монтажа должны быть оборудованы ванны для мойки деталей устанавливаемых машин. Нужды монтажа в различных мелких изделиях обеспечиваются механическими мастерскими предприятия, на котором устанавливают оборудование, или же мастерскими строительно-монтажной организации (при строительстве нового предприятия).

Всеми монтажными работами руководит на действующем предприятии начальник РМЦ или специально выделенное лицо, действующее на правах мастера, а на строящемся — прораб, подчиненный монтажной организации. В ходе монтажа проверяют качество сборки отдельных узлов и механизмов.

После окончания монтажа машины сдают в эксплуатацию на ходу. При приемке машин из монтажа проверяют его качество в соответствии с инструкцией по подготовке машин к монтажу и техническими условиями на приемку машин из монтажа в эксплуатацию. Сначала проверяют правильность установки остова машины. На машину каждого типа допустимые отклонения от горизонтальности, вертикальности и взаимного сопряжения рам, связей и других элементов остова регламентируются техническими условиями. Здесь же проверяют качество окраски всей машины (окрашенные поверхности машины не должны быть повреждены).

Затем переходят к проверке болтовых соединений (они должны быть хорошо затянуты, на наружных поверхностях машины часть резьбы болтов не должна выступать больше чем на 2—3 нитки), а также надежности и правильности посадки шкивов, шестерен и других деталей на валах (не допускается вибрация и биение деталей; шестерни должны иметь плавный ход и зацепление на всю ширину зуба).

После этого проверяют сопряжение валов и подшипников (валы должны легко вращаться в подшипниках; не должно быть перекосов, перетяжек и других дефектов сборки), правильность сборки, пригонки и балансировки отдельных узлов и механизмов и их координацию в машине. Различного рода отклонения в расположении деталей, узлов и механизмов и их сопряжений не должны превышать допускаемых техническими условиями на принимаемую машину. Если машина включена в состав агрегата, проверяют сопряжение между отдельными частями агрегата. Затем машину проверяют на холостом ходу.

После такой предварительной проверки производится контрольное испытание машины в заправленном виде. Длительность контрольных испытаний определена техническими условиями. При контрольном испытании перерабатываемый продукт и заправочные данные принимают в соответствии с данными, указанными в технических листах, приложенных к заказу на машину.

Контрольное испытание проводится под руководством и силами предприятия-заказчика, при этом квалификация рабочего должна быть средней, а уплотненность труда — не меньше типовой. При контрольных испытаниях выявляется производительность машины, качество вырабатываемого продукта, расход сырья, количество и качество отходов. Нормативы, характеризующие качество продуктов и отходов, берут по действующим методикам. Качество продукции определяют в лабораториях предприятия-заказчика.

При контрольных испытаниях должны быть строго соблюдены правила технической эксплуатации данной машины. Если на предприятии невозможно создать нормальные атмосферные и производственные условия для работы испытуемой машины, то как исключение допускается приемка машин в эксплуатацию по результатам сопоставления их выработки с выработкой заранее выбранной контрольной машины, являющейся в данном случае эталоном.

В ходе контрольных испытаний ведут наблюдения за работой всех механизмов, узлов и деталей машин. Особое внимание при этом уделяют быстровращающимся и тяжелонагруженным частям. Проверяют, нет ли биения и вибрации деталей, нагрева трущихся поверхностей, хорошо ли поступает смазка и т. п.

По окончании контрольного срока испытания измеряют мощность, потребляемую машиной, которая не должна превышать мощность, предусматриваемую паспортом машины. При удовлетворительных результатах проверки качества монтажа, производительности машины и качества выработанного ею продукта машину сдают в эксплуатацию, что оформляют двусторонним актом по установленной форме.

Техника безопасности на монтажных работах. При монтаже допускается пользование лишь исправными инструментами и приспособлениями. Воспрещается применение различных случайно подобранных труб для наращивания рукояток ключа: при срыве такой трубы или ключа можно легко поранить самого себя, а также окружающих. Пол около верстака и места монтажа должен быть ровным и чистым (особенно опасен замасленный пол). Желательно, чтобы пол имел решетчатый настил.

Монтаж средних и крупных машин связан с поднятием и перемещением тяжелых деталей и узлов. Подростки до 16 лет не могут привлекаться к этой работе. Подросткам 16—18 лет разрешается переносить грузы массой не более 16 кг (для юношей) и 10 кг (для девушек). Взрослые мужчины могут поднимать груз массой не более 50 кг.

Разрешается пользоваться только подъемными механизмами, обеспечивающими безопасность работы. Они должны работать на трехфазном токе при напряжении 220/380 и 500 В. Управление должно быть кнопочное и осуществляться с пола. Для работы с подъемными механизмами надо привлекать специально обученных рабочих (стропальщиков, крановщиков и др.). При сборке крупных машин рабочим приходится работать на высоте. Если высота не превышает 5 м, применяют стремянки и приставные лестницы, закрепленные вверху и внизу.

При монтаже широко пользуются электрифицированным инструментом. Небрежное обращение с ним приводит к опасным травмам: поражению током внутренних органов, ожогам и т. п. Чем выше напряжение тока, тем оно опаснее, особенно когда тело и одежда влажные. Опасным является ток при напряжении как 220 В, так и 36—65 В. Прикосновение к голым токопроводящим частям инструмента и конструкции при высоком напряжении может привести к смертельному исходу. Любой электроинструмент при напряжении выше 36 В должен быть заземлен и занулен.

При работе с электроинструментами следует применять исправные и проверенные (клейменые) индивидуальные защитные средства (резиновые перчатки, калоши, резиновые коврики и т. п.). Срок действия очередной проверки: перчаток и калош — до 6 мес., ковриков — до 2 лет. При работе с электроинструментом на высоте необходимо пользоваться только подмостями или лесами, а не приставными лестницами или стремянками.

Рабочие и ИТР, занятые на монтаже оборудования, должны знать правила оказания первой помощи при несчастных случаях.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1

Техническое состояние машин и его изменение в процессе эксплуатации 5

Основные понятия о надежности и долговечности машин 5
Оценка технического состояния оборудования в процессе эксплуатации 8
Изнашивание деталей машин. Повышение их износостойкости 13
Виды трения 14
Виды изнашивания 15
Факторы, влияющие на износ деталей. Методы повышения износостойкости деталей 21
Поломки деталей машин. Повышение их долговечности 43
Остаточные деформации, разрушения с вязким и хрупким изломом 43
Факторы, влияющие на усталостную прочность деталей. Методы повышения долговечности деталей 45
Коррозия деталей машин. Антикоррозионная защита 51
Разновидности коррозионных разрушений 51
Факторы, влияющие на коррозию 54
Защита деталей антикоррозионными покрытиями 60
Вибрация и шум машин текстильной и легкой промышленности 66

Глава 2

Приемка и разборка машин. Способы восстановления деталей машин 72

Общая схема ремонта машин 72
Приемка машин в ремонт 73
Разборка машин 74
Очистка и мойка деталей 75
Контроль и сортировка деталей 78
Восстановление деталей сваркой и наплавкой 83
Электродуговая сварка и наплавка 83
Автоматическая электродуговая наплавка 86
Наплавка в среде защитных газов 88
Вибродуговая наплавка 89
Газопламенная сварка и наплавка 91
Плазменная и лазерная наплавки 94
Строение наплавленного металла 95
Сварочные напряжения и деформации 97
Подготовка неисправных деталей к восстановлению 100
Восстановление чугунных деталей 102
Восстановление стальных деталей 108
Использование износостойких сплавов 110
Восстановление пластмассовых деталей 112
Восстановление деталей паянием 113
Восстановление деталей газотермическим напылением, электроискровой обработкой и гальваническим наращиванием 117
Ремонт деталей механическими способами и пластическим деформированием 130
Восстановление деталей полимерными материалами 135
Выбор способа восстановления 146

Глава 3

Технология восстановления деталей машин 148

Восстановление валов 148
Погнутые валы 148
Изношенные валы 149
Восстановление подшипников 160
Газотермическое напыление (металлизация) 161
Заливка цветными антифрикционными сплавами 163
Использование полимерных материалов 166
Механический способ и пластическое деформирование 170
Восстановление шестерен, шкивов и других колес 174
Изношенные и поломанные зубья шестерен 174
Дефектный обод, спицы и ступицы колес 182

Глава 4

Сборка при ремонте машин 183

Основы сборки 183
Сборочные единицы. Принцип узловой сборки 183
Виды соединений деталей. Методы сборки 186
Сборка неподвижных соединений 188
Резьбовые соединения 188
Прессовые соединения 190
Сборка передач 192
Опоры (подшипники, втулки и вкладыши) 192
Валы 200
Ременные передачи 203
Зубчатые передачи 205
Балансировка. Проверка качества сборки 216
Балансировка вращающихся деталей и узлов 216
Обкатка 221
Проверка качества сборки. Испытание отремонтированного оборудования 223

Глава 5

Организация и методы ремонта машин 225

Система планово-предупредительного ремонта 225
Периодичность ремонта 228
Объем ремонтных работ 230
Порядок сдачи оборудования в ремонт 234
Порядок приемки оборудования из ремонта 236
Простой машин в ремонте 237
Методы ремонта машин текстильной и легкой промышленности 239
Организация труда в ремонтных бригадах 245
Планирование и учет ремонтных работ 252
Ремонтные мастерские предприятий текстильной и легкой промышленности 262
Центральные ремонтные мастерские (ЦРМ) 262
Цеховые ремонтные мастерские 273
Научная организация труда (НОТ) 278
Структура ремонтной службы на предприятиях 281
Планирование и организация монтажа нового оборудования 285

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Михаил Ильич Худых

Ремонт и монтаж оборудования текстильной и легкой промышленности

Редактор И. В. Жигачева
Художественный редактор Л. К. Овчинникова
Технический редактор Т. П. Астахова
Корректоры Р. А. Взорова, Е. А. Постникова

ИБ № 857

Сдано в набор 27.03.87. Подписано в печать 12.09.87. Т-19806. Формат 60×90/16. *Бумага книжно.-журнальная.* Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 19,0 п. л. Усл. п. л. 19.0. Усл. кр.-отт. 19.0. Уч.-изд. л. 21,50. Тираж 17 000 экз. Заказ 3032 Цена 95 коп.

Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание», 113035, Москва, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Отпечатано с матриц [illegible] типографии № 2 головного предприятия ордена Трудового Красного Знамени [illegible] объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете [illegible] по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, [illegible] Л-52, Измайловский проспект, 29, в [illegible] типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени [illegible] объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете [illegible] по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, [illegible] Социалистическая ул., 14.