

Технико-экономические показатели

В настоящее время основным оценочным показателем, характеризующим механическое оборудование по производству материалов, являются удельные приведенные затраты, которые отражают соотношение стоимости оборудования и затрат его эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии. Кроме того, в качестве важнейших оценочных показателей используют производительность оборудования и себестоимость единицы выпускаемой продукции.

Производительность оборудования — это количество продукции, выпускаемой им в единицу времени. При этом производительность зависит от эффективности использования оборудования: *по времени* — экстенсивное использование и *по режимам* работы — интенсивное использование.

Использование оборудования по времени зависит от технологических и организационных моментов, а также от содержания оборудования в исправном состоянии. Использование же оборудования по интенсивности, т.е. при оптимальных значениях рабочих параметров (подача материала, скорости и усилия рабочих органов и др.) определяется режимом его работы.

Различают три категории производительности: теоретическая (конструктивная, расчетная), техническая и эксплуатационная.

Теоретическая производительность (H_{\diamond}) является максимально возможной (расчетной) производительностью оборудования, полученной при данных конструктивных параметрах, полном отсутствии простоев при работе в определенных условиях эксплуатации.

Для оборудования с рабочим органом периодического действия теоретическая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$ или $\text{т}/\text{ч}$):

$$H_{\diamond} = nq \quad \text{или} \quad H_{\diamond} = nq\gamma, \quad (15)$$

где n — число циклов, выполняемых оборудованием за 1 мин, $n = 60/t_{\diamond}$; t_{\diamond} — теоретическая продолжительность одного цикла; q — количество продукции, выдаваемое оборудованием за один цикл, м^3 или т ; γ — объемная масса продукции (материала), $\text{т}/\text{м}^3$.

Для оборудования с рабочим органом непрерывного действия:

$$H_{\diamond} = 3600Fv \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad \text{или} \quad H_{\diamond} = 3600Fv\gamma \quad \text{т}/\text{ч}, \quad (16)$$

где F — поперечное сечение потока продукции, м^2 ; v — расчетная скорость движения потока через рабочий орган, $\text{м}/\text{с}$.

Теоретическая производительность является основной величиной для расчета главных параметров рабочего органа оборудования и для оценки степени его использования.

Техническая производительность (H_T , $\text{т}/\text{м}^3$) представляет собой максимально возможную производительность в данных производственных условиях при работе оборудования без простоев. Она зависит не только от параметров рабочих органов оборудования, но и от физико-механических свойств обрабатываемого материала, способа загрузки, допустимой скорости вращения или перемещения рабочих органов и других факторов.

Для определения технической производительности вводятся коэффициенты, характеризующие использование оборудования за определенный промежуток времени. Так, для оборудования непрерывного действия:

$$H_T = 3600 \cdot v \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (17)$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты, характеризующие разрыхление материала и загруженность рабочего органа.

Техническая производительность используется при подборе комплектов машин и выборе рациональных схем комплексной механизации процессов производства стройматериалов.

Эксплуатационная производительность ($H_Э$) определяется реальными условиями использования оборудования с учетом неизбежных технологических и организационных перерывов в работе:

$$H_Э = H_T \cdot k_Э, \quad (18)$$

где $k_Э$ — коэффициент использования машин за определенный промежуток времени.

Эксплуатационная производительность является основной характеристикой при разработке проектов механизации и автоматизации производственных процессов, их экономического обоснования.

Анализируя приведенные формулы, можно сделать вывод, что производительность механического оборудования для производства строительных материалов определяется прежде всего геометрическими размерами рабочего органа, объемом камеры переработки материала, скоростью движения рабочего органа, качеством исходного продукта и затратами времени при простоях.

Приспособленность механического оборудования к выполнению технологического процесса определяется параметрами рабочего органа, т.е. его производственной эффективностью при использовании оборудования в конкретных условиях. Рабочий орган характеризуется различными показателями — ми, определяемыми назначением и конструкцией оборудования. Например, для дробильного оборудования таким показателем является объем камеры дробления, для смесительного — емкость барабана, для сортировочного — площадь сита и т.д.

Следует полагать, что кроме указанного главного показателя рабочий орган может также характеризоваться: номинальными размерами; удельной емкостью, представляющей собой отношение номинальной емкости к массе оборудования или к мощности цинга геля; коэффициентом использования емкости (объема).

Наряду с показателями, имеющими абсолютное значение, важными для оценки эффективности технического уровня механического оборудования являются такие удельные показатели, как материалоемкость G ($\text{м}^3/\text{ч} / \text{м}^3$) и энергоемкость E ($\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$) машины:

$$G = M/P, \quad (19)$$

$$E = P/P, \quad (20)$$

где M — масса машины; P — мощность силового оборудования.

Рассмотренные показатели оборудования позволяют осуществлять его рациональный выбор в зависимости от особенностей конкретного технологического процесса производства строительных материалов и от требуемой производительности.

Наряду с производительностью, материалоемкостью и энергоемкостью основным эксплуатационным свойством оборудования является себестоимость единицы продукции.

Себестоимость единицы продукции (руб./шт.)

$$C_{ед} = C_{м-см} / П_{э}, \quad (21)$$

где $C_{м-см}$ — стоимость машино-смены, руб./смен.; $П_{э}$ — эксплуатационная производительность оборудования, шт./смен.

Стоимость машино-смены складывается из трех видов затрат:

1) затраты I группы зависят от годового режима работы машины. В них входят: годовые отчисления на амортизацию, единовременные расходы по перемещению машин с одного объекта на другой, включая расходы на монтаж и регулировку оборудования, его пробный пуск, а также возведение вспомогательных устройств — фундаментов, рельсовых путей и др., обеспечивающих работу оборудования;

2) затраты II группы зависят от сменного режима работы. Они складываются из эксплуатационных расходов на техническое обслуживание и ремонты, на вспомогательные материалы, приспособления и инструмент, на энергоресурсы и эксплуатационные материалы;

3) затраты III группы — оплата труда персонала, управляющего оборудованием. Таким образом, стоимость машино-смены оборудования

$$C_{м-см} = \frac{З_1}{I_{эм}} + \frac{З_{II}}{I_{гсм}} + З_{III}, \quad (22)$$

где $З_1$ — единовременные затраты I группы, руб.; $I_{эм}$ — общее число смен работы оборудования; $З_{II}$ — затраты II группы, руб.; $I_{гсм}$ — число смен работы оборудования за год; $З_{III}$ — затраты III группы, руб.

Для оценки экономической эффективности механического оборудования используют обобщенный показатель суммарных приведенных затрат.

Теоретические основы эксплуатации и ремонта оборудования и комплексов

Основные понятия

Любое техническое устройство можно представить как некоторую упорядоченную структуру связанных между собой и взаимодействующих элементов, обеспечивающих выполнение его функции. Связи и взаимодействие между элементами, а также элементам и средой определяются их геометрическими размерами, механическими, химическими и другими величинами, которые называют параметрами технического состояния или структурными параметрами машины (оборудования). Это, например, размеры деталей, зазоры, энергетические расходы и др.

Оборудование по производству строительных материалов работает в исключительно тяжелых эксплуатационных условиях при значительных знакопеременных нагрузках, оно в первую очередь подвергается воздействию абразивных частиц перерабатываемого материала и высоких температур проходящих процессов.

Эти специфические условия работы оборудования, а также естественные внутренние явления, происходящие между сопряженными деталями, ведут к изменению эксплуатационных свойств, ухудшению технического состояния оборудования и появлению неисправностей.

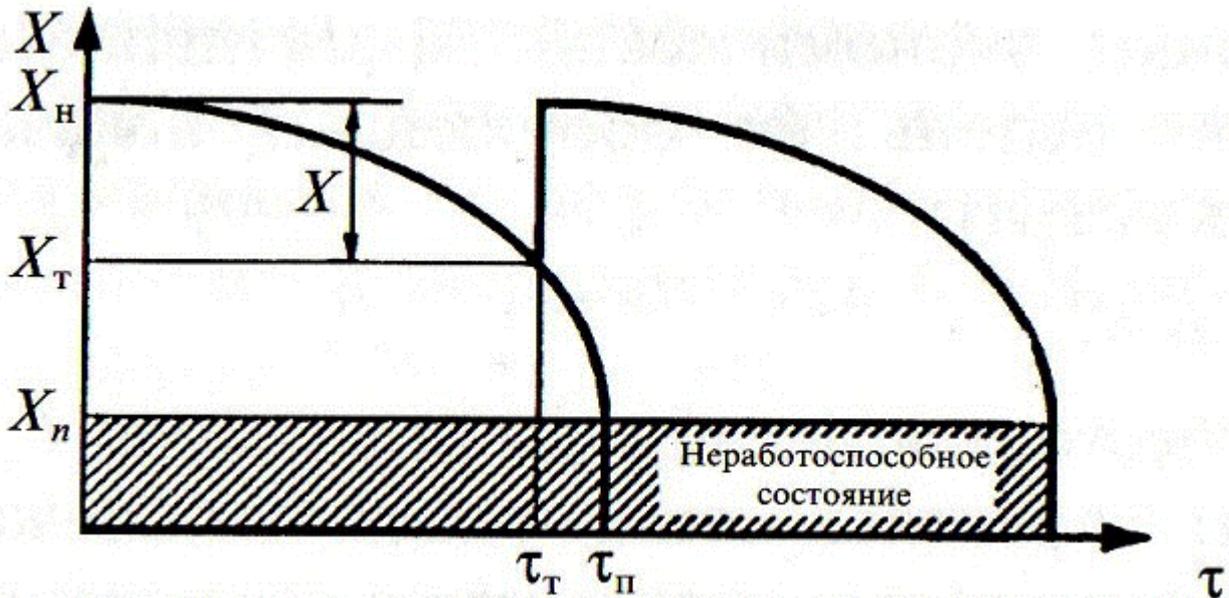


Рис.2. Изменение параметра технического состояния механизма в зависимости от его работы τ .

Неисправности деталей оборудования выражаются в изменении первоначальных форм, размеров, массы оборудования, структуры материала и механических свойств, а также в изменении качества поверхности и в нарушении взаимного расположения деталей. Нарушение взаимного расположения деталей проявляется в потере ими центровки, параллельности и перпендикулярности осей и валов. Неисправности сопряжений в большинстве случаев происходят из-за нарушения посадок, установленных зазоров и ослабления креплений элементов машин.

Таким образом, в процессе эксплуатации фактические параметры технического состояния машины $X_{T1}, X_{T2}, \dots, X_{Tn}, \dots, X_{Tm}$ изменяются от номинальных значений $X_{H1}, X_{H2}, \dots, X_{Hn}, \dots, X_{Hm}$ до предельных $X_{D1}, X_{D2}, \dots, X_{Dn}, \dots, X_{Dm}$. Разность $\Delta X_i = X_{Ti} - X_{Hi}$ определяющая отклонение качества работы данного элемента от номинального, отражает уровень его исправности.

Совокупность отклонений от номинальных значений различных параметров состояния механизма определяет его техническое состояние. В момент τ_t каким-либо техническим воздействием (например, регулировкой) можно улучшить техническое состояние механизма, если же продолжать эксплуатацию после момента τ_p , работоспособность может быть нарушена. При этом рабочий процесс машины может прекратиться.

В процессе эксплуатации машина взаимодействует с окружающей средой, а ее элементы — между собой. В процессе этих взаимодействий происходят, как правило, сложные физико-химические явления, которые обуславливают деформацию, износ, поломку, коррозию и другие повреждения машины.

Классификация повреждений обычно производится в зависимости от внешнего вида их проявлений. При этом различают процессы, вызывающие объемные и поверхностные повреждения деталей машины. К *объемным* повреждениям относятся разрушения (хрупкое, вязкое, усталостное), деформации (пластическая деформация, ползучесть, коробление), *изменение* свойств материала механических, структуры, химического состава и др., а к *поверхностным* — разъедание (коррозия, эрозия, прогар), налипание, износ, изменение свойств поверхностного слоя (шероховатости, твердости и др.).

Деформации, трещины и поломки деталей машин возникают под действием механических нагрузок, а также внутренних напряжений. Основными причинами деформаций деталей являются недостаточная конструкционная прочность, плохое качество изготовления и ремонта, перегрузки при эксплуатации.

Разрушение (хрупкое или вязкое) материала детали, т.е. ее нэпом, происходит как в результате возникновения недопустимых «статических и динамических нагрузок, так и при длительном действии переменных нагрузок, вызывающих усталость материала. Около 80 % всех разрушений деталей машин (несущих элементов, сварных соединений и др.) носит усталостный характер, на что указывает характерный вид излома с двумя зонами: зоной развивающихся трещин и зоной, по которой произошел излом.

Одним из специфических поверхностных повреждений является налипание (нарост) на поверхность детали посторонних частиц, происходящее в результате различных процессов молекулярного взаимодействия, а также проявления связей и сил химического и электрического происхождения. Нарост часто проявляется в виде им загрязнений внутренних стенок корпусов редукторов, трубопроводов, фильтров.

Коррозия (разъедание) — это разрушение изделий под действием и внешней среды. Обычно коррозия подразделяется по видам производимых разрушений (общая и местная), механизму реакции и взаимодействия металла со средой (химическая и электрохимическая), виду коррозионной среды (в газах, водных растворах, электролитах и др.) и геометрическому характеру разрушения (поверхностная и объемная). Разрушение металлов и сплавов в атмосфере и средах влажных газов в результате электрохимических процессов называется атмосферной коррозией. Причем в этом случае преобладают процессы, происходящие в тонких слоях влаги, сконденсировавшейся на поверхности металла.

В определенных условиях эксплуатации могут возникать повреждения биологического характера, например воздействие плесени, разъедающей обычно ткани и некоторые виды пластмасс.

Трение в составных частях машин и оборудования

Трением называется явление сопротивления относительно перемещению, возникающему между двумя телами в зонах соприкосновения их поверхностей. В процессе трения возникает сила сопротивления относительно перемещению двух тел, называемая силой трения.

Преодоление силы трения на пути перемещения тел называется **работой трения**.

Работа трения зависит от конструкции деталей и материалов, состояния сопряжения и обуславливается видами трения. По характеру движения тел различают *трение покоя* и *трение движения*. Различают *трение внешнее* и *внутреннее*.

Внешнее трение — явление сопротивления относительно перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения их поверхностей по касательным к ним.

Внутреннее трение — явление сопротивления относительно перемещению частиц одного и того же тела.

По наличию относительного движения внешнее трение подразделяется на *трение покоя* и *трение движения*.

Трение покоя — трение двух тел при микросмещении без макросмещения.

Трение движения — трение двух тел, находящихся в относительном движении.

По характеру относительного движения выделяют *трение скольжения*, *трение качения* и *трение качения с проскальзыванием*.

Трение скольжения — трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точках касания различны по значению и (или) направлению.

Трение качения — трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по значению и направлению, по крайней мере в одной точке зоны контакта.

Трение качения с проскальзыванием — трение движения двух соприкасающихся тел при одновременном трении качения и скольжения в зоне контакта.

В зависимости от наличия смазочного материала различают следующие виды трения скольжения: трение без смазочного материала, трение со смазочным материалом и граничное трение.

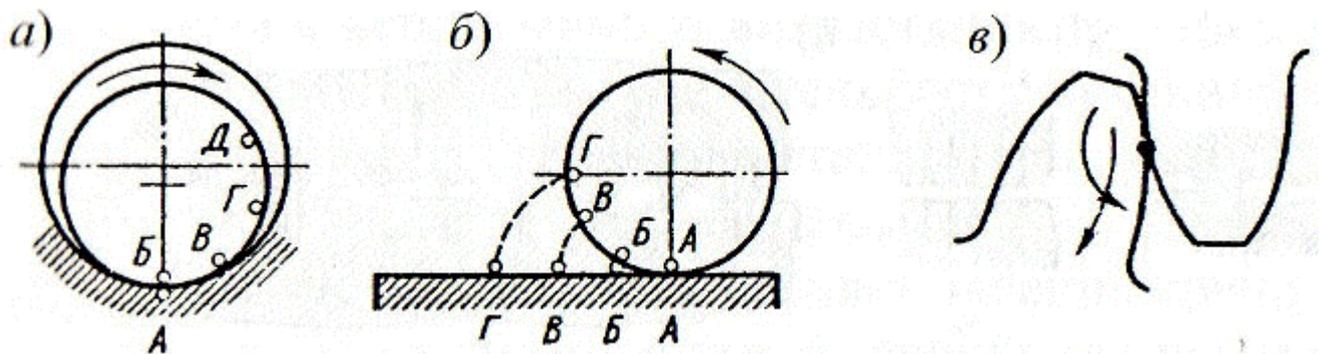


Рис. 3. Виды внешнего трения а - скольжение, б - качение, в - качение с проскальзыванием.

Трение без смазочного материала (сухое трение) — трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазок и иного материала всех видов. При сухом трении сила трения возникает вследствие сопротивления соприкасающихся микронеровностей сопряженных поверхностей и происходящего при этом молекулярного сцепления. Например, трение между накладками и Параванами фрикционных муфт и тормозов при движении материалов на конвейерах и др.

Трение со смазочным материалом — трение двух тел при наличии на поверхностях трения введенного смазочного материала всех видов.

Граничное трение — трение двух твердых тел при наличии слоя жидкости, но не полностью их разделяющего. Например, трения в зацеплении шестерен и в шариковых подшипниках, т.е. в условия высоких удельных нагрузок.

При работе механического оборудования практически наблюдаются смешанные периодически изменяющиеся или промежуточные виды трения.

По мере накопления опытных данных по трению исследователи стремились объяснить природу трения, дав ему теоретическое обоснование. Существует несколько различных гипотез и теоретических обоснований, объясняющих природу внешнего трения.

Механическая теория трения — наиболее ранняя, которая рассматривает внешнее трение как чисто механический процесс, объясняя его шероховатостью поверхности соприкасающихся тел, в

результате чего при их движении относительно друг друга происходит механическое сцепление, сдвиг микронеровностей, деформация (изгиб, смятие и срез) и возникновение силы трения (рис.).

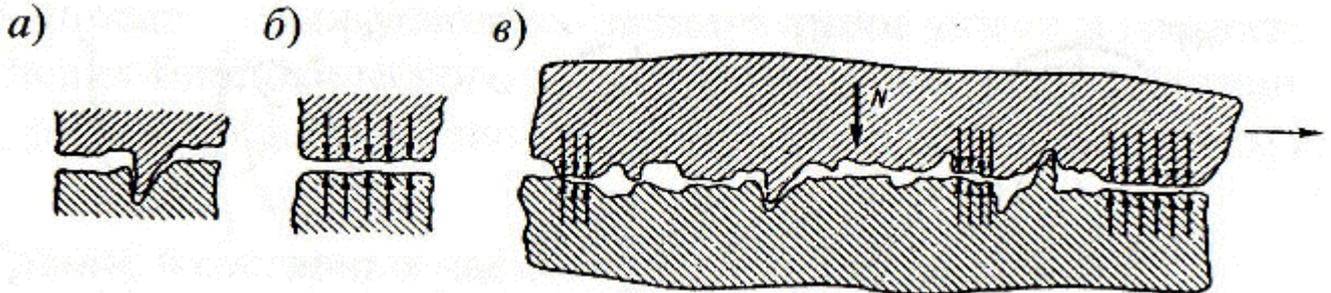


Рис.4. Схема взаимодействия трущихся поверхностей а – механическое; б – молекулярное; в – молекулярно-механическое.

Исследования, проведенные французским физиком Кулоном 1748 г., дали возможность сформулировать основные законы механической теории трения, по которым сила трения пропорциональна нормальной силе, не зависит от размера поверхности взаимного соприкосновения трущихся тел и скорости их относительного перемещения и находится в зависимости от свойств трущихся материалов и от взаимного состояния касающихся поверхностей.

Величина силы сухого трения скольжения (при перемещении груза), учитывающая адгезионное схватывание поверхностей, подчиняется зависимости:

$$T_1 = f_1 N + A, \quad (23)$$

где f_1 — коэффициент трения скольжения; N — нормальное давление (вес груза), Н; A — сопротивление от сцепляемости или прилипания поверхностей (независящая от значения нормального давления), Н.

Однако в связи с малым значением A для грубообработанных поверхностей на практике ею пренебрегают и пользуются законом Амонтона-Кулона.

Закон сухого трения качения в первом приближении (при перекатывании круглого катка) был установлен Кулоном в следующем виде:

$$T_2 = f_2 N / R, \quad (24)$$

где T_2 — сила сопротивления перекатыванию, Н; R — радиус катка, м; f_2 — коэффициент трения качения.

Последующие исследователи установили, что закон Амонтона-Кулона имеет отступления, так как на величину коэффициента трения влияют и другие факторы (давление, скорость перемещения и наличие на поверхности различных пленок), не предусмотренные этим законом.

Механическая теория не может объяснить причину резкого возрастания силы трения у очень гладких поверхностей, а также причину отсутствия непрерывного возрастания трения с увеличением давления. Недостаточная убедительность механической теории и развитие знаний о строении металлов послужили основой для возникновения в начале 1900 г. молекулярной теории.

Молекулярная теория трения объясняет явления трения исходя из сил молекулярного взаимодействия, возникающих между соприкасающимися поверхностями, вследствие чего происходит и взаимное притяжение этих поверхностей (рис. 4).

Наиболее полно развил молекулярную теорию трения советский ученый член-корреспондент АН СССР Б.В. Дерягин (1934 г.). Молекулярное воздействие влияет на процесс трения тем сильнее, чем выше чистота обработки сопряженных поверхностей, имеющих более тесный контакт:

$$T_M = f_2 S_2 (P_0 + P), \quad (25)$$

где T_M — сила молекулярного трения, Н; S_2 — площадь фактической контактной поверхности, м^2 ; P_0 — удельная сила молекулярного воздействия, $\text{Н}/\text{м}^2$; $P = N/S_2$ — удельная сила нормального воздействия, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Наличие между сопряженными поверхностями пленки смазочного материала толщиной менее 1 мкм резко снижает молекулярное взаимодействие и силу трения.

Молекулярная теория больше отвечает действительности, давая объяснения явлениям, которые механическая теория объяснить не в состоянии (например, увеличение силы трения у более гладких поверхностей и др.). Однако и молекулярная теория не могла дать полного объяснения возрастанию силы трения с увеличением шероховатости соприкасаемых поверхностей; об увеличении коэффициента трения в начале процесса и последующем уменьшении его с возрастанием скорости скольжения, а также явлений, возникающих при скольжении и качении трущихся поверхностей.

Дальнейшие исследования показали, что механическая и молекулярная теории порознь не в состоянии объяснить некоторые явления, связанные с трением.

Молекулярно-механическая теория трения была разработана советскими учеными профессорами И.В. Крагельским и Б.Д. Дерягиным в 1946 г. (рис.5). Согласно этой теории, трение обусловлено одновременно как механическим, так и молекулярным взаимодействием трущихся поверхностей.

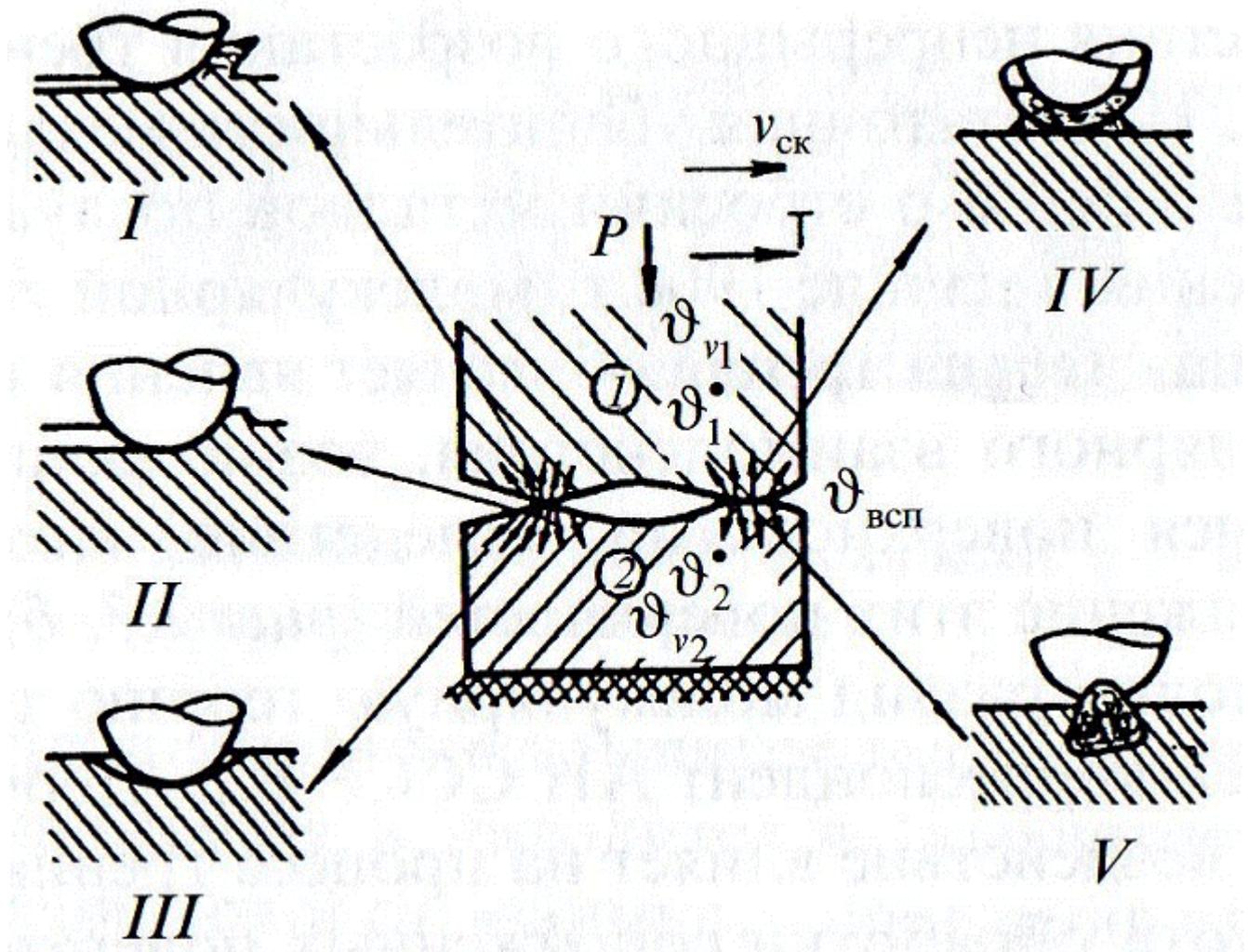


Рис.5. Виды фрикционного взаимодействия по И.В.Крагельскому и тепловая модель микроконтакта по А.В. Чичинадзе : I – срез материала II – пластичное оттеснение III – упругое оттеснение IV – схватывающая пленка V – схватывающая поверхность; 1 и 2 – контактирующие тела; P – нормальная нагрузка, $v_{ск}$ – скорость скольжения, ϑ_1 и ϑ_2 – объемные температуры тела 1 и 2.

Механическое взаимодействие происходит только на ограниченных микрообластях, составляющих, примерно, 0,0001—0,0002 фактической площади касания. На остальной же площади касания происходит молекулярное взаимодействие.

Сила трения определяется по формуле И.В. Крагельского:

$$T = T_{мех} + T_{моп} = \alpha S_{ф} + \beta p \quad (26)$$

где $T_{мех}$ — составляющая сила трения механического происхождения, Н; $T_{моп}$ — то же, молекулярного происхождения, Н; $\alpha S_{ф}$ — фактическая площадь контакта, $м^2$; p — удельное давление, $Н/м^2$; α и β — коэффициенты, определяемые опытным путем.

Анализ предложенной гипотезы позволил сформулировать и рассмотреть три последовательных и взаимосвязанных этапа процесса трения, а именно:

- 1) взаимодействие поверхностей с учетом влияния среды (на рис. показаны пять видов фрикционного взаимодействия);
- 2) изменение поверхностных слоев в результате взаимодействия с учетом влияния окружающей среды;
- 3) разрушение поверхностей (износ) вследствие двух предыдущих этапов.

Эта первая знаменитая триада И.В. Крагельского легла в основу многих последующих моделей при решении отдельных частных задач. Например, она хорошо дополняется триадой А.В. Чичинадзе, которая регламентирует следующие показатели трения и износа:

- свойства материалов пары трения и окружающей среды;
- микро- и макрогеометрию контактирующих элементов и коэффициент взаимного перекрытия;
- режим трения по нагрузке, по скорости скольжения, по начальной, текущей объемной и поверхностной температуре и градиенту температуры по координате и времени.

Из явлений, сопровождающих трение, отметим два, оказывающих наибольшее влияние на работоспособность подвижных сопряжений различных машин и оборудования:

- изнашивание контактирующих деталей подвижных сопряжений машин и оборудования;
- выделение теплоты в процессе трения.

Энергетическая теория трения, предложенная в 1952 г. советским ученым А.Д. Дубининым, рассматривает природу трения не как действие на трущиеся поверхности механических и молекулярных сил, а как энергетические процессы, подчиняющиеся не законам взаимодействия сил, а законам превращения энергии.

Энергетическая теория трения и износа базируется на физико-химических явлениях, возникающих в процессе движения тел, и эффекты, связанные с ними, могут быть различны. Так, при движении одного тела относительно другого происходит непрерывное скачкообразное превращение энергии поступательного движения тела в энергию волновых и колебательных движений части материальной системы, в результате чего возникают термоэлектронные, термические, акустические и другие явления. Качественно процесс трения хаотично характеризуется указанными физико-химическими явлениями, а количественно — механическим эффектом (коэффициентом и силой трения, износом поверхности и др.).

Особое место занимает жидкостное трение в условиях полной смазки поверхностей деталей, теоретические основы которой впервые разработал в 1883 г. выдающийся русский ученый Н.П. Петров, создавший гидродинамическую теорию трения. Дальнейшие исследования трения этого вида проводились отечественными учеными Н.Е. Жуковским, С.А. Чаплиным, Н.Е. Мерцаловым и др.

Гидродинамическая теория трения сводится к следующему. Процесс при жидкостном трении состоит из двух видов трений: внешнего (трение твердого тела о жидкость) и внутреннего (трения тонких слоев жидкости между собой).

Сила жидкостного трения, развивающаяся в подшипнике, работающем в условиях гидродинамической смазки, определяется по силе сопротивления между слоями масла, разделяющего поверхности. Поскольку между подшипником и валом создается масляный клин, трение между валом и подшипником заменяется трением между слоями масла. При этом допускается, что жидкость, разделяющая поверхности твердых тел, обладает такой липкостью, что ее слои, граничащие со смазываемыми поверхностями, остаются неподвижными относительно этих поверхностей.

Проф. П.П. Петров установил следующую зависимость силы жидкостного трения (H) цапфы вала $\vec{F}_{\vec{x}}$ нагруженной силой P :

$$F_{\text{ж}} = f_{\text{ж}} P, \quad (27)$$

где $f_{\text{ж}}$ — коэффициент жидкостного трения

$$F_{\text{ж}} = \frac{\eta v}{\left(h + \frac{\eta}{\lambda_1} + \frac{\eta}{\lambda_2}\right) p}, \quad (28)$$

где v — окружная скорость цапфы, м/с; h — толщина масляного слоя между цапфой и поверхностью вкладыша, м; η — коэффициент внутреннего трения смазки; λ_1 и λ_2 — коэффициенты внешнего трения; p — среднее удельное давление, Н/м^2 .

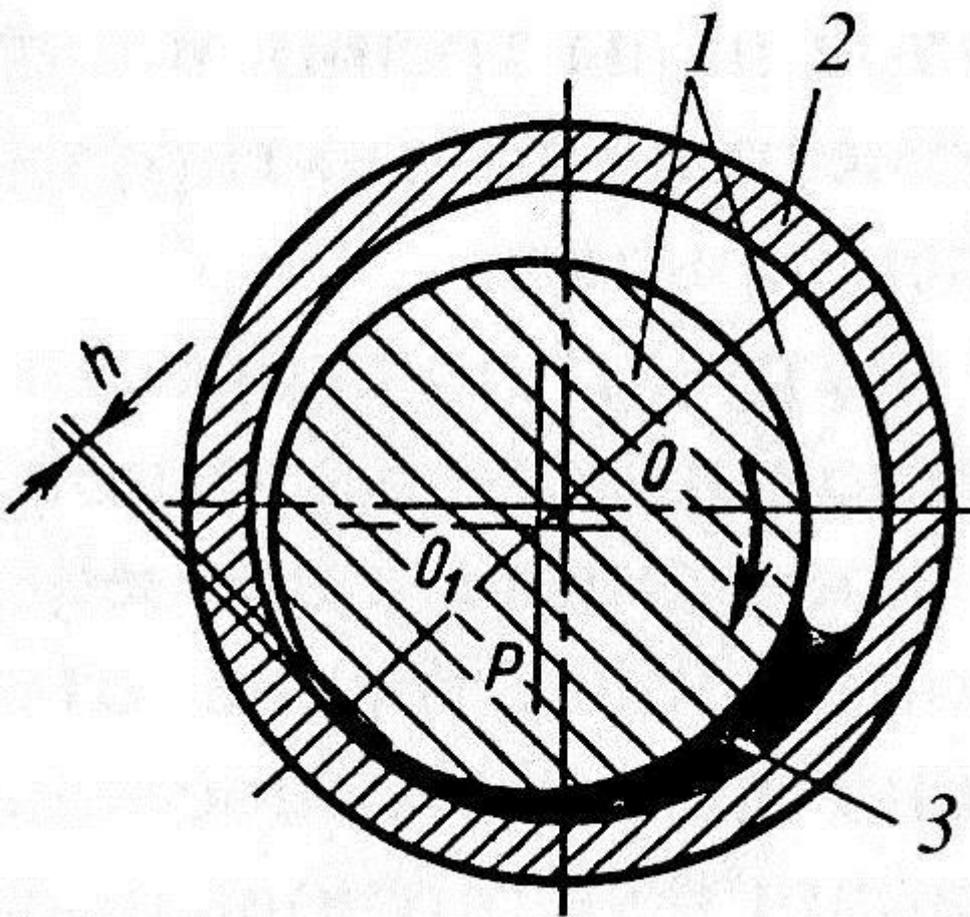


Рис.6. Схема образования несущей способности масляного слоя: 1 – шейка вала, 2 – подшипник (втулка), 3 – масляный клин; 0 – центр втулки, O_1 - центр шейки вала, h – толщина слоя смазки

Масляный клин (рис. 6), разъединяющий вал и подшипник в процессе движения, приподнимает вал вследствие того, что в нижней (более тонкой) части масляного клина давление резко возрастает. Вал устанавливается концентрично по отношению к внутренней поверхности подшипника и происходит полное разделение трущихся поверхностей.

Жидкостное трение имеет место, когда толщина слоя смазки в узком месте зазора h больше высоты неровностей приработанных поверхностей вала δ^v и подшипника $\delta^п$, остающихся после механической обработки, т.е. при $h > \delta^v + \delta^п$.

Из гидродинамической теории смазки жидкостное трение происходит при соблюдении соотношения между толщиной слоя смазки $k_{сма}$, м, и рядом показателей, характеризующих вязкость смазки, а также некоторых конструктивных размеров сопряженных деталей:

$$k_{сма} = \frac{n\eta d^2}{18,36\rho s C}, \quad (29)$$

где n — частота вращения вала, об/с; η — абсолютная вязкость, ; d — $H^* c/m^2$ диаметр шейки вала, м; ρ — удельная нагрузка на вал, H/m^2 ; s — зазор (разность диаметра подшипника и шейки вала), м; C — коэффициент длины подшипника,

$$C = (d+D)/l, \quad (30)$$

где l — длина подшипника, м.

При соблюдении данной закономерности детали будут работать в условиях жидкостного трения и изнашивание при установившихся режимах работы сопряженных деталей практически отсутствует.

В процессе работы машины (особенно при пусковых режимах) эта зависимость нарушается, и тогда жидкостное трение заменяется граничным или сухим, в результате чего происходит износ поверхностей деталей.

Нарушение зависимости, приведенной в формуле проф. Н.П. Петрова, характерно для машин с циклическим режимом работы (камнедробилки, экскаваторы, двигатели внутреннего сгорания и др.), а также при запуске машин после длительной остановки.

Классификация видов изнашивания

В процессе эксплуатации оборудование и его элементы, подвергаясь различным воздействиям, изменяются по состоянию, размерам и свойствам. Эти изменения могут протекать плавно (закономерное изменение) и скачкообразно (незакономерное изменение). Причины указанных изменений — явления изнашивания, оцениваемые по изменению геометрических размеров элементов машин, их массы или по каким-либо другим косвенным признакам (износ вследствие изменения формы без потери массы и др.).

Изнашивание — процесс, приводящий к изменению не только внешних, но и прочностных характеристик элементов машин, что постепенно уменьшает их надежность и ведет к отказам в работе.

Наиболее интенсивно процесс изнашивания протекает в сопряженных элементах машин, особенно при взаимном их перемещении. На рис. 7 представлены основные факторы, определяющие процессы изнашивания в машинах.



Рис. 7. Основные факторы, определяющие процессы изнашивания в машинах и оборудовании.

Износ— результат изнашивания, проявляющийся в виде отделения или остаточной деформации материала детали. Последствием износа, как правило, является нарушение сопряжений, кинематических связей и работы деталей данного узла или механизма в целом.

Изнашивание машин может быть *механическим, молекулярно-механическим, коррозионно-механическим, коррозионным.*

Механическое изнашивание происходит в результате механических воздействий и включает следующие виды изнашивания: абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, усталостное, кавитационное.

Абразивное изнашивание возникает в результате режущего и царапающего действия твердых частиц. Эти частицы, попавшие извне или отделившиеся (выкрошенные, состроганные и т.п.) от взаимосоприкасающихся и трущихся деталей, в значительной мере увеличивают их износ.

Гидроабразивное изнашивание возникает в результате воздействия твердых частиц, попавших в поток масляной жидкости, служащей смазкой между деталями.

Газоабразивное изнашивание возникает в результате воздействия твердых частиц, попавших между трущимися деталями с потоками газа.

Эрозионное изнашивание поверхностей деталей происходит в результате воздействия потоков жидкости или газа, содержащих чрезмерно мелкие твердые частицы или включения.

Газоабразивное изнашивание характерно для двигателей внутреннего сгорания, а эрозионное — для его частей: клапанной системы, распылителей форсунок, жиклеров карбюраторов и др.

Усталостное изнашивание возникает в результате повторного деформирования материала деталей. Оно возникает и развивается в наиболее напряженных, преимущественно рабочих, поверхностных слоях деталей вследствие длительного действия нагрузок, особенно переменных по значению и направлениям. При этом виде изнашивания причиной поломки деталей являются усталостные трещины, которые начинают развиваться в той части поверхности, где действуют растягивающие напряжения, и, как правило, от того места, где появились различного рода риски, забоины, отслоения.

Кавитационное изнашивание проявляется при относительном перемещении твердых тел в жидкостной среде. Чаще всего оно наблюдается в гильзах блока цилиндров, систем охлаждения и смазки двигателей внутреннего сгорания, лопастей масляного и водяного насосов и т.п.

Молекулярно-механическое изнашивание происходит в результате одновременного воздействия механических и молекулярных или атомарных сил. Взаимоприкасающиеся и трущиеся поверхности сопряженных деталей вследствие их неровностей и шероховатостей имеют контакты, через которые передаются значительные удельные нагрузки, поэтому возможны разрывы смазывающей пленки (масел, мазей), а при больших относительных скоростях перемещения поверхностей деталей возникает чрезмерный нагрев, приводящий к испарению смазывающей пленки масел или мазей и к схватыванию частиц соприкасающихся деталей. В дальнейшем происходит отрыв и разрушение мест схватывания деталей. При этом на одной из поверхностей образуется углубление, а на другой — выступ, т.е. происходит перенос металла с одной поверхности на другую.

Рассматриваемый вид изнашивания наблюдается в процессе приработки деталей и элементов машин.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении материалов, вступающих в химическое взаимодействие со средой (кислородом воздуха и другими газами). Под действием агрессивной окислительной среды на взаимодействующих и трущихся поверхностях деталей образуются пленки окислов, которые в результате механического трения снимаются, а поверхности, освободившиеся от этих пленок, снова окисляются и т.д., т.е. происходит процесс изнашивания. Примером является изнашивание деталей цилиндропоршневой группы двигателей вследствие наличия в среде таких агентов коррозии, как серная, сернистая и органические кислоты.

Наиболее значительное влияние на процесс изнашивания оказывают силы трения, вызывая механический и другие виды износа взаимодействующих поверхностей. Причем возникающее в результате трения изнашивание представляет собой целый ряд одновременно протекающих процессов: истирание, смятие, окисление и др.

Процесс **истирания** возникает при скольжении одной детали машины или ее элемента относительно другой. Это явление называется трением первого рода и происходит вследствие того, что соприкасающиеся поверхности, как правило, имеют неровности (шероховатости), препятствующие свободному перемещению (скольжению) одной детали по другой. Процесс истирания происходит тем интенсивнее, чем более шероховаты соприкасающиеся поверхности. Интенсивность изнашивания возрастает, если между соприкасаемыми поверхностями попадают абразивные или другие включения.

Процесс истирания возникает также при взаимном обкатывании поверхностей деталей машин под нагрузкой и при ударах. Это явление называется трением второго рода. Оно происходит вследствие того, что в результате обкатывания или ударов на поверхностях соприкасающихся деталей появляются микротрещины, а часто и макротрещины, с последующим развитием их в глубину и образованием тонкой пленки металла, которая в дальнейшем выкрашивается и отслаивается, в результате чего возникает так называемый износ при крупном разрушении. Причинами такого износа могут быть поверхностная усталость, а также структурные нарушения металла соприкасающихся поверхностей вследствие нагрева и ударов. Рассмотренный вид механического износа часто появляется на рабочих поверхностях зубчатых и червячных передач, подшипников качения, различных опорных устройств и т.п.

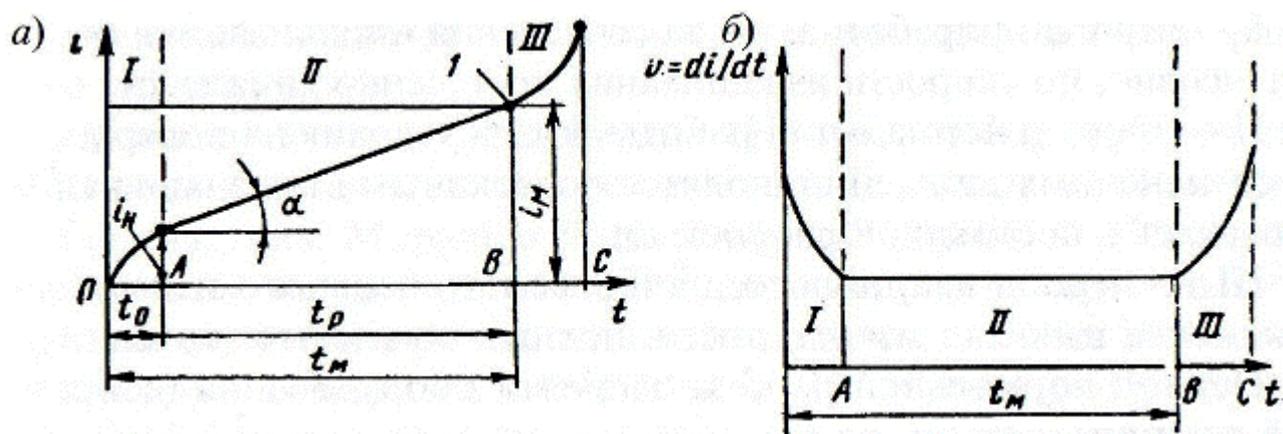


Рис.8. Изнашивание в сопряженных деталях: а — нарастание износа; б — скорость изнашивания

Коррозионное изнашивание — разрушение металлических частей машин под действием окружающей среды, особенно увлажненной. Разрушение при этом виде изнашивания начинается, как правило, с наружных поверхностей, постепенно проникая вглубь. Наиболее распространенный вид коррозии — ржавление, т.е. соединение металла с кислородом воздуха. В результате коррозии неокрашенные поверхности металлических частей машин сначала покрываются темным налетом, а затем глубокими (если не будут приняты необходимые меры) разъедающими изъянами, при этом металлические части приобретают губчатую непрочную структуру. Наибольшему поражению и износу в результате коррозии подвергаются детали машин с малым содержанием углерода. Интенсивность коррозии нарастает в присутствии ряда газов и жидкостей, содержащих кислоты и щелочи.

Различают два вида коррозионных процессов изнашивания: *химический* и *электрохимический*.

Химическая коррозия проявляется при воздействии кислорода воздуха и различных газов (углекислого, сернистого), а также жидкостей, не проводящих электрического тока (масел и мазей переработки нефти, различных смол). Интенсивность химического изнашивания деталей зависит от качества материалов, из которых они изготовлены, степени окисляемости при высоких температурах и условий работы (нейтральная или агрессивная среда и др.).

Электрохимическая коррозия возникает в средах, проводящих электрический ток, т.е. в электролитах — растворах солей, кислот, щелочей, а также во влажной атмосфере и почве.

Закономерность нарастания износа элементов оборудования, особенно в их сочленениях, выражается кривой, имеющей три четко выраженных участка, которые характеризуют периоды работы сочленений (рис. 8):

I— период приработки, когда сочленения изнашиваются очень интенсивно, но скорость изнашивания постепенно снижается;

II— период нормальной работы, когда условия на поверхности сочлененных деталей становятся постоянными, а изнашивание протекает с постоянной скоростью;

III— период аварийного, наиболее интенсивного изнашивания, когда износы (зазоры) достигают недопустимых значений.

Период нормальной работы элемента оборудования (сборочной единицы, детали, пр.):

$$t_M = \frac{t_0 + (i_M - t_H)}{tg \alpha}, \quad (31)$$

где t_0 — продолжительность приработки деталей; i_M — износ, соответствующий максимально допустимому износу (зазору) в сопряжениях деталей; i_H — износ, соответствующий окончанию приработки деталей; $tg \alpha$ — коэффициент, характеризующий темп скорости изнашивания деталей.

На темп изнашивания нормального периода эксплуатации влияют следующие основные факторы: условия работы — давление, характер нагрузок, относительные скорости, температуры и др.; свойства материалов, их изменяемость в работе; условия сопряжения, характер контакта сопряженных элементов, качество обработки материала, из которого изготовлены эти элементы; своевременность и качество технического обслуживания; соответствие применяемых топлив и смазочных материалов.

Кроме изнашивания возможны явления пластических деформаций элементов оборудования, возникающие вследствие недопустимых нагрузок на эти элементы.

Изменения в машинах и их элементах выражаются следующей функциональной зависимостью:

$$H_{\text{изн}} = f(F_{\text{эксп}} F_{\text{кон}} F_{\text{тех}} F_{\text{кв}}), \quad (32)$$

где $F_{\text{эксп}}$ — эксплуатационные факторы (характер и особенности производства работ, режимы использования машин, климатические условия и др.); $F_{\text{кон}}$ — конструктивные факторы (кинематические и динамические особенности машин, свойства материалов, из которых изготовлены их элементы, и др.); $F_{\text{тех}}$ — технологические факторы (вид материалов, из которых изготовлены элементы машин, способы и качество их обработки и др.); $F_{\text{кв}}$ — субъективные особенности и квалификация обслуживающего машины персонала (машинистов, слесарей, заправщиков и др.).

Износы в машинах и их элементах подразделяются на моральные и физические.

Моральный износ — снижение стоимости оборудования под влиянием технического прогресса.

Этот вид износа имеет две формы проявления. Моральный износ первой формы — обесценивание машин вследствие постоянного роста производительности труда в отраслях, выпускающих эти машины, а также изготавливающих для них изделия, материалы и т.п. Область распространения этой формы морального износа определяется темпами технического прогресса той отрасли народного хозяйства и связанных с ней отраслей, которые производят указанные машины или комплектующие для них изделия, материалы и т.п.

Потеря стоимости оборудования в связи с моральным износом первой формы:

$$C_{\text{изн}} = C_{\text{перв}} - C_{\text{вос}}, \quad (33)$$

где $C_{\text{перв}}$ — первоначальная стоимость оборудования, руб.; $C_{\text{вос}}$ — восстановительная стоимость машины или стоимость полного ее воспроизводства на момент физического износа с учетом появления более совершенных конструкций, руб.

Восстановительная стоимость оборудования через определенное время T :

$$C_{\text{вос}} = \frac{C_{\text{перв}}}{(1+p)^T}, \quad (34)$$

где $C_{ПЕРВ}$ — первоначальная стоимость машины, руб.; p — среднегодовой прирост производительности труда в отрасли и в связанных с ней отраслях, выпускающих указанный вид оборудования.

Моральный износ второй формы — обесценивание оборудования вследствие появления новой техники, т.е. аналогичных или близких к ним машин, но более совершенных конструкций. Показателем морального износа этой формы служит коэффициент снижения стоимости машин вследствие технического прогресса, выраженный в долях от первоначальной ее стоимости:

$$I_{МОР} = \frac{C_{ПЕРВ} - C_{ВОС}}{C_{ПЕРВ}}, \quad (35)$$

Физический износ возникает в результате механического молекулярно-механического и коррозионно-механического изнашиваний и складывается из износа конструктивных и неконструктивных элементов машин. Физический износ появляется как вследствие прямого действия машин и их элементов (износ в результате прямого действия машин), так и вследствие непрямого действия оборудования и отдельных его элементов (износ в результате бездействия оборудования — во время простоев, когда на них влияют атмосферные и другие неблагоприятные условия). Износ определяют в процентах: новые элементы в оборудовании (детали, сборочные единицы и др.) принимаются за 100 % годности, а изношенные, применение которых является невозможным, — за 100 % износа.

В стоимостном выражении физический износ оборудования определяется (% от стоимости воспроизводства):

$$I_{СТ} = \frac{C_{РЕМ}}{C_{ВОС}} 100 + a, \quad (36)$$

где $C_{РЕМ}$ — сметная стоимость ремонта оборудования, руб.; $C_{ВОС}$ — восстановительная стоимость оборудования или стоимость полного воспроизводства оборудования на момент физического его износа с учетом появления более совершенных конструкций, руб.; a — относительное значение остаточного износа, которое устанавливается из опытных данных ремонта подобного оборудования, %.

Ремонт оборудования целесообразен в том случае, если затраты на восстановление оборудования будут меньше затрат на приобретение нового, т.е. $C_{ВОС} < C_{НОВ}$, где $C_{НОВ}$ — стоимость нового оборудования. При этом нельзя не учитывать степени совершенства конструкции, соответственно, и технико-экономических показателей как старого, так и нового оборудования.

Общий износ оборудования вследствие физического и морального износов в долях от первоначальной стоимости:

$$I_{ОБЩ} = 1 - (1 - I_{СТ})(1 - I_{МОР}), \quad (37)$$

где $(1 - I_{СТ})$, $(1 - I_{МОР})$ — остаточные стоимости оборудования в долях от первоначальной стоимости вследствие физического и морального износов; $I_{СТ}$ — показатель физического износа оборудования в долях от стоимости ее воспроизводства; $I_{МОР}$ — показатель морального износа в долях от первоначальной стоимости.

Физический суммарный износ оборудования складывается из износов, вызываемых: нагрузками в процессе работы оборудования (I_1); нагрузками во время его

транспортирования (I_2); различными воздействиями при техническом обслуживании, ремонте, хранении (I_3):

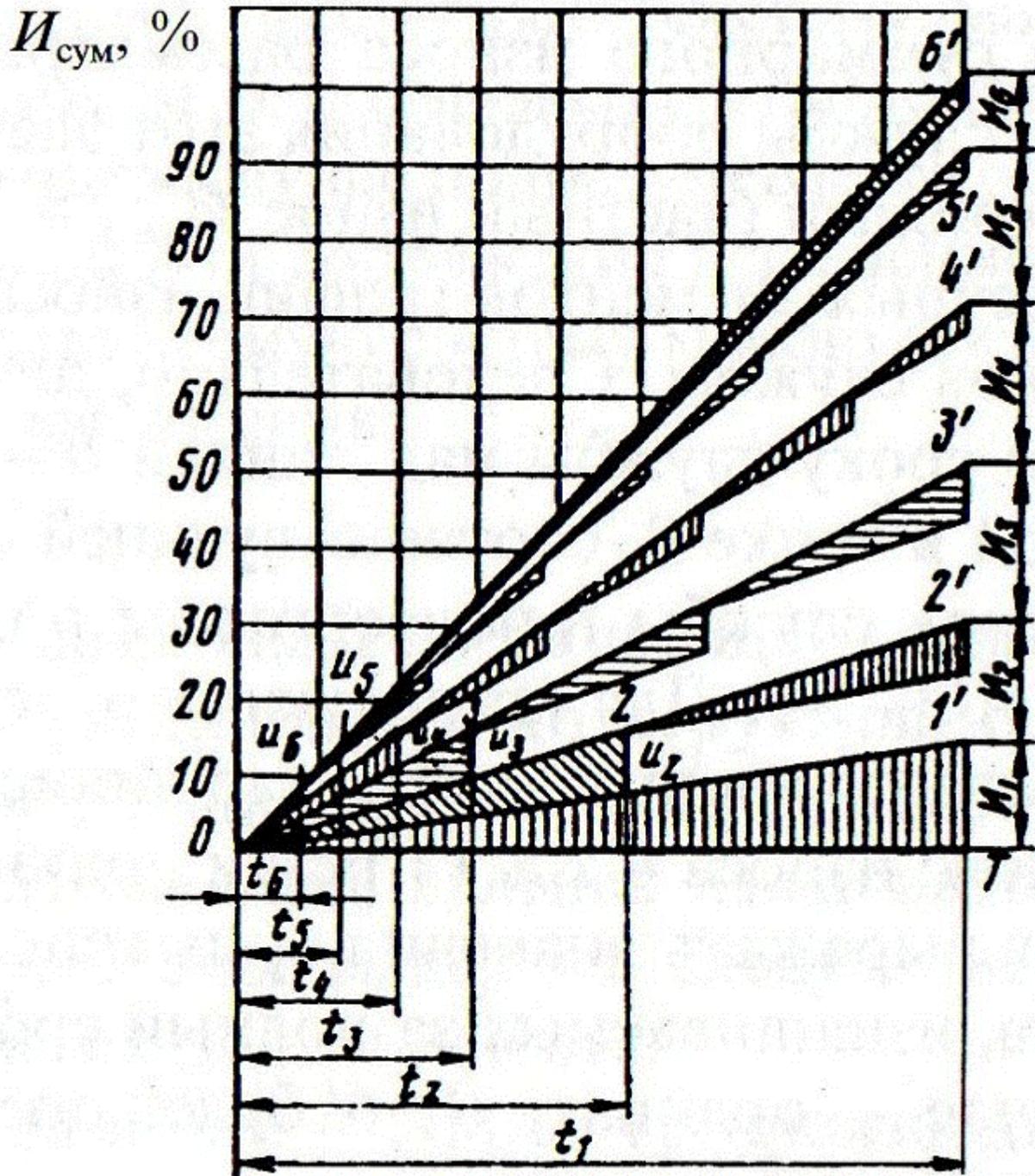


Рис.9 График суммарного износа машины, состоящей из элементов сменяемых или полностью возобновляемых в различные сроки службы (по укрупненным показателям)

$$I_{\text{сум}} = I_1 + I_2 + I_3, \quad (38)$$

Суммарный износ оборудования определяют двумя методами — аналитическим и графическим. Наиболее наглядным является графический метод.

По горизонтальной оси (рис.9) откладывают полный срок службы машины T (принимаемый по нормативным таблицам сроков службы), а по вертикальной оси — максимальный показатель суммированного износа $I_{\text{сум}}$. Сначала определяют износ основного несменяемого и невозобновляемого элемента оборудования (основной рамы, станины и т.п.) с абсолютным значением износа I_1 . Прямая линия, проведенная от начала координат до точки $1'$, представляет линию суммарного износа рассматриваемого элемента. К концу срока службы оборудования этот элемент за время t_1 будет полностью изношен (частный износ $I_{\text{част}} = 100\%$).

Для менее долговечных элементов график износа строят в порядке убывания сроков службы. Следовательно, для следующего элемента, второго по сроку службы над линией $0-1'$ строят линию $0-2$ с ординатой в точке 2 , соответствующей сроку службы t_2 . Этот элемент за срок службы t_2 подвергается полному износу дважды (линии $0-2$ и $2-2'$). Для последующего менее долговечного элемента, третьего по сроку службы, над линией $0-2$ строят линию $0-3$ суммарного износа и т.д. Отрезки ординат $1'-2'$, $2'-3'$, $3'-4'$ и т.д. будут выражать значения суммарного износа укрупненных элементов, изнашиваемых за полный срок службы машины. В данном случае — ордината $0-6'$ будет представлять линию суммарного износа всей машины.

Срок службы элементов машин принимают по результатам опытной проверки, данных испытаний или по нормативным справочникам.

При определении суммарного износа придерживаются следующего порядка: составляют перечень всех конструктивных и неконструктивных элементов машины; определяют срок их службы; подбирают конструктивные и неконструктивные элементы по группам, чтобы каждую из них можно было рассматривать как один укрупненный элемент; определяют срок службы и стоимость всех одновременно сменяемых или возобновляемых элементов каждой из указанных групп; составляют таблицу и рассчитывают суммарный износ на любой интервал использования машины или строят график износа по укрупненным показателям.

При определении срока службы или стоимости укрупненных элементов и периодичности их возобновления могут быть использованы данные о периодичности и средней стоимости соответствующего технического обслуживания и ремонта вместе со средней стоимостью сменяемых при этом запасных частей.

Факторы, влияющие на характер и интенсивность изнашивания деталей

Процесс изнашивания поверхностей деталей механизмов весьма сложен, так как он зависит от большого количества факторов, по-разному сочетающихся в конкретных условиях эксплуатации машин и оборудования. Для выявления полной совокупности факторов необходимо рассмотреть систему машина-оператор-внешняя среда-режим работы-эксплуатационные воздействия. Под машиной в данном случае подразумевается оборудование в целом, сборная единица или сопряжение в зависимости от цели исследования. Рассматриваемую систему можно представить в виде функционального выражения:

$$I = \varphi(\mathcal{E}, K, T, O), \quad (39)$$

где \mathcal{E} , K , T — символы, объединяющие группу факторов, соответственно, эксплуатационных, конструктивных, технологических; O — обозначает учет влияния субъективных особенностей оператора.

В результате анализа явления изнашивания элементов оборудования как системы выделены следующие основные факторы, определяющие их долговечность:

эксплуатационные— характер производимых работ; режимы использования оборудования; виды и периодичность технических управляющих воздействий; климатические условия работы; состояние смазочных материалов и рабочих жидкостей; состояние фильтрующих и уплотнительных элементов;

конструктивные— вид трения рабочих поверхностей; характер нагружения; концентрация напряжении; наличие защитных покрытий; наличие компенсаторов износа; кинематика и динамика работы механизма; соотношение материалов деталей сопряжения;

технологические— структура поверхностного слоя металла; методы обработки поверхности; наличие остаточных напряжений; качество сборки сопряжений; наличие технологических загрязнений (стружки, окалины и др.) в картерах и емкостях оборудования, показатели микрогеометрии поверхностей трения;

субъективные особенности оператора — уровень профессиональной подготовки (квалификация); антропометрические и психофизические данные (усилия, прикладываемые к рычагам управления, частота включения механизмов; быстрота реакции, утомляемость и др.).

Из эксплуатационных факторов наиболее важными являются характер производимых работ и режимы использования оборудования. От этих факторов зависят температурный, нагрузочный и скоростной режимы работы сопряжений, определяющие условия трения и изнашивания деталей. Управляющие воздействия: регулировочные, крепежные и смазочные операции, проводимые в процессе технического обслуживания, позволяют в значительной степени снизить отрицательное влияние агрессивных компонентов внешней среды и внутренних процессов, происходящих в элементах сопряжений, на долговечность машины. Поэтому от содержания и периодичности проведения технического обслуживания во многом зависит интенсивность изнашивания деталей машины. Это особенно важно для машин, работающих в сложных климатических условиях: при повышенной влажности или запыленности окружающей среды, при низкой или повышенной температуре окружающего воздуха.

Условия трения и изнашивания элементов сопряжений машин в значительной степени определяются соответствием смазочных материалов и рабочих жидкостей конструкции сборочных единиц и условиям эксплуатации. Поэтому при проведении технического обслуживания необходимо строго соблюдать рекомендации по применению основных марок смазочных материалов и рабочих жидкостей или их заменителей, оговоренных в инструкции по эксплуатации машины. Большое значение имеет также состояние топлив, смазочных материалов и рабочих жидкостей, применяемых в соответствующих системах оборудования. При выходе показателей состояния за установленные пределы необходимо заменить смазочный материал или рабочую жидкость.

Важнейшими конструктивными факторами, определяющими характер и интенсивность изнашивания элементов машин, являются кинематика и динамика работы механизма. От кинематики относительного перемещения рабочих поверхностей деталей сопряжения зависят вид трения и условия изнашивания. Динамика работы механизма обуславливает характер нагружения и формирования полей внутренних напряжений в материалах деталей. Соотношение материалов деталей сопряжения оказывает решающее влияние на их фрикционное взаимодействие и, таким образом, на долговечность оборудования.

Из технологических факторов основными являются *методы обработки поверхностей* и *качество сборки сопряжений*. **Метод обработки рабочих поверхностей** деталей определяет структуру материалов и их физико-механические свойства, наличие остаточных напряжений, микрогеометрию поверхностей трения. От **качества сборки сопряжений** зависит размерная точность механизма, а также количество технологических загрязнений в редукторах, коробках переключения передач, в баках гидросистем. Частицы стружки и окалины, попадая в зоны трения деталей, вызывают абразивное изнашивание поверхностей и значительно сокращают сроки службы сопряжений.

От субъективных особенностей и квалификации оператора существенно зависит интенсивность изнашивания элементов машин и техническое состояние оборудования. Своевременное и качественное проведение мероприятий ежедневного обслуживания машины квалифицированным

оператором является необходимым условием наиболее полной реализации уровня надежности, заложенного в конструкцию машины при ее проектировании и производстве.

Каждый из перечисленных выше факторов может быть в количественной форме оценен с помощью нескольких показателей. Для того чтобы представить зависимость износа от определяющих факторов в аналитической форме, необходимо выражение () переписать в развернутом виде

$$H = \varphi [v, p, t_{cp}, W_z, W, \xi, x, y, z, f, a, \lambda, h, S, t, C, S_H, S_{\Phi}, R, \theta, HB, m, \tau], \quad (40)$$

где v — скорость относительного перемещения трущихся поверхностей; p — давление на поверхность трения; t_{cp} — температура окружающей среды; W_z — запыленность, наличие абразивных частиц; W — влажность среды; ξ — зазор; x, y и z — основные линейные размеры деталей сопряжения; f — коэффициент трения; a — температуропроводность; S_H и S_{Φ} — номинальная и фактическая площади контакта рабочих поверхностей; λ — коэффициент теплопроводности; S — поверхность теплоотдачи; t — температура трущихся поверхностей; C — средняя теплоемкость материалов пары трения; h — толщина окисной пленки; R — высота микронеровностей; θ — угол наклона микронеровностей; HB — твердость поверхности; m — частота их — продолжительность включения механизма.

Однако при работе механизма изменяются и оказывают решающее влияние на интенсивность изнашивания не все факторы. Для выявления наиболее значимых, определяющих факторов проводят различные исследования: эксплуатационные, полигонные, лабораторные, экспертные.

Влияние каждого фактора на интенсивность изнашивания в различных условиях неравнозначно. Так, кислород воздуха оказывает решающее влияние на интенсивность разрушения поверхностей металлических деталей в условиях окислительного изнашивания, но в условиях трения в абразивной среде к числу значимых факторов не относится. Из общей совокупности можно выделить ряд факторов, влияние которых проявляется достаточно ярко при любом виде изнашивания. Рассмотрим основные из них.

$J, \text{ г/см} \cdot \text{см}^2$

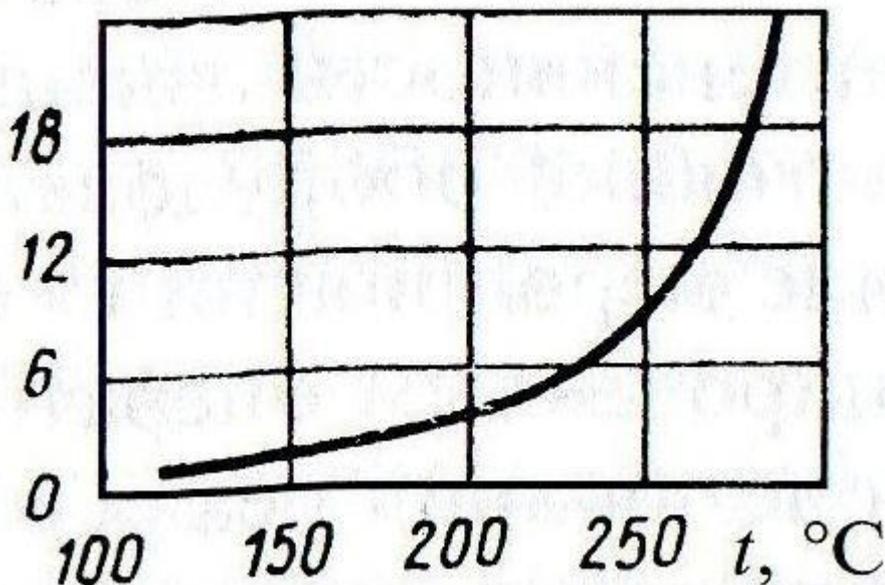


Рис.10. Зависимость интенсивности изнашивания манжетных уплотнений от температуры.

Влияние температуры поверхности трения. От температурного режима работы сопряжения зависит интенсивность изнашивания деталей. В процессе работы механизма значительная часть энергии расходуется на нагревание поверхностей трения. Процесс теплообразования при трении подробно описан в п. 2.4 и обусловлен конструкцией сопряжения (схема фрикционного контакта, условия теплоотдачи, материалы), режимом работы механизма, состоянием и количеством смазочного материала или рабочей жидкости, а также температурой окружающей среды.

Износ и интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей сопряжений для большинства материалов с возрастанием температуры увеличиваются. Это объясняется тем, что при значительном повышении температуры происходит нарушение правильности строения кристаллической решетки, в результате чего на поверхности металла образуются свободные узлы, способствующие схватыванию поверхностей. При одновременном воздействии нагрузки и температуры повышается подвижность атомов и вместе с тем возрастает вероятность схватывания с последующим повреждением поверхности.

Интенсивность изнашивания манжетных уплотнений быстро вращающихся валов зависит от температуры (рис.10). Аналогичное влияние повышение температуры оказывает и на интенсивность изнашивания металлических деталей. Зная зависимости $t = \varphi(\tau)$ и $J = f(\tau)$ (здесь τ — среднее время непрерывной работы) для определенного типа сопряжений, а также режим работы механизма, можно рассчитать среднюю интенсивность изнашивания деталей сопряжений и ориентировочную величину ресурса.

Влияние скорости относительного перемещения и нагрузки. В процессе работы сопряжения характер изнашивания деталей определяется сочетанием нагрузки и скорости (рис.11).

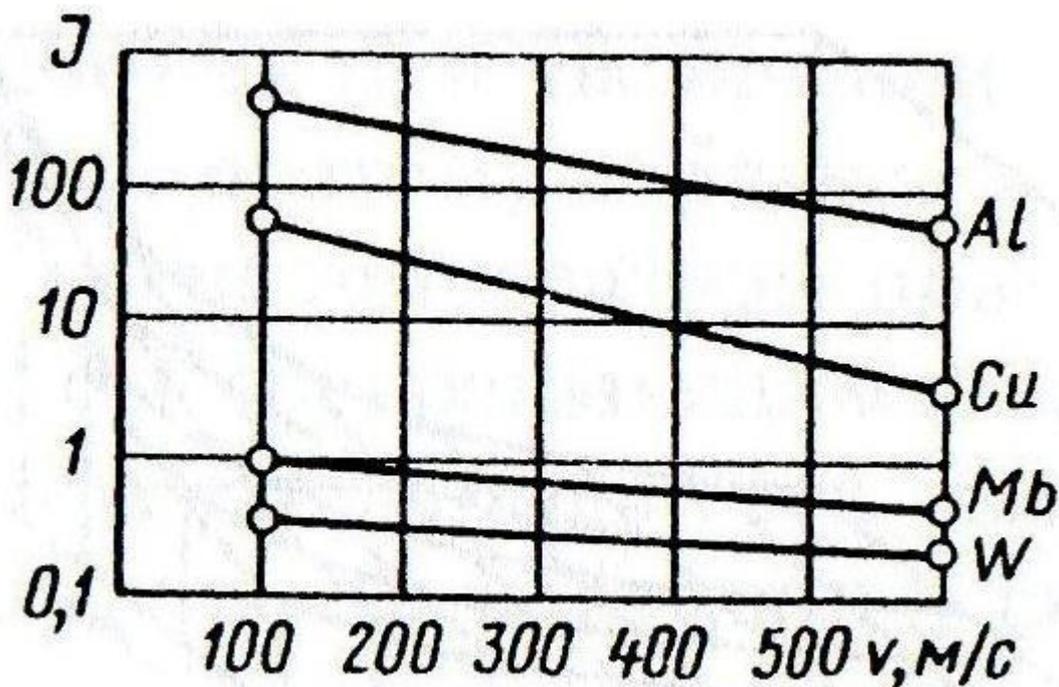


Рис.11. Зависимость интенсивности изнашивания от скорости относительного перемещения поверхностей.

В общем виде зависимость износа от этих факторов для сопряжения вал-подшипник описывается выражением:

$$H = A_1 p v f, \quad (41)$$

где A — параметр, характеризующий работу трения; p — нормальное давление; v — относительная линейная скорость перемещения поверхностей; f — коэффициент трения.

Если рассматривать влияние каждого из факторов на износ в отдельности, то получим, что наиболее сильное влияние оказывает давление. Влияние скорости сказывается в основном через изменение температуры. Коэффициент трения также изменяется при изменении температуры. Таким образом, основными факторами, определяющими характер изнашивания, являются нагрузка и температура.

На основании закона сохранения энергии получена зависимость линейного износа:

$$dH_s = A p^{\rho} dl, \quad (42)$$

где A' — коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала и характера нагружения; l — путь трения.

По И.В. Крагельскому, влияние давления на износ описывается в общем виде нелинейной зависимостью:

$$H = A' p^{1+\rho_1}, \quad (43)$$

где ρ — параметр микрогеометрии поверхности; ρ_1 — параметр кривой усталости.

Такая зависимость характерна и для металлических деталей, и для пластмасс, и для эластомеров (резины) (рис.12).

Одновременное воздействие нагрузки и температуры может привести к изменению физико-механических свойств поверхностных слоев материалов. Это ведет к схватыванию поверхностей и резкому возрастанию интенсивности изнашивания.

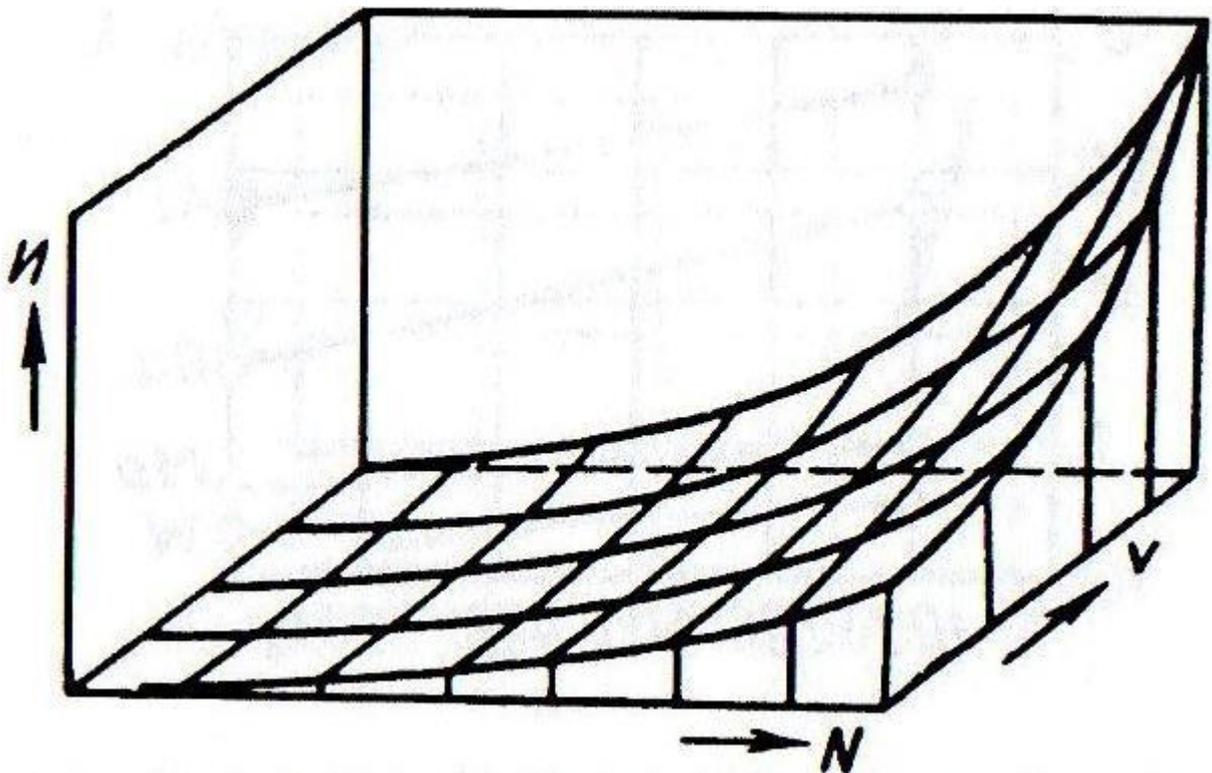


Рис.12. Изменения износа манжетных уплотнений быстровращающихся валов от нормальной нагрузки и скорости скольжения (по данным Г.А.Голубева)

При абразивном изнашивании пластмасс и эластомеров (например, натурального каучука) скорость изнашивания v_H находится в линейной зависимости от нормальной нагрузки, а при усталостном изнашивании скорость изнашивания возрастает.

Считается, что скорость скольжения не оказывает существенного влияния на изнашивание. Увеличение этой скорости вызывает повышение температуры поверхности трения, следствием чего является соответствующее изменение интенсивности изнашивания.

Экспериментальные исследования с целью выявления зависимости $I = \varphi(v)$ при $p = \text{const}$, $t = \text{const}$ показали, что влияние скорости на износ незначительно. Для чистых металлов (медь, алюминий, молибден, вольфрам) характерно некоторое снижение интенсивности изнашивания с увеличением скорости относительного перемещения поверхностей. Это вызвано уменьшением адгезионной составляющей силы трения. Кроме того, при повышении скорости скольжения возникают микроскопические пятна повышенной температуры. При малых скоростях температура этих пятен не оказывает влияния на свойства материала детали, так как теплота быстро отводится с поверхности трения. При повышении скорости относительного перемещения условия теплообмена ухудшаются, температура в тонких поверхностных слоях возрастает до температуры плавления металла. При очень высоких скоростях скольжения на поверхности деталей образуется микроскопический слой расплавленного металла, и процесс трения принимает характер сдвига жидкого слоя относительно твердой основы. В результате этого наблюдается снижение сил трения и интенсивности изнашивания. Для тугоплавких металлов (типа вольфрама) этот эффект проявляется меньше, поэтому меньше меняется J при увеличении скорости скольжения v .

В реальных механизмах при увеличении скорости скольжения возрастает температура, поэтому наблюдается увеличение износа. Например, при изменении температуры поверхности трения манжетных уплотнений быстровращающихся валов и усталостном характере изнашивания закономерности изменения износа и интенсивности изнашивания от нагрузки и скорости скольжения аналогичны.

Влияние структуры материала и качества поверхности. Одним из важнейших факторов, определяющих способность сопротивления материалов изнашиванию, является их структурное состояние, обеспечиваемое на стадии производства. Оптимальная износостойкость материалов обусловлена совокупностью свойств: физико-механических (высокое сопротивление сжатию, изгибу, значительные силы молекулярно-механического сцепления, большие твердость и вязкость при отсутствии хрупкости и др.) физических (большая теплопроводность, небольшие различия температурных коэффициентов расширения фаз и др.); физико-химических (высокая насыщенность и равномерность микрораспределения легирующих элементов сплавов, устойчивость против коррозии, химическая стабильность и др.).

Для обеспечения необходимой структуры материала детали проводят химико-термическую обработку, которую применяют:

- для увеличения твердости рабочих поверхностей деталей (цементация, азотирование, нитроцементация, борирование и др.) и сопротивления абразивному и эрозионному изнашиванию;
- для улучшения противозадирных свойств путем насыщения поверхностных слоев металла химическими соединениями, предотвращающими схватывание при трении (сульфидирование, селенирование, теллурирование и др.).

Одним из важнейших показателей физико-механических свойств материалов деталей является твердость. Установлено, что с увеличением твердости рабочих поверхностей металлических деталей их износостойкость повышается. Однако при упрочнении материала необходимо обеспечить выполнение правила положительного градиента механических свойств по нормали к поверхности, чтобы не допустить повреждения при схватывании и увеличить долговечность детали в условиях усталостного изнашивания.

Шероховатость рабочих поверхностей деталей, обеспечиваемая при их механической обработке, влияет на продолжительность приработки сопряжения, обуславливает характер взаимодействия

поверхностей при трении, а также вид и интенсивность изнашивания. Износ зависит не только от окончательной, но и от предварительной обработки рабочих поверхностей деталей. В зависимости от нагрузочного и скоростного режимов обработки детали изменяется структура материала поверхностного слоя, возникают остаточные напряжения, ускоряющие процесс разупрочнения и усталостного разрушения поверхности. Высота микронеровностей поверхности оказывает сложное влияние на интенсивность изнашивания (рис.13). При очень малых значениях R_z создаются благоприятные условия для схватывания и интенсивного молекулярно – механического изнашивания. С увеличением микронеровностей доля молекулярной составляющей силы трения убывает, но при этом возрастает механическая составляющая. В результате с увеличением R_z увеличивается износ поверхности. При больших значениях высот микронеровностей и относительно малой твердости противолежащей поверхности изнашивание может принять абразивный характер.

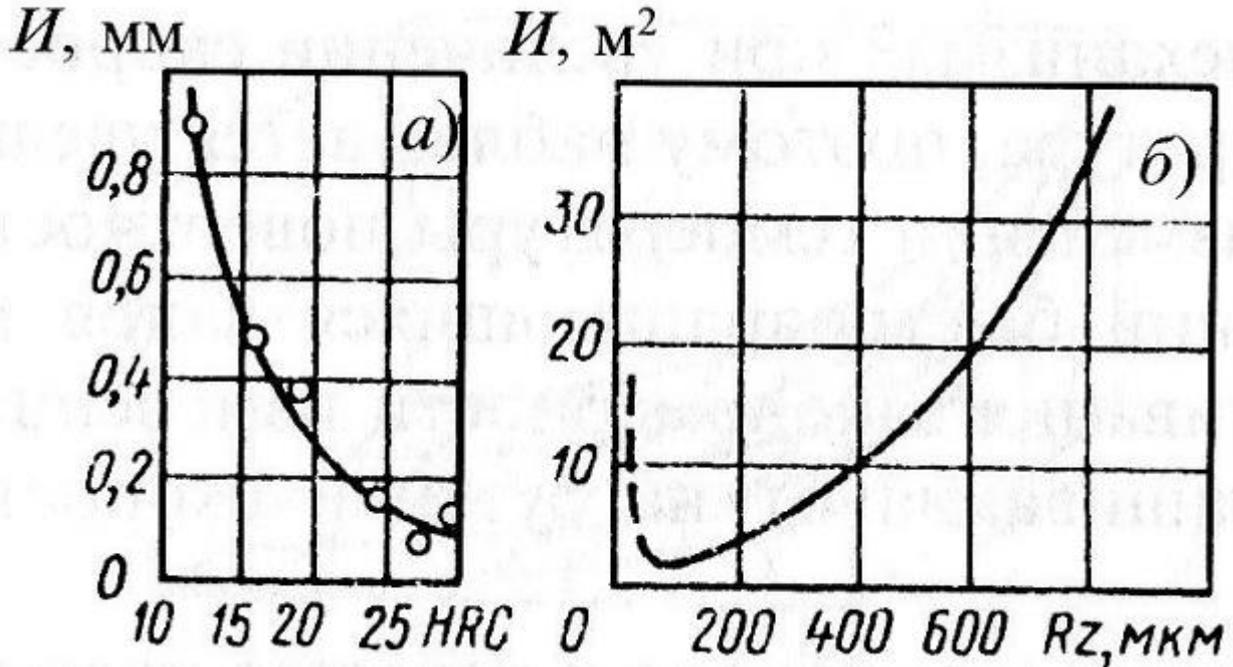


Рис.13. Зависимость износа втулок: а — от твердости материала (БрАЖН 10-4-4); б — от шероховатости рабочей поверхности (сталь 45)

Значительное влияние на износ деталей и, следовательно, на долговечность машины оказывает режим приработки. Большие нагрузки на поверхности деталей в период приработки приводят к вырывам гребешков, образованию новых впадин и интенсивному износу поверхности (рис.14), кривая 1). При очень малых на грузках процесс приработки протекает медленно, кривая 2), что снижает эффективность использования машины. Таким образом, существует оптимальный режим приработки, при котором износ поверхностей и время приработки будут невелики, а эффективность использования машины максимальна.

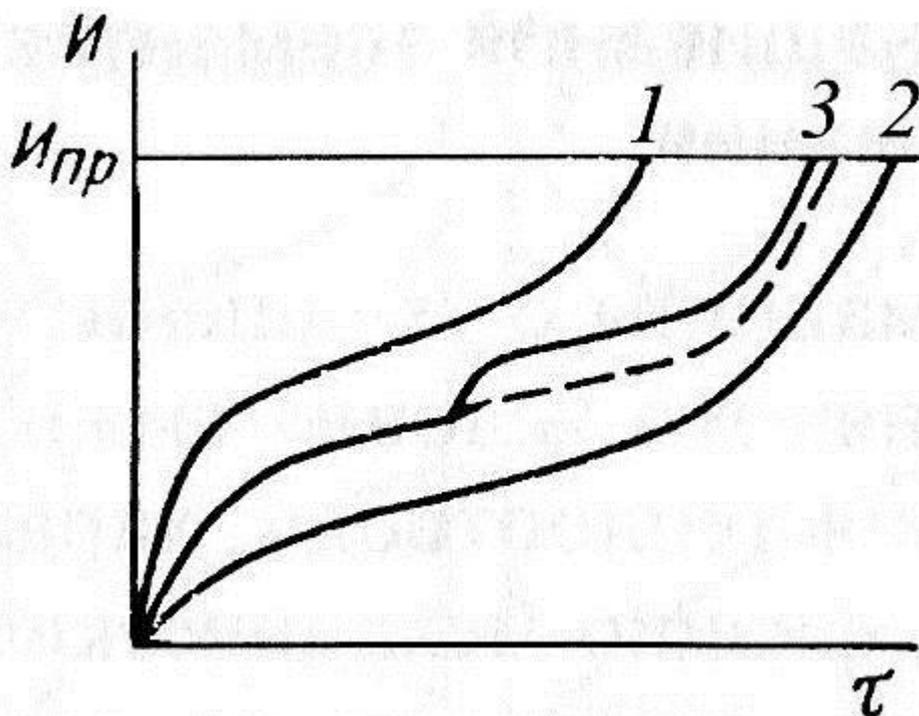


Рис.14. Графическая зависимость износа сопряжения в период приработки: 1 и 2 — соответственно, при больших и малых нагрузках; 3 — при повторной приработке

Влияние эксплуатационных факторов. Из множества эксплуатационных факторов существенное влияние на характер и интенсивность изнашивания элементов машины оказывают: вид, качество и количество смазочного материала; запыленность, характеризуемая концентрацией абразивных частиц в окружающей среде, влажность окружающей среды, а также периодичность и качество проведения операций технического обслуживания и ремонта машин.

Увеличение запыленности окружающей среды вызывает абразивное изнашивание деталей, отличающееся наиболее высокой интенсивностью.

Повышение концентрации воды в окружающей среде ведет к активизации коррозионных процессов разрушения элементов машин. Для защиты элементов машин от влияния влаги герметизируют сопряжения, применяют защитные покрытия и водостойкие смазочные материалы.

Периодичность и качество проведения операций технического обслуживания и ремонтов зависят от принятой на предприятии системы технической эксплуатации машин, а также от квалификации обслуживающего персонала. Большое значение при этом имеет наличие на предприятии диагностических средств и их номенклатура. Разборочно-сборочные операции при техническом обслуживании (ТО) и ремонтах вызывают резкое увеличение интенсивности изнашивания элементов сопряжения. Это является следствием нарушения установившейся равновесной шероховатости поверхностей деталей из-за изменения их взаимного положения и вызывает процесс повторной приработки (рис.14), кривая 3).

Для повышения долговечности оборудования после проведения текущего ремонта необходимо обеспечить его постепенное нагружение, что создаст благоприятные условия для приработки деталей.

Закономерности изнашивания элементов механического оборудования

В процессе работы машины с ухудшением ее технического состояния постепенно меняются условия смазки, динамический режим нагружения, условия теплоотвода, характер взаимодействия деталей в узлах трения, физико-механические параметры материалов деталей и показатели эксплуатационных свойств смазочных материалов и рабочих жидкостей. Поэтому закономерности изнашивания элементов машин во времени отличаются не только для различных узлов трения, но и для разных условий эксплуатации каждого узла.

Наибольшее распространение в качестве теоретической модели изменения износа сопряжения трения во времени получила закономерность, предложенная В.Ф. Лоренцом. Такой характер зависимости износа от времени справедлив для большого числа различных узлов трения, что и послужило основанием для широкого признания указанной кривой.

Однако невозможно ограничиться описанием закономерностей изнашивания всех сопряжений с помощью кривой одного типа. В результате анализа многочисленных экспериментальных исследований получена классификация возможных вариантов зависимости износа от продолжительности работы трущейся пары (рис.15).

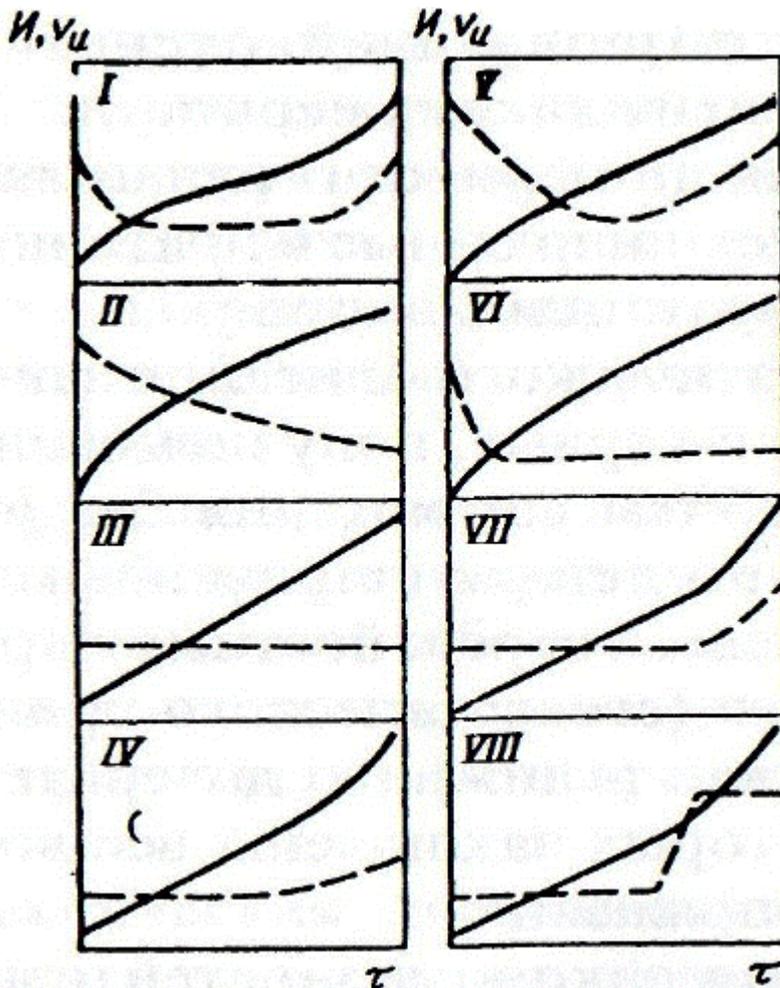


Рис. 15. Изменение износа I (сплошная кривая) и скорости $v_{из}$ изнашивания (штриховая кривая) во времени

График I изнашивания характерен для элементов подшипников скольжения. Графики закономерности II и IV соответствуют плунжерным парам гидронасосов и топливных агрегатов. Графики III, VII и VIII характеризуют абразивное изнашивание от фрикционных элементов тормозов и сухих муфт сцепления. Графики V—VI соответствуют изнашиванию некоторых шлицевых соединений. Наиболее часто для описания закономерности изнашивания элементов оборудования применяют выражение:

$$I(\tau) = a + b\tau^a, \quad (44)$$

где a и b — постоянные коэффициенты, зависящие от режима работы сопряжения.

Примерные значения показателя степени a для следующих сопряжений оборудования:

подшипники качения и скольжения 1,5

посадочные гнезда корпусных деталей 1,0

зубья (по толщине) шестерен 1,5

шлицы валов 1,4—1,5

валики, пальцы и оси 1,4

фрикционные элементы тормозов и муфт сцепления 1,0

Характер изнашивания и закономерность изменения износа во времени объясняются целым рядом неслучайных причин, действие которых нетрудно прогнозировать заранее. К таким неслучайным детерминированным причинам относятся: увеличение площади контакта деталей в процессе изнашивания, изменение физико-механических свойств материала детали по глубине, рост динамических нагрузок и ухудшение условий смазки по мере увеличения зазоров в сопряжениях и т.д. Зная характер изменения каждого из перечисленных факторов, можно построить ориентировочную кривую изнашивания сопряжения. Однако процесс изнашивания зависит еще и от целого ряда случайных факторов, к которым относятся: нестационарный режим работы машины, колебания свойств материалов деталей, смазочных материалов и рабочих жидкостей, воздействие окружающей среды и т.д. Характер изменения и степень воздействия этих факторов обычно трудно предвидеть заранее достаточно определенно. Поэтому процесс накопления износа деталями машин обладает большим рассеиванием. Для учета разброса значений износа необходимо провести вероятностный анализ изнашивания, позволяющий оценить влияние случайных факторов на развитие закономерности.

Для выявления закономерности изнашивания сопряжений проводят лабораторные, полигонные испытания, а также исследования в условиях эксплуатации машин.

Для полного математического описания закономерности изнашивания необходимо: во-первых, получить зависимость износа от продолжительности работы сопряжения без учета влияния случайных факторов, т.е. по детерминированным значениям факторов; во-вторых, определить вероятностные характеристики изнашивания как случайного (стохастического процесса) и с их помощью установить верхнюю и нижнюю доверительные границы — кривые, в пределах которых заключены все возможные реализации износа данного сопряжения.

Области применения закономерностей изнашивания сопряжений механического оборудования очень широки. Определение зависимости износа детали от времени необходимо для оценки ее ресурса, для расчета объема запасных частей, для планирования управляющих технических воздействий во время эксплуатации при прогнозировании надежности оборудования на стадии конструирования.

Организация и технология технического обслуживания и ремонта оборудования.

Система технического обслуживания и ремонта техники

Требования к техническому обслуживанию (ТО) и ремонту техники установлены Межгосударственным стандартом ГОСТ 15.601—98. Необходимым условием для поддержания в работоспособном состоянии техники является наличие системы ТО и ремонта техники (СТОИРТ), включающей: изделия-объекты ТО и ремонта; средства ТО и ремонта; исполнителей ТО и ремонта; документацию (конструкторскую, в том числе эксплуатационную и ремонтную, нормативную, организационную, технологическую и др.), устанавливающую требования к составляющим СТОИРТ и связям между ними.

Средства ремонта включают производственно-техническую базу и характеризуются производственной и организационной структурами.

Производственная структура предприятия отражает характер, функции, размеры и взаимосвязи производственных подразделений. *Организационная структура* средств ремонта предусматривает взаимодействие предприятий и производственных подразделений в соответствии с закрепленными за ними функциями, способы оценки выполнения функции и права, обеспечивающие возможность их выполнения.

Исполнители подразделяются на основных производственных и вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников, счетно-конторский и младший обслуживающий персонал.

Стратегия ремонта — это система правил, определяющих выбор решения о содержании, месте и времени выполнения ремонтных работ.

Нормативно-техническая документация содержит принципы, определения, методы и нормы, позволяющие наиболее эффективно решать задачи поддержания работоспособности оборудования.

В состав технологической документации на ремонт машин входят: Маршрутная карта (условное обозначение, шифр МК), операционная карта (ОК), Карта эскизов (КЭ), Технологическая инструкция (ТИ), Спецификация технологических документов (СТ), Комплектовочная карта (КК), Ведомость материалов (ВМ), Ведомость оснастки (ВО).

В состав нормативно-технической документации на ремонт входят Технические условия, состоящие из 2 частей: Технические условий на дефектацию деталей и Технические условий на сборку и испытание составных частей и машины в целом.

Карты Технические условий на дефектацию и ремонт деталей служат основанием для контроля и сортировки деталей на годные, требующие ремонта и выбраковки.

В Технические условия на сборку и испытание узлов содержатся величины зазоров и натягов в сопряжениях, допустимые при сборке, приводятся требования на сборку и испытание составных частей и машины в целом.

Поддержание оборудования в работоспособном состоянии обеспечивается планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта. Работы, предусмотренные планово-предупредительной системой, подразделяются на техническое обслуживание и плановые ремонты.

Плановый характер системы предусматривает плановое проведение ТО, что обеспечивает предупреждение аварийного отказа, а также помогает планировать интервал времени или наработку оборудования и его агрегатов до ремонта.

Предупредительный характер системы состоит в том, что она предполагает проведение ремонта составных частей (агрегатов) машин до наступления ускоренного изнашивания и предельного состояния агрегата.

Техническое обслуживание — это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Под операцией технического обслуживания в соответствии с ГОСТ 3.1109—82 понимают законченную часть технического обслуживания составной части изделия, выполняемую на одном рабочем месте исполнителем определенной специальности.

Под транспортированием понимают операцию перемещения груза по определенному маршруту от места погрузки до места разгрузки или перегрузки. В транспортирование самоходных изделий не включается их перемещение своим ходом.

Под ожиданием понимают нахождение изделия в состоянии готовности к использованию по назначению.

Техническое обслуживание содержит регламентируемые в конструкторской документации операции для поддержания работоспособности или исправности изделия в течение его срока службы.

В соответствии с действующими положениями о планово-предупредительном ремонте и эксплуатации оборудования предусматривается проведение следующих видов ТО и ремонтов: *ежедневное техническое обслуживание (ЕО), периодическое техническое обслуживание (ТО), периодическая проверка на точность и плановые ремонты — текущий (Т) и капитальный (К).*

Ежедневное техническое обслуживание включает контроль технического состояния, регулировку составных частей, проверку крепления деталей и устранение мелких неисправностей.

Периодическое (плановое) техническое обслуживание кроме работ, входящих в ежедневное техническое обслуживание, включает диагностику, регулировочные и крепежные работы, замену некоторых деталей, а также смазку составных частей согласно инструкции заводов-изготовителей.

Периодическое техническое обслуживание осуществляется дежурными слесарями, электриками и рабочими ремонтной бригады под руководством цехового механика.

Ремонт — это комплекс операции по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Под операцией ремонта в соответствии с ГОСТ 3.1109—82 понимают законченную часть ремонта, выполняемую на одном рабочем месте исполнителями определенной специальности.

В ремонт могут входить разборка, дефектовка, контроль технического состояния изделия, восстановление деталей, сборка и т.д.

Различают две основные разновидности стратегии ремонта: по наработке, когда объем разборки изделия и дефектации его составных частей назначается в зависимости от наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта, а перечень операций восстановления определяется с учетом результатов дефектации составных частей изделия; по техническому состоянию, когда перечень операций, в том числе разборка, определяется по результатам диагностирования изделия перед ремонтом, а также по данным о надежности этого изделия и однотипных изделий.

Опыт ремонта показывает, что замена элементов по наработке не обеспечивает высокой надежности и минимальных затрат на поддержание работоспособности оборудования из-за большой вариации наработок элементов до отказа. Замена по наработке, в зависимости от назначенной периодичности замены, может привести либо к значительному недоиспользованию

ресурса элемента, либо к его внезапному отказу. Избежать этого позволяет стратегия ремонта по техническому состоянию.

В зависимости от назначения, характера и объема выполняемых работ различают *текущий* и *капитальный* ремонты.

Текущий ремонт (Т) предназначен для обеспечения работоспособного состояния оборудования с ремонтом или заменой отдельных его агрегатов, узлов и деталей (кроме базовых), достигших предельного состояния. Текущий ремонт обеспечивает безотказную работу отремонтированных агрегатов, узлов и деталей на пробеге не меньшем, чем до ближайшего ТО. Сокращение времени простоя достигается применением агрегатного метода ремонта, при котором производится замена неисправных или требующих капитального ремонта агрегатов и узлов на исправные, взятые из оборотного фонда. Оборотный фонд необходимых деталей может создаваться как непосредственно на предприятии, так и при региональных центральных мастерских и ремонтных заводах.

Капитальный ремонт (К) оборудования, агрегатов и узлов предназначен для обеспечения назначенного ресурса машины и его составных частей путем восстановления их исправности и близкого к полному восстановлению ресурса и обеспечения других нормируемых свойств. При КР заменяют или восстанавливают любые узлы и детали, включая базовые.

По характеру постановки на ремонт различают *плановый* и *неплановый* ремонты.

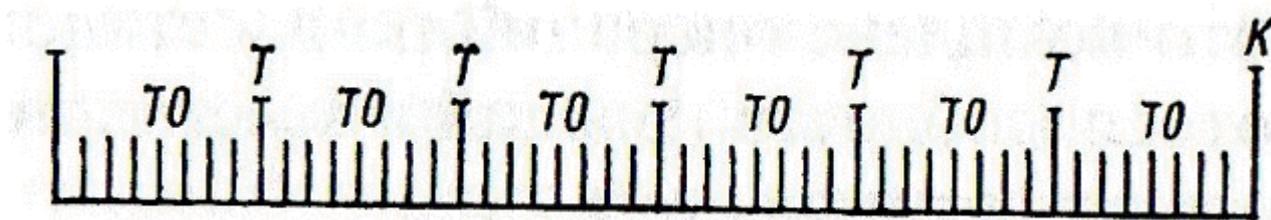


Рис.16.График структуры ремонтного цикла: ТО – техническое обслуживание (150 ч);Т – текущий ремонт (1200 ч); К – капитальный ремонт (7200 ч).

Плановый ремонт — ремонт, постановка на который осуществляется в соответствие с требованиями нормативно-технической документации.

Неплановый ремонт — ремонт, постановка на который осуществляется без предварительного назначения. Неплановый ремонт проводится с целью устранения последствий отказов.

По регламентации выполнения предусматриваются ремонты: *регламентированный* и *по техническому состоянию*.

Регламентируемый ремонт — плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, установленными в эксплуатационной документации, независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта.

Ремонт по техническому состоянию — ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленными в нормативно-технической документации, а объем и момент начала работы определяются техническим состоянием изделия.

Система технического обслуживания и ремонта предусматривает выполнение совокупности мер, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий в межремонтном периоде и ремонтном цикле.

В соответствии с ГОСТ 18322—78 установлены *межремонтный период* и *ремонтный цикл*.

Межремонтный период — промежуток времени между двумя последовательно проведенными одноименными ремонтами оборудования.

Ремонтный цикл — наименьший повторяющийся период эксплуатации оборудования (машины), в течение которого осуществляется и где в определенной последовательности установленные виды технического обслуживания и ремонта, предусмотренные нормативной документацией (рис. 16).

Планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования

Работа ремонтно-эксплуатационной службы предприятия ведется в соответствии с годовым планом-графиком технического обслуживания и ремонта оборудования.

Годовой план-график технического обслуживания и ремонта оборудования предприятия составляется на последующий год в конце текущего года отделом главного механика (энергетика) с привлечением начальника ремонтно-механического цеха, механиков (энергетиков) цехов, согласовывается с начальниками цехов, планово-производственным отделом и утверждается главным инженером предприятия.

В годовой план-график технического обслуживания и ремонта заносится все установленное действующее оборудование предприятия с указанием наименования типа или марки, инвентарного номера, ремонтносложности механической и электрической частей, сменности использования, ремонтного цикла и даты последнего проведенного капитального ремонта. В плане имеется график периодичности проведения технических обслуживании и ремонтов по каждой единице оборудования, количество технических обслуживании и ремонтов по видам (текущих, капитальных) в год отдельно для механической и электрической частей, общее время в норма-часах, необходимое для выполнения технического обслуживания и ремонта по видам работ (слесарные, станочные, прочие, всего) для механической и электрической частей.

Годовой план-график устанавливает сроки выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, определяет их трудоемкость, количество и позволяет распределить рабочих по ремонту и техническому обслуживанию оборудования по цехам в зависимости от его количества, сложности и спланировать равномерное распределение работ по месяцам и исполнителям.

В основу составления годового плана положено фактическое состояние оборудования, а также ремонтные нормативы, приводимые в действующих инструкциях и положениях по ППР.

Годовой план разрабатывается на основе данных о фактической наработке в часах на начало планируемого года со времени проведения соответствующего вида технического обслуживания, ремонта или с начала эксплуатации, а также планируемой наработки машины на год в часах.

На основании годового плана технического обслуживания и ремонта оборудования составляются месячные планы.

Месячные планы ремонта оборудования по цехам составляются в конце каждого месяца на последующий месяц отделом главного механика при участии цеховых механиков.

Расчет количества технических обслуживании и ремонтов оборудования на планируемый год подсчитывается по формуле:

$$K_{\text{ТОР}} = (H_{\text{ф}} + H_{\text{пл}}) / T_{\text{п}} - K_{\text{Б}}, \quad (45)$$

где $H_{\text{ф}}$ — фактическая наработка на начало планируемого года со времени проведения ремонта или с начала эксплуатации, ч; $H_{\text{пл}}$ — планируемая наработка на расчетный год, ч; $T_{\text{п}}$ — периодичность выполнения соответствующего вида технического обслуживания или ремонта,

ч; K_{EP} — число технических обслуживания и ремонтов с периодичностью, большей периодичности того же вида, по которому ведется расчет.

Расчеты по приведенной формуле должны производиться в следующей последовательности: капитальный ремонт, текущий ремонт, плановые технические обслуживания. Результаты расчета следует округлять до целых чисел в меньшую сторону.

Месяц года, в котором должен проводиться капитальный ремонт оборудования, определяется по формуле:

$$K_3 = 12(T_{EP} - H_{\Phi K}) / H_{EP}, \quad (46)$$

где T_{EP} — периодичность выполнения капитального ремонта, ч; $H_{\Phi K}$ — наработка машины от предыдущего капитального ремонта или с начала эксплуатации до начала планируемого года, ч.

Если при вычислении окажется, что $K_0 > 12$, то капитальный ремонт оборудования в планируемом году не производится и переносится на следующий год.

План ремонтно-механического цеха и электроцеха на очередной месяц разрабатывается на основании общего плана ППР по ремонту машин и агрегатов, изготовлению запасных частей, модернизации оборудования и других заказов предприятия.

Для учета планирования ремонтных работ необходимо знать трудоемкость их проведения.

Для предварительных подсчетов объема ремонтных работ оборудование делится на группы (категории) ремонтной сложности, учитывающие степень сложности и ремонтные особенности машин. Чем сложнее оборудование, больше его основные размеры и выше требуемая точность или качество выпускаемой продукции, тем выше категория сложности его ремонта. Группа ремонтной сложности показывает, какое количество условных ремонтных единиц содержится в полной трудоемкости данной машины.

Таблица 1. Трудоемкость работ условной единицы ремонтной сложности по ТО и ремонту механического (K_M), электротехнического (K_3) оборудования для промышленного сборного железобетона

Виды работ	Виды работ, чел.-ч						Всего	
	слесарные		станочные		сварочные и прочие			
	K_M	K_3	K_M	K_3	K_M	K_3	K_M	K_3
Техническое обслуживание	0,55	—	0,05	—	0,4	—	1,0	—
Текущий ремонт	3,8	1,3	1,0	0,6	1,2	0,1	6,0	2,0
Капитальный ремонт	30,0	10,0	9,0	1,6	11,0	0,4	50,0	12,0

Количественной характеристикой сложности ремонта конкретных моделей оборудования служит трудоемкость их капитального ремонта ($Q_{\text{к}}$).

Нормы трудоемкости условной единицы ремонтной сложности в разных отраслях промышленности строительных материалов различны, что объясняется спецификой оборудования и условиями его работы. Так, в асбестоцементной промышленности в качестве эталонного агрегата принята листоформовочная машина СМ-943, ремонтная сложность которой составляет 66 единиц при единице трудозатрат, равной 35 чел. - ч в условной единице ремонтной сложности механической части, 65 % трудоемкости приходится на слесарные и прочие работы и 35 % — на станочные работы.

В промышленности сборного железобетона одна условная единица ремонтной сложности механической части технологического оборудования на капитальный ремонт принимается равной 50 чел. - ч.

Группа ремонтной сложности оборудования заводов промышленных строительных материалов приводится в отраслевых положениях ППР.

Трудоемкость условной единицы ремонтной сложности оборудования сборного железобетона для различных ремонтных работ приводится в табл. 1.

Общая трудоемкость ремонта (чел. - ч) какой-либо машины с учетом ремонта ее электрооборудования:

$$Q_{\text{к}} = K_{\text{м}} * r_{\text{м}} + K_{\text{э}} * r_{\text{э}} \quad (47)$$

где $K_{\text{э}}$ и $K_{\text{м}}$ — трудоемкость условной единицы ремонтной сложности механического и электротехнического оборудования, чел-ч; $r_{\text{э}}$ и $r_{\text{м}}$ — группы ремонтной сложности механического и электротехнического оборудования.

Таблица 2. Нормы простоя оборудования на одну условную единицу ремонтной сложности (сут.)

Виды работ	Технологическое, подъемно-транспортное оборудование			Электротехническое оборудование		
	работа ремонтной бригады при количестве смен					
	1	2	3	1	2	3
Текущий ремонт	0,22	0,12	0,09	0,12	0,07	0,05
Капитальный ремонт	0,87	0,47	0,36	1	0,54	0,41
Проверка на точность	0,10	—	—	—	—	—

Продолжительность простоя машин при ремонте зависит от трудоемкости ремонта, состава и квалификации ремонтной бригады, технологии ремонта и уровня организационно-технических мероприятий. Норма простоя (сут.) оборудования при ремонте (при пятидневной рабочей недели с двумя выходными):

$$m_3 = N * r, \quad (48)$$

где N — норма простоя оборудования, определяемая по табл.2; r — группа ремонтной сложности механической или электротехнической части оборудования.

На заводах промышленности строительных материалов руководство всеми мероприятиями по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии и их осуществление возложены на отдел главного механика (ОГМ) завода. Этот отдел координирует и направляет работу всех отделов и служб завода по разработке месячных, квартальных и годовых планов ремонта оборудования, разрабатывает мероприятия по их осуществлению и обеспечивает контроль за их выполнением. Кроме того, отдел главного механика выполняет работы по механизации и автоматизации технологического процесса производства, модернизации старого и монтажа нового оборудования.

На заводах, имеющих большое энергетическое хозяйство, организуется самостоятельный отдел главного энергетика, в ведении которого находятся энергетическое бюро, энергетические цехи (электро-, паро-, воздухо- и водоснабжение), собственная электроподстанция и группа надзора за контрольно-измерительными приборами. На крупных предприятиях эксплуатация и ремонт зданий и сооружений проводятся отделом капитального строительства (ОКС), в ведении которого находится ремонтно-строительный цех. Однако на большинстве заводов промышленности строительных материалов ремонтно-строительный цех также находится в ведении отдела главного механика завода.

Отдел главного механика (энергетика) включает в свой состав:

- а) технический аппарат отдела (бюро ППР или техническое бюро);
- б) ремонтно-механический цех или производственный участок по ремонту оборудования;
- в) электроремонтный цех или производственный участок по ремонту электрооборудования;
- г) трансформаторные подстанции и распределительные устройства;
- д) котельные или силовые (ДВС) установки;
- е) компрессорные и насосные станции;
- ж) участки по ремонту систем отопления, водопровода, канализации и воздухопроводов;
- з) службы механиков цехов или участков по ремонту оборудования;
- и) склады запасных частей и оборудования.

Отдел главного механика подчиняется непосредственно главному инженеру завода.

Бюро плано-предупредительного ремонта оборудования занимается организацией всех видов ремонта на заводе, включая подготовку работ по монтажу нового оборудования. Оно планирует ремонт оборудования и руководит его организацией, осуществляет контроль за технической эксплуатацией оборудования, организацией технического обслуживания, созданием оборотного фонда запасных деталей и узлов. Кроме того, бюро занимается учетом оборудования, осуществляет контроль за эксплуатацией и состоянием грузоподъемных машин, аппаратов, работающих под давлением, и предъявляет их для проверки органам надзора.

Техническое бюро занимается составлением технической документации, необходимой для выполнения ремонтных работ, — альбомов запасных частей, технологических карт на ремонт и изготовление деталей, а также разрабатывает чертежи по модернизации оборудования.

На некоторых заводах промышленности строительных материалов в ОГМ отсутствует техническое бюро и эти функции возложены на заводской технический отдел.

Ремонтно-механический цех (РМЦ) завода является производственной базой, обеспечивающей техническое обслуживание и проведение ремонта оборудования.

В зависимости от величины предприятия и типа производства руководство завода устанавливает метод организации ремонта оборудования — *централизованный, децентрализованный и смешанный*. Метод организации ремонта оборудования выбирают в зависимости от его категории и мощности, характера и вида оборудования, мощности ремонтной базы, штатов и квалификации ремонтного персонала.

Централизованный метод ремонта — все виды работ по ремонту и монтажу оборудования, а в остальных случаях и межремонтное (техническое) обслуживание выполняются силами ремонтно-механического цеха. В этом цехе организуются ремонтные бригады во главе с бригадиром, за которым закрепляются участки с оборудованием для выполнения ТО и ремонта оборудования. Централизованный метод ремонта применяют на предприятиях с большим количеством однотипного оборудования.

Децентрализованный метод ремонта — все виды плановых ремонтов, а также техническое обслуживание, производятся ремонтными рабочими цехов (цеховые ремонтные базы) под руководством механика цеха. Ремонтно-механический цех занимается изготовлением запасных деталей, не поступающих в централизованном порядке; восстановлением деталей, требующих применения специальной технологической оснастки и оборудования; капитальным ремонтом отдельных сложных агрегатов и машин. Децентрализованный метод ремонта применяют на заводах промышленности строительных материалов с большим количеством разнотипного оборудования.

Смешанный метод ремонта — техническое обслуживание и текущие ремонты, как и при децентрализованном методе, производятся ремонтной цеховой бригадой под руководством цехового механика, капитальный ремонт — силами ремонтно-механического цеха или с привлечением специальных сторонних ремонтных организаций. Капитальный ремонт машин иногда целесообразно проводить силами ремонтно-механического цеха совместно с цеховой ремонтной бригадой. Этот метод широко применяют на заводах промышленности строительных материалов.

В некоторых отраслях промышленности строительных материалов капитальные ремонты осуществляют специализированные ремонтные предприятия. Ремонтно-механические цехи заводов осуществляют ремонт и восстановление узлов и деталей, а также изготовление запасных деталей и обменных узлов для ремонта оборудования. Кроме того, в этих цехах проводится демонтаж и монтаж действующего оборудования при межцеховых перемещениях, а также изготавливается нестандартное оборудование для нужд завода.

Ремонтно-строительный цех промышленного предприятия обеспечивает ремонт зданий и сооружений, изготовление лесов и настилов при ремонте и монтаже оборудования, ремонт инвентаря, сооружение и ремонт фундаментов под оборудование и другие строительные работы.

Внешний уход за оборудованием

Технологический процесс технического обслуживания оборудования состоит из совокупности операций (диагностирование, регулировка, смазка и др.), осуществляемых одним или несколькими рабочими.

Для обеспечения безотказной и долговечной работы оборудования, а также сокращения затрат на производство работ существенным является внешний уход.

Внешний уход за оборудованием — обязательное мероприятие, проводимое при техническом обслуживании, которое состоит из следующих основных операций: очистка от рабочей смеси, уборка рабочего места, очистка и мойка основных сборочных единиц оборудования.

В зависимости от геометрических особенностей оборудования его наружные части моют ручным или механическим способами. Техническое обслуживание в большинстве случаев осуществляется непосредственно на рабочем месте.

Крепежные работы

Надежная работа оборудования во многом зависит от регулярного контроля за состоянием крепежных деталей и своевременного подтягивания ослабленных соединений деталей. Необходимость крепежных работ возникает в связи с тем, что под влиянием сотрясений и рабочих нагрузок затяжка болтовых соединений ослабляется, а следовательно, снижается надежность крепления отдельных деталей машин. Снижение первоначальной затяжки зависит от многих причин — самоотвинчивания, смятия рабочих поверхностей, невысокого качества изготовления болтов и гаек и т.д.

Крепежные работы при техническом обслуживании являются наиболее многочисленными и трудоемкими операциями. Основная задача этих работ — сохранение стабильности предварительной затяжки соединения.

Выполняя крепежные работы следует иметь в виду, что при периодическом подтягивании соединения на поверхности резьбы и стыка крепежных деталей может создаваться напряжение, превышающее нормальное; кроме того, возможно взаимное смещение рабочих поверхностей. В результате происходят остаточная деформация, смятие и приработка сопряженных поверхностей, что в свою очередь приводит к снижению стабильности соединения. Учитывая это, следует подтягивать лишь фактически ослабленные соединения. При техническом обслуживании крепежные работы заключаются в наружном осмотре внешнего состояния крепежного соединения, подтягивании соединения и в установлении новых деталей резьбовых соединений вместо пришедших в негодность.

Усилие затяжки зависит от условий работы, материала и размеров крепежных деталей. В табл. приведены средние величины крутящих моментов затяжки ($M_{кр}$) резьбовых соединений, изготовленных из стали марок 30—45.

Ослабление затяжки создает условие для ударной нагрузки, вызывающей смятие поверхностей резьбы. При этом болт или шпилька начинают работать на срез, что может вызвать разрушение крепежного соединения и выход из строя агрегата или всей машины.

В зависимости от конструкции крепежные соединения можно разбить на три группы:

- соединения, требующие систематической проверки, от которых зависит безопасность движения или работы машины;
- соединения, обеспечивающие прочность - они несут силовую нагрузку, связанную с работой механизмов и агрегатов, или нагрузку от массы прикрепленной детали и возможных сил инерции;
- соединения, обеспечивающие плотность и не допускающие утечки газов и воздуха.

Последовательность выполнения крепежных работ зависит от конфигурации соединяемых деталей и расположения крепежных элементов. Например, гайки крепления болтового соединения подтягивают поочередно диаметрально расположенными крепежными деталями.

Некоторые ответственные резьбовые соединения должны иметь определенную силу затяжки; величину крутящего момента затяжки приходится ограничивать во избежание срыва резьбы, поломки болтов или шпилек. В таких случаях стоит пользоваться динамометрическими ключами, с помощью которых можно обеспечивать необходимую величину крутящего момента.

Таблица. 3. Крутящие моменты затяжки крепежных резьбовых соединений из стали марок 30-45.

Номинальный диаметр резьбы, мм	6	8	10	12	14	16	18—20	22	24
Крутящий момент $M_{кр}$, Нм	6—8	14—17	30—35	55—60	80—90	120—140	160—190	230—270	300—350

Если отсутствуют указания завода-изготовителя о нормах затяжки, их ориентировочное значение можно получить расчетом. Как показала практика, если амплитуды колебания внешней нагрузки велики, усилия затяжки этих соединений лучше определять, исходя из расчетного предела выносливости (усталости) на растяжение при знакопеременной нагрузке по формуле:

$$P_3 \approx (0,75 - 0,85) \sigma_{-1} \frac{\pi d^3}{4} * (0,45 - 0,55) \sigma_{-1} d_0^2, \quad (49)$$

где d — внутренний диаметр резьбы болта, см; d_0 — наружный (номинальный) диаметр резьбы, см; σ_{-1} — предел усталости в Н/см².

Для нагрузок, которые по характеру более близки к статическим, в расчете по формуле вместо σ_{-1} следует применить предел текучести σ_T .

Контрольно-регулирующие работы

В процессе эксплуатации оборудования происходит постепенное изменение технического состояния их соединений, узлов и агрегатов. В частности, вследствие износа увеличиваются или уменьшаются зазоры в сопряжениях, изменяются физико-химические свойства материалов и т.д.

На величину износа оказывает влияние значительное количество разнообразных факторов, к основным из которых следует отнести условия работы, климатические условия, возраст машины, качество технического обслуживания и ремонта, возможные отклонения в качестве деталей и применяемых материалов и др. Указанные обстоятельства определяют неравномерность значений износа для различных механизмов. Восстановление начальной величины зазоров или их изменение в связи с износом деталей или новыми условиями работы осуществляется регулировкой.

Выполнению регулировочных работ предшествует контроль состояния механизма, когда устанавливается необходимость в выполнении регулировочных работ и их объем. Одновременно с контрольно-регулирующими работами устраняются мелкие дефекты и неисправности регулируемого механизма.

При выполнении регулировочных работ возникает необходимость в установлении исходного зазора между деталями механизма. Правильно выбранные исходные зазоры в сопряженных деталях регулируемых механизмов оборудования в значительной мере влияют на их долговечность и нормальную работу.

Подшипники скольжения. Контроль за состоянием подшипников скольжения заключается в проверке величины зазора между валом и подшипником. Постепенное увеличение зазоров в процессе эксплуатации вызывает необходимость в выполнении регулировочных работ.

Радиальные зазоры между шейкой вала и вкладышем проверяют, проворачивая вал при установленных между ним и верхней половиной вкладыша калиброванных латунных пластинках. Если по условиям работы требуются большие зазоры, их размер определяют при проворачивании вала по степени деформации свинцовой проволоки, установленной между шейкой вала и вкладышем. Для регулирования радиального зазора в разъемных подшипниках предусмотрена установка прокладок между корпусом и крышкой. Их применяют в виде комплектов отдельных пластин толщиной 0,05...0,8 мм. Осевые зазоры в узлах с подшипниками скольжения, которые должны составлять 0,1...0,8 мм, проверяют щупом или индикатором при отдельных осевых перемещениях вала.

Подшипники качения. В подшипниках качения радиальные зазоры проверяют после установки колец на вал и в корпус. Проверку осуществляют на отсутствие качки; кроме того, при проворачивании вручную подшипник должен вращаться легко и плавно. Осевые зазоры регулируют за счет смещения одного кольца относительно другого, при этом необходимо проворачивать кольцо с телами качения для правильной их самоустановки. Кольца упорных подшипников, напрессованные на вал, проверяют с помощью индикатора на осевое биение.

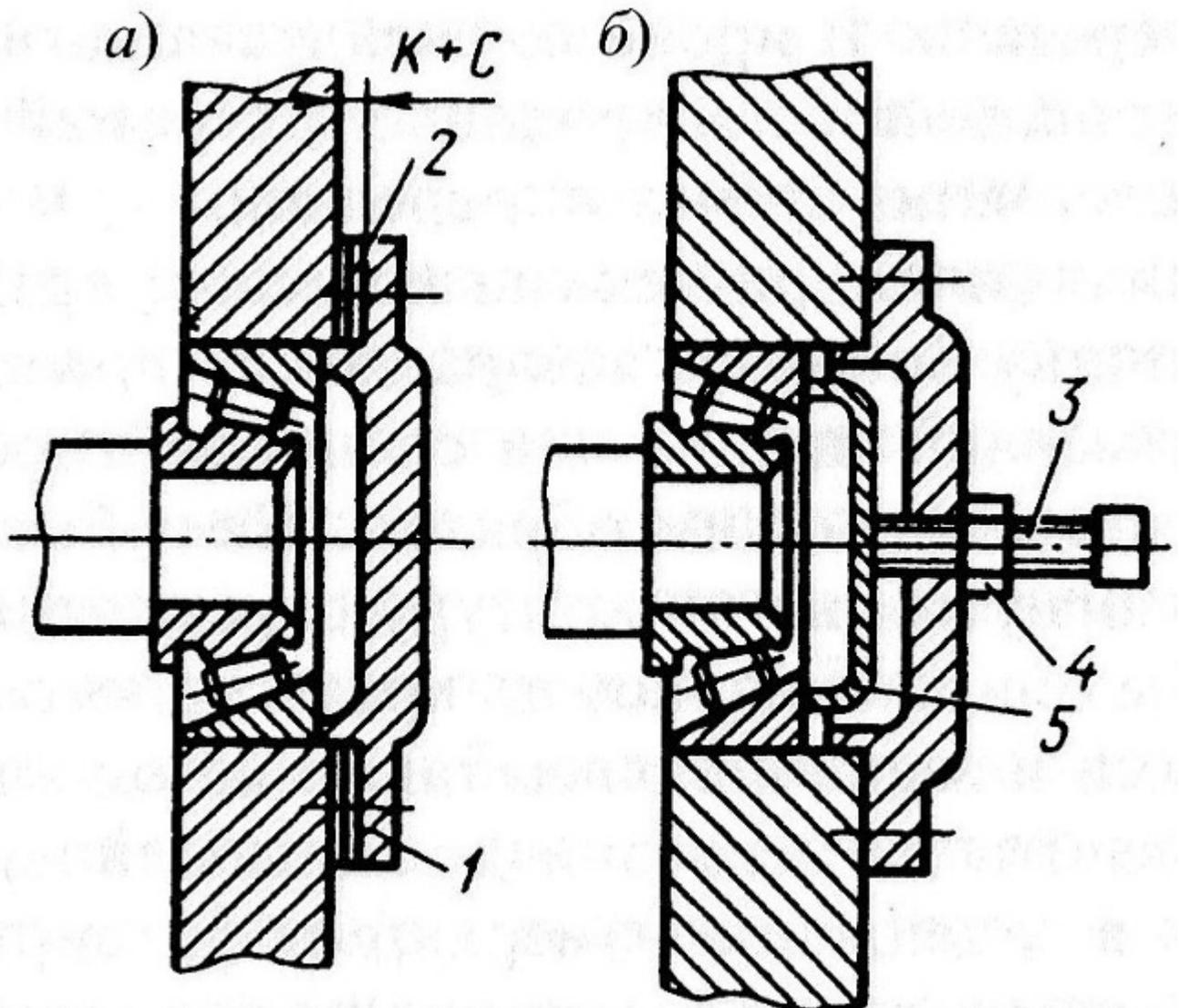


Рис. 17. Схемы регулирования зазоров в радиально-упорных подшипниках: а — прокладками; б — винтом; 1 — крышка; 2 — прокладка; 3 — винт; 4 — гайка; 5 — проставка

В **радиально-упорных подшипниках** осевой зазор регулируют, перемещая одно из колец относительно другого. Наиболее удобным способом регулирования осевых зазоров является установка прокладок 2 (рис.17), обычно применяемых в виде комплекта из пяти— семи штук различной толщины. Осевой зазор измеряют с помощью индикатора, отжимая вал сначала в одну сторону, а затем в другую.

Если в узлах используют **радиально-упорные конические** подшипники, то их в сборочной единице монтируют отдельно, т.е. сначала устанавливают в корпус наружное кольцо по посадке с зазором.

Особенностью упорных конических подшипников является возможность регулирования радиальных зазоров. Зазор регулируют с помощью прокладок или винта. Регулирование прокладками осуществляют следующим образом: крышку / без прокладок затягивают до отказа, выбирая зазор, и изменяют расстояние K между торцом и корпусом; зная необходимое числовое значение C , прибавляют его к числовому значению расстояния K и в сумме получают толщину прокладки 2, которая обеспечит заданный зазор. Порядок регулирования винтом (рис.17) следующий: затягивают винт 3 до отказа, выбирая зазор за счет перемещения наружного кольца, на которое воздействует вставка 5; отпускают винт, поворачивая его в обратном направлении так, чтобы осевое перемещение винта соответствовало размеру зазора; затягивают гайку 4 для предотвращения самоотвинчивания винта 3.

Зубчатые передачи. В процессе эксплуатации возникает необходимость в проведении контрольных операций для выявления технического состояния зубчатой передачи.

В передачах с цилиндрическими колесами прежде всего контролируют величину бокового зазора между поверхностями зубьев, который измеряют щупом или свинцовой проволокой. Этот замер выполняют следующим образом. На зубьях шестерен закрепляют два изогнутых по их контуру отрезка свинцовой проволоки так, чтобы они начинались по краям одного из зубьев с обеих сторон колеса и заканчивались также на одном зубе. Войти в зацепление и выйти из него они должны одновременно. Перед вводом зубьев в зацепление измеряют и фиксируют расстояние между проволоками, затем шестерни провертывают так, чтобы проволоки были раздавлены. Оттиски проволоки представляют собой полоски переменной толщины: меньшая толщина соответствует части бокового зазора с рабочей стороны зуба, а большая — с нерабочей; сумма этих величин составляет величину бокового зазора. Торцовое биение шестерен проверяют с помощью индикатора, устанавливаемого на штативе, который размещают на неподвижной части агрегата, например редукторе.

Заканчивают проверку зубчатого зацепления осмотром отпечатков краски или металлического блеска в местах контакта. Для этого зубья ведущей шестерни покрывают тонким слоем краски и поворачивают зубчатую передачу несколько раз. На зубьях ведомого колеса появляются следы касания (отпечатки), по которым судят о качестве зацепления. Если отпечатки находятся в верхней части зуба, то межцентровое расстояние больше нормального. При отпечатках в нижней части зуба колеса сближены больше, чем это необходимо.

Открытые зубчатые передачи регулируются перемещением всего узла; обычно перемещают лебедку, редуктор и т.д. В отдельных случаях возникает необходимость в замене шестерен для обеспечения надежного зацепления.

Величину бокового зазора устанавливают непосредственным измерением пластинчатым щупом или индикатором. В последнем случае вал одного из зубчатых колес заклинивают неподвижно, а второму придают качательное движение, замеряя отклонение жестко закрепленным на машине индикатором.

Боковой зазор между зубьями цилиндрических шестерен устанавливается в зависимости от величины модуля и межцентрового расстояния. В узлах машин, где конструкцией предусмотрена возможность изменения межцентрового расстояния, необходимы периодическая проверка и регулирование бокового зазора.

Обязательным условием нормального зацепления конических шестерен является совпадение вершин образующих конусов, а также взаимная перпендикулярность осей шестерен. Положение

осей проверяют струнами с отвесами, линейками и другими универсальными инструментами. В процессе эксплуатации за счет износа подшипников конусы смещаются, и возникает необходимость в выполнении регулировочных работ.

Для конических шестерен боковой зазор может быть увеличен или уменьшен соответствующим изменением положения начальных конусов. Для удобства регулирования зазоров между зубьями в конических передачах одной из шестерен иногда дается свобода перемещения вдоль оси.

Регулируют конические шестерни, помещая прокладки под торцы шестерен и подшипников или удаляя их.

Очень важным при монтаже зубчатых колес в корпус является определение бокового зазора в передаче, которое осуществляют щупом или индикатором (рис. 18). К валу одного из зубчатых колес крепят поводок 2, который упирается в ножку индикатора 7, установленного на корпус передачи. Поводок с валом и зубчатым колесом поворачивают, удерживая от поворота второе колесо зацепления. Так как второе колесо неподвижно, то первое может быть повернуто только на величину, соответствующую боковому зазору. По отклонению стрелки индикатора, приведенному к радиусу начальной окружности зубчатого колеса, определяют номинальное значение бокового зазора:

$$C_B = CR/L, \quad (50)$$

где C — показание индикатора; R — радиус начальной окружности проверяемого колеса; L — расстояние от оси вала до ножки индикатора.

Если в зубчатой передаче применяют колеса, модуль зубьев которых превышает 6 мм, то боковой зазор будет составлять 0,4—0,5 мм. В этом случае его определяют, три-четыре раза прокатывая между разными зубьями сопрягаемых колес свинцовую проволоку, длина которой должна быть равна длине зуба. Толщину проволоки после прокатывания проверяют с помощью микрометра.

Если требуется определить боковой зазор в передаче, доступ к зубчатым колесам которой затруднен (рис.18), то на валу редуктора устанавливают крестовину 4, а к корпусу с помощью хомутика 9, положение которого фиксируют винтом 3, крепят стойку 8 с индикатором 7. Плоскость крестовины упирается в ножку индикатора с силой, соответствующей одному-двум оборотам стрелки. Покачивая крестовину с помощью рукоятки 5, снимают показания индикатора (при этом вал со вторым зубчатым колесом должен быть неподвижен). Индикатор в заданном положении фиксируют винтом 6. По полученным данным определяют номинальное числовое значение бокового зазора:

$$C_B = CR_Z/R_X, \quad (51)$$

где C — показание индикатора (абсолютное значение перемещения стрелки); R_Z — радиус начальной окружности зубчатого колеса; R_X — радиус крестовины, на котором была установлена ножка индикатора.

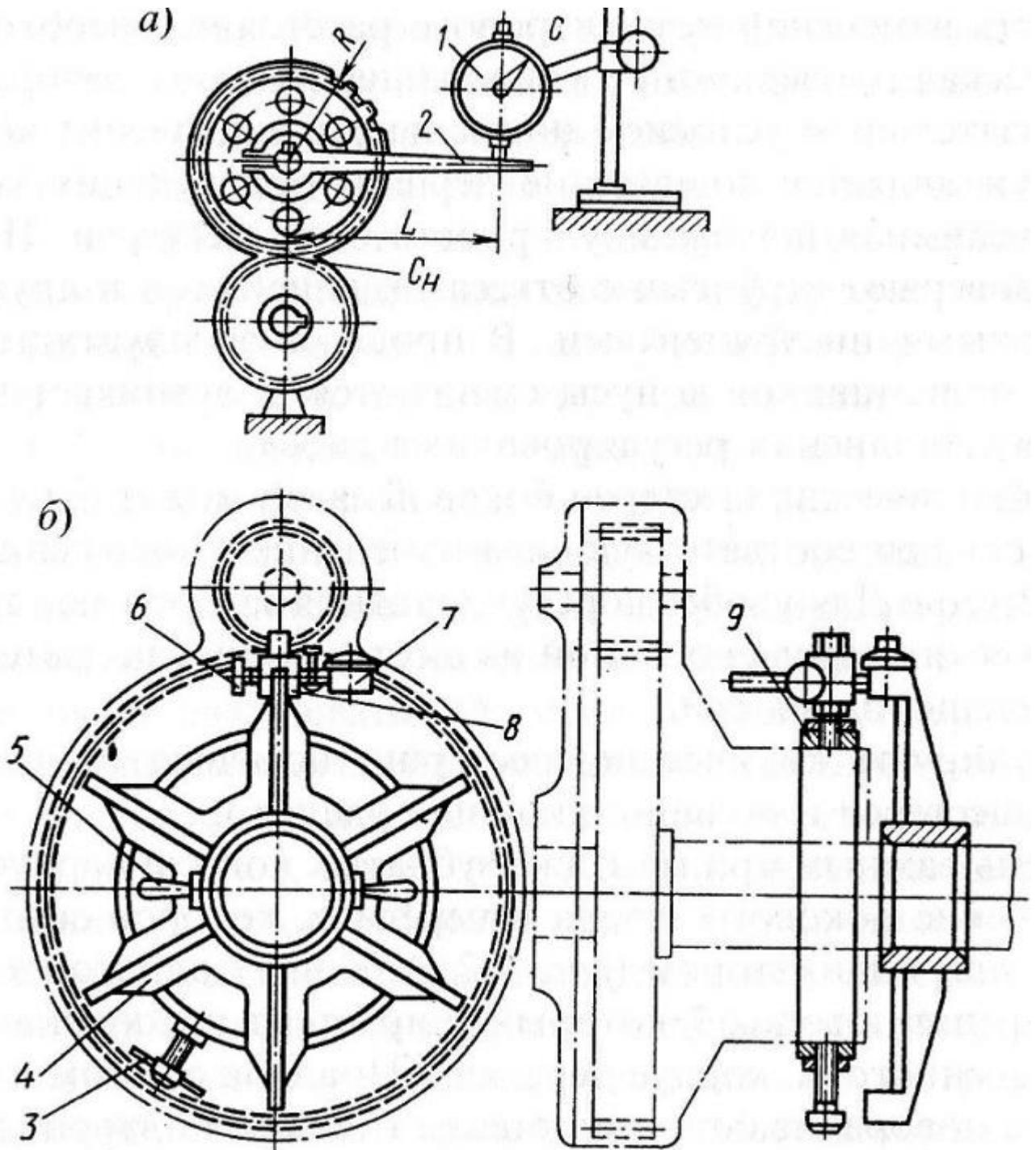


Рис.18. Способы измерения бокового зазора в цилиндрической зубчатой передаче при открытом (а) и закрытом (б) доступе к ней: 1,7 – индикаторы; 2 – поводок; 3,6 – винты; 5 – рукоятка; 8 – стойка; 9 - хомутик

Цепные передачи при нормальной работе характеризуются плавным бесшумным движением. В процессе эксплуатации передач наблюдается вытягивание звеньев цепи, износ цепи и звездочек, а также смещение звездочек.

Нормальная работа цепных передач возможна лишь при строгой параллельности валов и правильном положении звездочек относительно друг друга, нормальном провисании ведомой ветви цепи, допустимой степени изнашивания деталей цепной передачи, своевременной смазке

передачи и использовании соответствующих смазочных материалов. Положение звездочек устанавливают с помощью линейки, прикладываемой к плоскости большой звездочки. При правильном положении плоскостей звездочек линейка будет соприкасаться с плоскостью малой звездочки.

Стрела провисания должна составлять 0,02 межцентрового расстояния для горизонтальных и наклонных (под углом менее 30°) передач и 0,002 — для передач с углом наклона более 30°. Обычно стрела провисания увеличивается при износе элементов цепи (роликов, пальцев, втулок и пластин). При большей стреле провисания нарушается нормальная работа цепной передачи, появляются удары и вибрация, снижается КПД передачи и увеличивается износ всех ее деталей. Излишнее натяжение цепи ухудшает работу передачи, так как резко возрастает трение в шарнирах цепи и подшипниках звездочек, цепь работает жестко, с характерным стуком. Нормальная величина стрелы провисания цепи обеспечивает центровку звеньев по отношению к зубьям звездочек, сохранность смазки в шарнирах, снижение удельного давления в шарнирах и износа рабочих поверхностей.

Стрелу провисания цепи контролируют масштабной линейкой, прикладываемой к линейке (или шнуру), уложенной по касательной к звездочкам передачи. Для регулирования провисания используют регулирующие звездочки, натяжные ролики и передвижные опоры ведомых звездочек.

Периодическая регулировка цепной передачи и ее изнашивание приводят к постепенному увеличению шага цепи. Так как зубья звездочки при этом сохраняют свой первоначальный шаг, то нарушается нормальное зацепление. Это явление допустимо до тех пор, пока ролик не начнет контактировать с вершинами зубьев, что вызывает повышение напряжения в них и опасность соскакивания цепи. Значение предельного увеличения шага цепи приведено в табл.

Измерять цепь целесообразно под нагрузкой, величина которой для зубчатой цепи принимается равной 0,3 % разрушающей нагрузки. Для втулочных и втулочно-роликовых цепей эта нагрузка принимается в зависимости от типа и конструкции цепи в пределах от $0,8 t^2$ до $1,5 t^2$ (t — шаг цепи, мм).

Таблица 4. Предельное увеличение шага цепи, %

Тип цепи	Число зубьев большой звездочки											
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110
Зубчатая	7,6	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8	3,1	2,7	2,3	2,1	1,9	1,7
Втулочно-роликовая	6,4	5,3	4,6	4	3,5	3,2	2,6	2,3	2	1,7	1,6	1,4
Втулочная	4,8	4	3,4	3	2,6	2,4	2	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1

При соединении концов роликовых и втулочных цепей непосредственно на собираемой детали применяют рычажные (рис.19,а) или винтовые (рис.19,б,в) стяжки.

Пластинчато-зубчатые цепи также сначала надевают на звездочку, а затем их концы стягивают с помощью специальных стяжек и соединяют (рис.).

Цепь в передаче должна быть установлена так, чтобы ее ведущая нижняя ветвь не была сильно натянута (цепь с небольшим провисанием правильно ложится на зубья звездочки; это уменьшает удары между зубьями последней и звеньями цепи, обеспечивая плавную работу и значительно уменьшая износ цепи). Кроме того, правильное натяжение цепи позволяет снизить нагрузки на детали передачи. Провисание цепи передачи зависит от ее расположения и расстояния между осями звездочек. Для передач, имеющих звездочки с осями, расположенными в горизонтальной плоскости, провисание цепи не должно превышать 0,02 межцентрового расстояния, а для

передач со звездочками, имеющими оси, расположенные в вертикальной плоскости, 0,002 межцентрового расстояния.

Качество сборки цепной передачи проверяют, вращая звездочку вручную или с помощью рычага. Таким способом определяют плавность и легкость хода передачи. При вращении передачи цепь не должна соскакивать, а каждое ее звено должно легко садиться на зуб звездочки и сходиться с него.

Ременные передачи, применяемые для привода дробилок и других механизмов, работают нормально при условии оптимальной величины натяжки и правильном положении шкивов. При увеличении натяжки КПД передачи падает, а интенсивность изнашивания в результате усталости материала возрастает, однако величина скольжения уменьшается, что до известного предела увеличивает тяговую способность передачи.

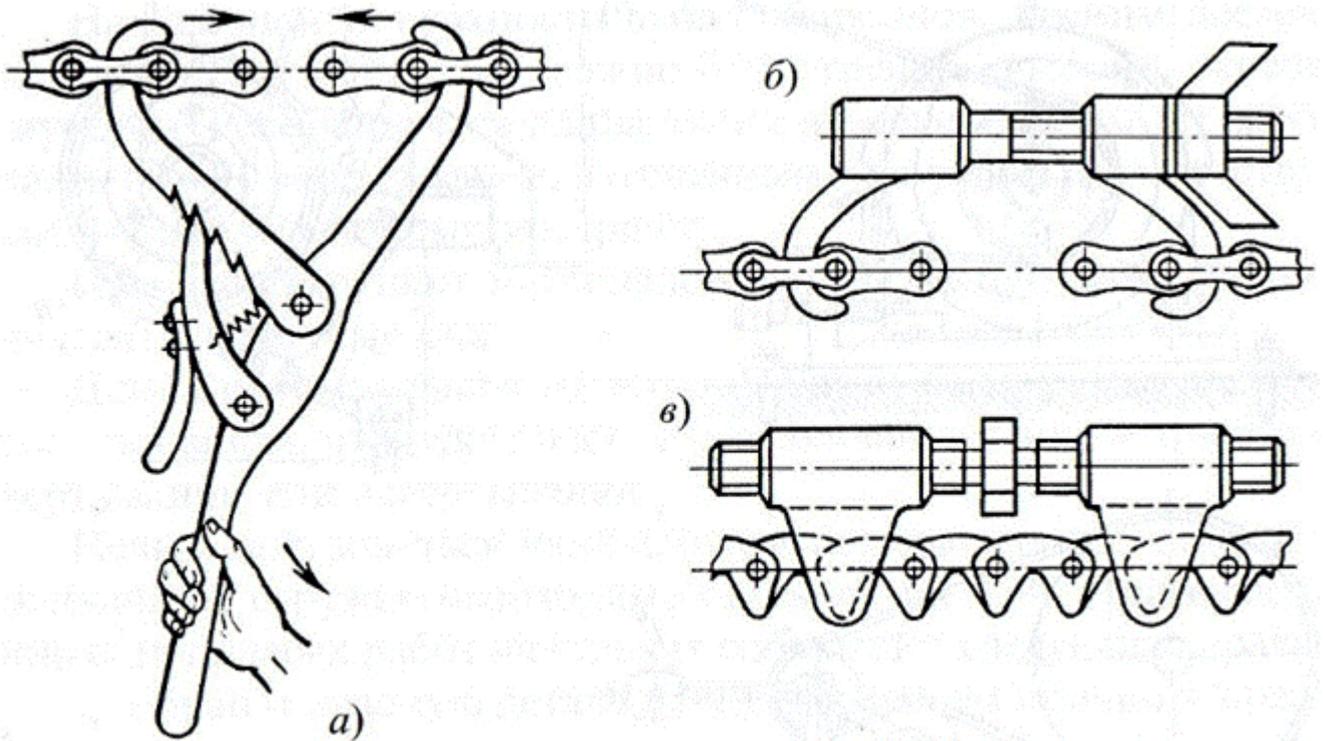


Рис. 19. Стяжки для соединения концов цепей: а — рычажная; б — винтовая для роликовой и втулочной цепей; в — винтовая для зубчатой цепи

При работе ременной передачи наблюдается вытягивание ремня, вследствие чего изменяется величина натяжения, а следовательно, и все показатели работоспособности передачи. При сшивании новых ремней рекомендуется давать натяжение в 2 раза выше нормального, а в дальнейшем во время эксплуатации периодически контролировать и регулировать натяжение.

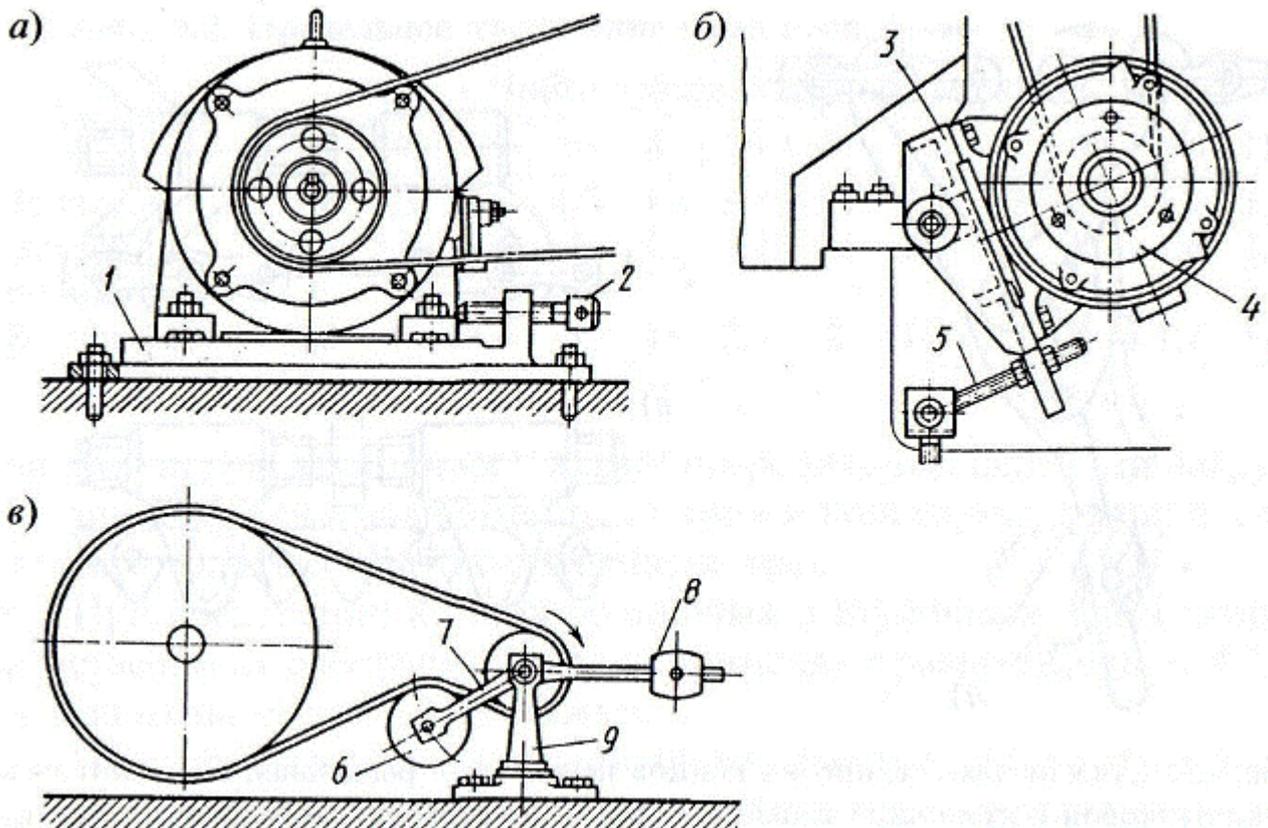


Рис.20. Способы натяжения ремней ременной передачи: а – перемещением электродвигателя с плитой в продольном направлении; б – угловым перемещением электродвигателя со шкивом;

Меры безопасности при проведении работ по техническому обслуживанию

При выполнении ТО необходимо всегда следить за исправностью инструмента.

Молотки и кувалды должны быть всегда надежно закреплены на рукоятках клином из мягкой стали. Рукоятки должны быть овальной и гладкой формы, без трещин, сучков, заусениц и следов масла, а бойки молотков и кувалд без трещин и заусениц, со слегка выпуклой и гладкой поверхностью.

На ударной поверхности зубил, бородков, крейцмейселей и других инструментов не должно быть трещин, выбоин, сколов и заусениц. Рекомендуется длина зубил не менее 150 мм, оттянутая часть 60—70 мм с лезвием, заточенным под углом, соответствующим обрабатываемому материалу.

При рубке хрупких материалов (чугуна и других) необходимо надевать защитные очки.

Длина рабочей части отвертки должна быть равна диаметру головки винта, что исключает ее соскакивание с винта при его отвертывании или заворачивании.

Нельзя пользоваться напильником без рукоятки. Очищать напильник от стружки необходимо стальной щеткой. При выполнении сверлильных работ на станках соблюдают следующие правила:

- обрабатываемую деталь перед сверлением прочно закрепляют в тисках специальными прижимами или прихватками;

- сверло устанавливают или снимают только при неподвижном шпинделе станка (при этом сверло не должно иметь биения); при сверлении сквозных отверстий перед выходом сверла из отверстия обязательно выключают автоматическую подачу и переходят на ручную со слабым нажимом на сверло; в процессе сверления следят, чтобы сверло не забивалось стружкой, которую убирают специальным крючком или щеткой; при сверлении больших отверстий работают с пониженной частотой вращения шпинделя, при необходимости применяя охлаждающую эмульсию.

Наиболее часто случаи травматизма наблюдаются при работах на обдирочно-шлифовальных станках. Такие станки должны быть оборудованы защитным экраном, пылесборником и блокировочным устройством, выключающим двигатель при поднятом защитном экране. Если нет блокировки и экрана, работают на станке в защитных очках. Перед установкой нового наждачного круга, чтобы избежать его разрыва, проверяют, нет ли трещин, и испытывают круг на прочность на специальных станках. Устанавливают круг так, чтобы биение не превышало 0,5 мм, и балансируют в соответствии с паспортными данными станка. Запрещается обрабатывать изделие торцевой частью круга.

При пользовании механизированным инструментом с пневматическим и электрическим приводом (электродрель, пневматическое зубило, молоток и др.) соблюдают особые меры предосторожности:

- соединяют и разъединяют шланги только после прекращения подачи воздуха (шланги перед присоединением к инструменту продувают, а инструмент перед началом работы опробывают вхолостую);

- при подключении шланга к инструменту следят за исправностью резьбы на штуцере и ниппеле, а присоединенные шланги крепят стяжными хомутиками;

- при переносе инструмента нельзя брать рукой воздушный шланг или рабочую часть;

не допускают перегиба шлангов и пересечения их со шлангами газосварочных установок и электрокабелей;

- воздушный кран немедленно перекрывают, если возникла неисправность или перерыв в работе;

- перед работой с электроинструментом проверяют исправность выключателя, заземляющего провода, и надежность изоляции и контактов питающих проводов;

подключают инструмент к линии только через штепсельный разъем; нельзя подключать его к оголенным концам проводов, контактам рубильников и пускателей;

- работают в резиновых перчатках и на резиновых ковриках;

- рабочий инструмент (сверла, шлифовальные круги и др.) меняют только после отключения от силовой линии.

Виды смазочных материалов

Для снижения трения и изнашивания разнообразных узлов трения оборудования предприятия строительных материалов используют различные смазочные материалы.

К *основным* функциям смазочных материалов относят снижение потерь мощности из-за изменения вида трения между контактирующими деталями, отвод образующегося в процессе трения тепла, предотвращение заедания, предохранение поверхности деталей от коррозии, увеличение степени компрессии и амортизация при динамических нагрузках за счет выдавливания смазочного материала, расположенного в зазорах между деталями.

По происхождению смазочные материалы подразделяют на *минеральные, растительные, животные и синтетические*. Из-за их дешевизны, недефицитности и сравнительно высоких качеств в основном применяют минеральные смазочные материалы.

По консистенции смазочные материалы могут быть жидкими, пластичными, твердыми и газообразными.

Наиболее распространенными и широко применяемыми в технике общего назначения являются жидкие и пластичные смазочные материалы.

К маслам относятся смазочные материалы, сохраняющие текучесть при 10—15 °С, а к пластическим смазкам — сохраняющие при этой же температуре мазеподобное состояние. Определенное применение находят и твердые смазочные материалы (графит, тальк, слюда и т.п.), используемые как самостоятельно, так и в качестве присадок к маслам и пластическим смазочным материалам.

По области применения (по назначению) выделяют следующие масла: моторные, промышленные, трансмиссионные, компрессорные и др.

Группу **моторных** масел подразделяют на масла для бензиновых (карбюраторных) двигателей, дизелей и универсальные масла для двигателей разных конструкций. В группе промышленных масел для промышленности выделяют масла для гидравлических систем, зубчатых передач и др.

Трансмиссионные масла подразделяют на масла, используемые, соответственно, для смазывания механических и гидромеханических передач.

Для смазывания различных узлов трения (подшипников, зубчатых передач и других сопряжений) широко используют пластичные смазки. Для смазки оборудования промышленности строительных материалов применяют индивидуальные и централизованные системы смазки.

В **индивидуальных** системах смазочные материалы подводят к каждой трущейся паре при помощи специального смазочного устройства, расположенного у этой пары.

В **централизованных** системах одно смазочное устройство обслуживает несколько трущихся пар, расположенных в различных местах машины.

Кроме того, системы смазки классифицируются по времени действия, способу подачи смазки и характеру ее циркуляции.

По времени действия различают смазку периодическую и непрерывную; по способу подачи — принудительную и без принудительной подачи; по характеру циркуляции — проточную, циркуляционную и смешанную.

В **индивидуальных** системах применяют как периодическую, так и непрерывную смазку. Примером системы непрерывной индивидуальной циркуляционной смазки жидкими маслами является смазка закрытых зубчатых передач в масляной ванне редуктора.

Наибольшее распространение получила централизованная **циркуляционная** смазка под давлением в конусных, щековых и других дробилках. В этой системе смазки масло из бака - отстойника с помощью масляного насоса подается под давлением по системе маслопровода к трущимся местам дробилки, включая и питатель. На своем пути масло фильтруется и охлаждается в фильтре-холодильнике. Давление контролируется манометром и регулируется указателем подачи масла.

Смазочные масла

Минеральные смазочные масла, изготовленные вакуумной перегонкой из мазута с последующей очисткой, обладают высокой стабильностью, хорошей работоспособностью при высоких скоростях и температурах, способностью охлаждения трущихся деталей, простотой подачи и замены.

К основным свойствам масел относят: вязкость, температуру застывания, температуру вспышки, химическую стойкость, а также содержание механических примесей и воды.

Вязкость — объемное свойство жидкого, полужидкого и полутвердого вещества оказывать сопротивление при трении. Вязкость снижается при повышении температуры.

Вязкость в значительной степени влияет на параметры, определяющие качество работы машины: скорость изнашивания, потери мощности на преодоление трения, степень уплотнения в сопряжениях типа вал—втулка.

Вязкость, характеризующая внутреннее трение жидкости, бывает динамической, кинематической и условной.

Единицей динамической вязкости является пуаз (пз), кинематической — стоке (Ст).

Условную вязкость оценивают в градусах (°ВУ). Оценку вязкости дают, как правило, при 50 °С или 100 °С. В технике наиболее часто пользуются оценкой вязкости в сантистоксах (сотая часть стокса).

Температура вспышки определяет верхний температурный предел использования смазочных масел, после которого их эксплуатация становится невозможной. Значение температуры вспышки зависит от количества в смазочном масле легких углеводородов.

Температура застывания, при которой смазочные масла теряют текучесть, определяет нижний температурный предел их использования.

Химическая стойкость определяет способность смазочных масел сопротивляться воздействию кислорода воздуха, высоким температурам, продуктам сгорания рабочей смеси двигателей внутреннего сгорания, в результате которого на деталях происходит отложение лаков, нагаров, осадков, поверхность деталей корродирует, а сами масла теряют свои смазывающие свойства.

Для обеспечения требуемого качества масел в них в небольших количествах вводят специальные легирующие вещества (присадки).

Пластические смазочные материалы

Пластические смазочные материалы представляют собой мазеподобные вещества, изготавливаемые путем сгущения мылами или немыльными загустителями маловязких или средневязких масел.

Одним из основных показателей свойств пластических смазочных материалов является термическая стабильность, определяемая температурой каплепадения (ГОСТ 6793—74), под которой понимают температуру, при которой из стандартного прибора падает первая капля помещенного в него и постепенно нагреваемого испытываемого материала. Допустимая температура нагрева смазки должна быть не ниже температуры каплепадения не менее чем на 10 °С для низкоплавких и 15 °С — для остальных видов смазки. Смазочные материалы с температурой каплепадения менее 65 °С относят к низкоплавким, 65—100 °С — к среднеплавким и более 100 °С — к тугоплавким.

Несущая способность пластических смазочных материалов оценивается при заданных температурах:

- числом пенетрации, равным глубине погружения в десятых долях миллиметра в испытываемый материал стандартного конуса за 5 с;
- пределом прочности (ГОСТ 7143—73), численно равным давлению, которое сдвигает испытываемый материал в капилляре пластомера К-2. Таким образом, чем больше число пенетрации, тем меньше несущая способность смазки, и наоборот, чем больше предел прочности, тем выше ее несущая способность.

Под **влагостойкостью пластических** смазочных материалов понимается их способность сопротивляться образованию эмульсий, а также растворению и смыванию водой. Влагостойкость зависит от загустителя, антикоррозионные и защитные свойства — от характера их воздействия

на металлические поверхности деталей — и определяется количеством содержащихся водорастворимых кислот и щелочей.

Под **стабильностью пластических** смазочных материалов понимается их способность сохранять свои свойства при эксплуатации и хранении.

Солидолы являются водостойким универсальным смазочным материалом, имеющим максимальную температуру применения порядка 65—70 °С. Применяют их в основном для смазывания подшипников пресс-масленками и шприцами, а также открытых зубчатых передач, работающих при средних нагрузках (порядка 50 % от расчетной) и частоте вращения не более 1500 мин⁻¹. При температурах ниже -20 °С солидолы заправляют солидолонагнетателями. Заменителем солидолов при низких температурах служит ЦИАТИМ-201.

Универсальная графитная смазка УСс-А предназначена для смазывания рессор и канатов, открытых зубчатых передач, резьбы домкратов и других высоконагруженных узлов трения при высоких скоростях скольжения и качения.

Универсальный тугоплавкий водостойкий жировой смазочный материал 1-13 (УТВ) применяют для смазывания подшипников качения электродвигателей и других деталей, работающих при высоких нагрузках и температурах, не превышающих 100 °С.

Универсальная тугоплавкая смазка УТ служит для смазывания подшипниковых узлов машин, работающих в отсутствии влаги при температуре до 100—115 °С.

Таблица 5. Присадки к маслам.

Наименование и концентрация присадок	Назначение	Марка и состав
Моюще-депергирующие, 3—15	Снижение нагара и лакообразования, адсорбирование продуктов старения масел и стабилизация	Сульфаты кальция и бария: ПМСЯ, СБ-3; алкилфинальные: ЦИАТИМ-339, ВНИИ НП-360, ИХП-101, БФК; соли алкилсалициловых кислот: АСК, АСБ, МАСК и др.
Антиокислительные, 1 %	Сдерживание накопления продуктов окисления	Низко- и высокотемпературные (ионол, п-оксидифенилаллин; дитиофосфаты металлов и др.)
Противоизносные и противозадирные, 1,5—2,5	Уменьшение износа и заедания	Органические соединения, содержащие серу, фосфор, хлор: ДФ-11, ДФ-1, ЭФО, ЛЗ-309/2, ЛЗ-6/9, ЛЗ-23К и др.
Антикоррозийные, более 0,1	Снижение износа и нейтрализация продуктов окисления	В 15/41, АКОР-1, КП и др.
Вязкостные, до 3,0	Повышение вязкости	Полиизобутилен КП-5, КП-10, КП-20; полиметакрилат В-1, В-2 и др.
Депрессорные, 0,5—1,0	Снижение температуры застывания масел, стабилизация текучести	Продукты нафталина, парафина с фенолом: раствор алкилфенолата кальция; полиметакрилат Д и др.
Противопенные (0,002—0,005)	Снижение поверхностного натяжения и уменьшение стабильности	Полиметилсилоксан — ПМС-200А и др.

Смазки «ЛИТОЛ-24» используют в качестве антифрикционной и консервационной смазки при любых температурных условиях.

Смазка № 158 предназначена для смазывания соединений в системах электрооборудования машин.

Пластические смазочные материалы обладают хорошей работоспособностью при высоких удельных нагрузках, экономичностью, значительной липкостью смазочного слоя, высокими герметизирующими и демпфирующими свойствами.

К отрицательным качествам пластических смазочных материалов относятся: расслоение при длительной работе, сопровождающейся высокой температурой, меньшая по сравнению со смазочными маслами стабильность и работоспособность при отрицательных температурах и конструктивная сложность смазочных систем.

К смазочным маслам в различных механизмах, машинах и агрегатах предъявляются различные высокие требования, которые все более возрастают в связи с техническим прогрессом. Удовлетворить эти требования только подбором масел оказывается затруднительно. Улучшить качество смазочных материалов и приблизить их к реальным условиям эксплуатации можно введением соответствующих присадок.

Присадки — это сложные органические или металлоорганические соединения, которые вводят в масла для улучшения их эксплуатационных свойств. В зависимости от назначения и условий работы смазочных материалов концентрация присадок колеблется от сотых до десятых долей. В некоторые масла, например, моторные, гидравлические и другие — добавляют до четырех—шести одновременно.

Свойства и назначение присадок приведены в табл. 6.

При введении присадки часто улучшается не одно, а одновременно несколько свойств масел. Например, присадка ДФ-11 улучшает антиокислительные и противоизносные свойства масел.

Выбор смазочного материала, равно как и способа его подачи к трущимся деталям оборудования, производится на стадии проектирования в зависимости от назначения и условий эксплуатации машины и агрегата

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

Общие положения

Техническое диагностирование — это процесс определения технического состояния диагностируемого объекта и его составных частей с определенной точностью путем измерения и контроля количественных и качественных значений диагностических параметров с помощью специальных средств (приборов, стендов и т.д.). В качестве диагностических параметров могут быть использованы: выходные или функциональные параметры оборудования, герметичности сопряжений и рабочих объемов, параметры рабочих и сопутствующих процессов.

К **выходным или функциональным** параметрам оборудования и сборочных единиц могут быть отнесены: мощность двигателя, расход топлива и электроэнергии, производительность насосов, время рабочего цикла, усилие, развиваемое на рабочем органе.

К параметрам **герметичности сопряжений и рабочих объемов относятся**: количество газов, прорывающихся в картер двигателя, расход рабочей жидкости на отдельных участках гидросистемы, компрессия в отдельных цилиндрах и т.д.

К параметрам **рабочих процессов** относятся различные амплитудные, фазовые и другие показатели - максимальное давление процесса сгорания, температура рабочей жидкости и т.д. К параметрам сопутствующих процессов относятся: шум, вибрация, количество продуктов износа в масле и т.д.

Основными задачами технического диагностирования являются:

- в процессе эксплуатации — проверка работоспособности оборудования и его сборочных единиц;

- при техническом обслуживании — определение действительной потребности в той или иной операции ТО;

- при ремонте — поиск дефектов с глубиной поиска, обеспечен установление их места, вида и причины; контроль качества ремонта;

- при прогнозировании остаточного ресурса — сбор информации о техническом состоянии сборочных единиц, обработка и анализ этой информации; принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования, необходимом объеме ТО и ремонта.

В зависимости от количественного и структурного состава парка, вида технического воздействия (планового и непланового) техническое диагностирование классифицируется по следующим

организационным формам: по организации проведения, по режиму проведения и по объему проведения.

По организации проведения работ техническое диагностирование подразделяется на специализированное (выделенное) и совмещенное.

По режиму проведения работы техническое диагностирование может быть плановым и по потребности. Плановое диагностирование проводится после отработки оборудованием определенного количества моточасов перед плановыми ТО и РТ. Диагностирование по потребности проводится при возникновении неисправности или наступления отказа в процессе эксплуатации.

Место проведения работ по техническому диагностированию выбирается с учетом места проведения основных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

В зависимости от объема работ техническое диагностирование может быть полным и частичным.

В полном объеме работы по техническому диагностированию выполняются по окончании межремонтного ресурса. Во всех остальных случаях работы по техническому диагностированию выполняются частично.

Так как техническое диагностирование является составной частью ТО и ремонта, то оно проводится с периодичностью, установленной заводами-изготовителями для плановых ТО, а также в случае возникновения неисправности или наступления отказа в процессе эксплуатации оборудования.

Виды технического диагностирования

По назначению и содержанию различают несколько видов технического диагностирования: *контрольное* (проводимое периодически в соответствии с установленным планом-графиком); *заявочное* (по заявкам операторов или ремонтных рабочих); *плановое* (в составе технического обслуживания и текущих ремонтов).

Контрольное диагностирование проводят с целью оценки характера и закономерности изменения технического состояния основных элементов и систем машины. Периодичность контрольного диагностирования зависит от точности и трудоемкости применяемых методов и приборов, от уровня надежности диагностируемой сборочной единицы и технико-экономических последствий предупреждаемого отказа.

Заявочное диагностирование служит для выявления причин отказа или неисправностей, вызывающих изменение показателей функционирования машины. Этот вид диагностирования проводят по потребности, определяемой техническим состоянием машины. Заявку на диагностирование оформляет машинист-оператор или инженер службы технического контроля.

Плановое техническое диагностирование объединяет в себе задачи контрольного и заявочного и проводится в составе технического обслуживания и ремонтов: ТО, Т и К.

Техническое диагностирование по объему и характеру информации о неисправностях объекта диагностирования подразделяется на два основных вида: общее диагностирование (Д-1) и локальное (углубленное) диагностирование (Д-2).

Д-1 проводится с целью определения технического состояния объекта диагностирования в целом или его отдельных сборочных единиц и заключается в проверке его работоспособности и правильности функционирования по общим (интегральным) параметрам. Проверка работоспособности выявляет, без указания места и причины, определенную совокупность повреждений и отказов (например, снижение мощности, экономичности и т.п.). Проверка правильности функционирования выявляет определенную совокупность дефектов технических регулировок и настройки, вызывающих недопустимое снижение производительности, эффективности и качества работы.

При Д-1 устанавливается возможность дальнейшей работы оборудования без регулировочных и ремонтных работ; необходимость регулировочных и ремонтных работ; необходимость проведения для отдельных сборочных единиц Д-2; качество ТО и ремонта. В процессе Д-1 выполняются регулировочные работы. Д-2 проводится с целью определения технического состояния сборочных единиц, оборудования, а также поиска дефектов с выявлением их места, причины и характера. При Д-2 используются частные (локализирующие) параметры (например, объемный КПД гидроцилиндра привода, ток в катушке электромагнитного тормоза и т.п.), характеризующие конкретные неисправности сборочных единиц или отдельных деталей машины. Например, изменения величины объемного КПД в гидроцилиндре привода свидетельствуют об утечке, изменение величины тока в катушке электромагнитного тормоза сигнализирует об изменении зазора в магнитопроводе.

При Д-2 составляется углубленный диагноз, определяется остаточный ресурс, устанавливается объем регулировочных и ремонтных работ, необходимых для поддержания работоспособности машины до очередного углубленного диагностирования.

Диагностические параметры

При решении практических задач технической диагностики при эксплуатации непосредственно измерить некоторые структурные параметры часто бывает невозможно, так как для этого необходимо произвести разборку машины. Поэтому в процессе диагностирования используют диагностические параметры-показатели, измерение которых не требует разборки оборудования или сборочной единицы. Диагностические параметры, используемые для оценки технического состояния машин, подразделяются на несколько типов.

Интегральные диагностические параметры характеризуют техническое состояние группы элементов (например, давление в гидросистеме).

Простые параметры связаны с техническим состоянием одного элемента (например, геометрический размер).

Единичными называют диагностические параметры, которые не могут быть разделены на несколько составляющих с помощью простых алгебраических действий.

Комплексные параметры представляют собой совокупность нескольких простых параметров. Объединение нескольких простых параметров в один комплексный производится для сокращения количества контролируемых факторов при экспериментальных исследованиях. Комплексные и единичные параметры могут быть как интегральными, так и простыми.

Прямые диагностические параметры непосредственно характеризуют техническое состояние объекта. К этой группе параметров относятся геометрические параметры технического состояния, а также ряд параметров рабочих процессов (например, зазор, давление в гидросистеме и пр.).

Косвенные диагностические параметры связаны с соответствующими параметрами технического состояния функциональной зависимостью и характеризуют изменение технического состояния объекта (системы) косвенным образом. Существенным недостатком косвенных диагностических параметров является то, что они вносят дополнительную погрешность в результаты диагностирования, обусловленную искажением сигнала в процессе формирования диагностического параметра.

Косвенные диагностические параметры, как правило, носят широкий информационный характер, так как формируются под действием изменения целого ряда (а не одного) параметров технического состояния.

К косвенным относят параметры сопутствующих процессов и ряд параметров рабочих процессов (например, состав выхлопных газов). При подборе диагностических параметров целесообразно отдавать предпочтение прямым параметрам, что обеспечивает большую точность

диагностирования. Однако измерение прямых диагностических параметров в большинстве случаев требует частичной разборки машины. Чтобы избежать этого, приходится для оценки технического состояния использовать косвенные диагностические параметры.

Геометрические диагностические параметры характеризуют геометрические размеры элементов диагностируемого объекта и связи между ними. Примерами геометрических диагностических параметров являются зазоры, несоосность, люфт.

Диагностические параметры рабочих процессов характеризуют функционирование основных элементов объекта диагностирования. Эти параметры являются широко информативными и характеризуют общее состояние объекта. Примерами диагностических параметров рабочих процессов являются величина тормозного пути, мощность двигателя, состав отработанных газов и пр.

Диагностические параметры сопутствующих процессов являются косвенными показателями технического состояния объекта и отличаются невысокой точностью. Эти параметры широко информативные. В группу этих параметров входят виброакустические параметры, показатели теплового состояния механизма и пр.

В зависимости от характера проявления изменения технического состояния, возможных последствий отказа и применяемой аппаратуры различают диагностические параметры, измеряемые дискретно и непрерывно. Оценка диагностических параметров, измеряемых дискретно, проводят с помощью переносных и стационарных средств (микрометров, газоанализаторов), устанавливаемых на передвижных диагностических станциях или стационарных постах.

Оценку диагностических параметров, измеряемых непрерывно, производят с помощью встроенных диагностических средств (датчиков, манометров).

Методы и средства технического диагностирования

Для оценки диагностических признаков и заключения о техническом состоянии оборудования используют различные методы.

Методы диагностирования классифицируют в зависимости от характера и физической сущности распознаваемых признаков и измеряемых параметров технического состояния объектов.

Акустические методы технического диагностирования, основаны на измерении амплитуды и частоты звуковых колебаний, излучаемых объектом в процессе работы. Изменение технического состояния элементов машин в процессе работы — увеличение зазоров в сопряжениях, изменение нагрузочного, скоростного и теплового режимов работы деталей вследствие их изнашивания, старения, коррозии вызывает соответствующие изменения параметров звуковых колебаний. Сопоставляя эмпирические значения звуковых сигналов с эталонными, можно судить о техническом состоянии объекта в данный момент времени и прогнозировать его изменение на некоторый период.

Поскольку в формировании звукового потока участвуют практически все подвижные элементы объекта диагностирования, акустические методы позволяют оценить техническое состояние большинства основных элементов по величинам излучаемых ими звуковых сигналов. Основная сложность при этом состоит в выделении определенного сигнала из общего спектра и распознавании его принадлежности тому или иному элементу машины. Для оценки звукового сигнала (выделения его из общего спектра и измерения) используют специальную аппаратуру — спектрометры, шумомеры, осциллографы.

Акустические методы диагностирования применяют в основном для оценки технического состояния элементов, силовых установок, механических и гидромеханических передач.

Виброметрические методы основаны на измерении параметров вибрации объекта диагностирования. Уровень вибрации объекта в процессе работы определяют техническим состоянием его основных элементов: размерами зазоров в сопряжениях, износом деталей.

Поэтому, измеряя параметры вибрации (частоту, амплитуду, ускорение) и сравнивая их с эталонными значениями, можно оценивать техническое состояние объекта диагностирования в данный момент времени и прогнозировать его изменение на некоторый период.

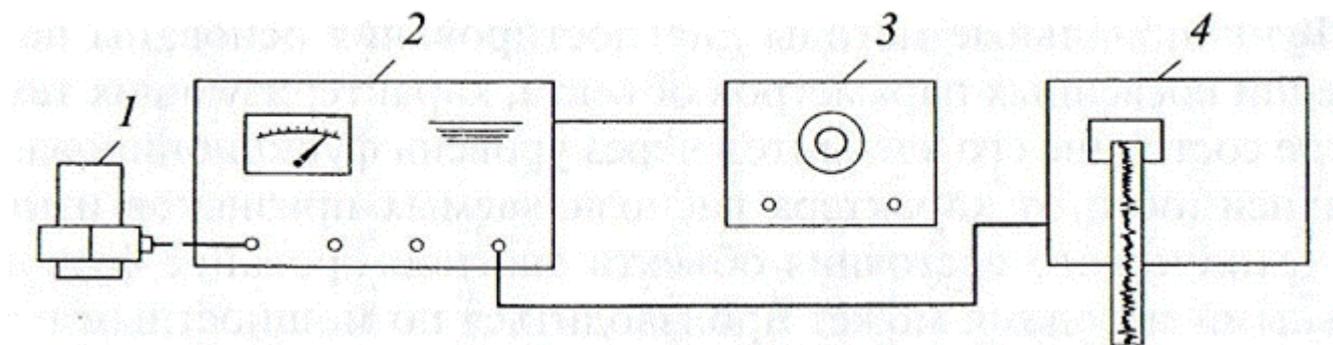


Рис.21. Блок-схема виброметрической аппаратуры.

Приведенная на рис.21 блок-схема иллюстрирует устройство и принцип действия виброметрической аппаратуры. Установленный непосредственно на поверхности объекта датчик 1 регистрирует механические вибрационные колебания и передает соответствующие электрические сигналы на усилитель-анализатор 2. Каскад электронных интеграторов обеспечивает измерение амплитуды, скорости и ускорения механических колебаний. Набор частотных фильтров 3 позволяет настраивать прибор на соответствующий рабочий частотный диапазон. Кроме того, фильтры служат для подавления помех, обусловленных низко- и высокочастотными шумами. Запись сигнала производят с помощью самописца 4 или какого-либо другого регистрирующего прибора (например, измерительного магнитофона), подключаемого на его место.

Поскольку параметры вибрации, используемые в качестве диагностических, являются широко информативными и формируются под воздействием большого количества элементов объекта, основной сложностью при диагностировании виброметрическими методами является, как и в предыдущем случае, распознавание принадлежности сигнала определенному элементу.

Виброметрические методы используют для диагностирования элементов силовых установок, механических и гидромеханических передач.

Методы технического диагностирования по составу масел наиболее универсальны и широко применяются для экспресс-оценки состояния двигателей, элементов трансмиссии, гидравлических систем управления, а также смазочных материалов и рабочих жидкостей.

Основными диагностическими параметрами в этих случаях являются концентрация, дисперсионный и элементарный составы механических примесей, кинематическая вязкость масла, кислотное и щелочное числа, а также содержание в масле воды.

Для анализа содержания механических примесей в масле используют химический, спектральный, радиометрический, активационный и оптико-физические методы.

Функциональные методы диагностирования основаны на измерении косвенных параметров объекта, характеризующих техническое состояние его элементов через уровень функционирования. В зависимости от характера распознаваемых признаков изменения технического состояния объекта диагностирование функциональными методами может производиться по мощностным и технико-экономическим показателям, тепловому состоянию, герметичности рабочих объемов, тормозному пути.

Метод оценки технического состояния машин по мощностным и технико-экономическим показателям используют как для общего, так и для углубленного поэлементного диагностирования. В основе метода лежат зависимости эффективности использования машины от технического состояния ее основных элементов. В качестве диагностических параметров в

этом случае используют эффективную мощность двигателя, силу тяги, рабочую скорость, грузоподъемность. В зависимости от характера измеряемых диагностических параметров подбирают соответствующее диагностическое оборудование.

Методы диагностирования машин по тепловому состоянию и герметичности рабочих объемов имеют более узкую область применения. Их в основном используют для оценки технического состояния элементов двигателей и гидросистем.

Поскольку ни один из перечисленных методов не позволяет произвести полную оценку технического состояния машины, при углубленном техническом диагностировании часто используют комбинированные виброакустические методы и совокупность функциональных методов.

Средства технической диагностики оборудования для различных методов диагностики приведены в табл.5.

Служба технической диагностики

В основу организации технической диагностики оборудования должен быть положен принцип специализации и разделения труда, когда диагностирование проводится не мастерами и слесарями, занимающимися ремонтом, а специальной службой технической диагностики, в которой должны быть заняты специально подготовленные кадры с современными контрольно-измерительными приборами и оборудованием для проверки технического состояния оборудования, что обеспечивает более высокую производительность и качество диагностических работ.

Таблица 6. Методы и средства технической диагностики оборудования.

Методы диагностики	Измерительный прибор	Определяемый параметр	Область применения
Механический	Линейки, штангенциркули, нутромеры, индикаторы, зубомеры, шаблоны, шупы, люфтомеры	Износы деталей, интенсивность износов, зазоры, люфты	Стапины, рамы, валы, оси, вкладыши, шестерни, подшипники, тормоза, фрикционы и др.
	Динаметрические ключи, ключи предельного момента	Усиление затяжки	Контроль усилий затяжки болтовых соединений
Электрический	Механические тахометры, стробоскопы. Манометры, компрессометры, расходомеры	Номинальные скорости приводов. Давление и расход жидкостей и газов	Электро- и гидроприводы Гидро- и пневмоприводы системы управления
	Стрелочные ампер-вольтметры, измерительные мосты	Режим работы электрических схем	Электрические двигатели и тормоза, схемы управлений приводами и устройства автоматики
	Потенциометрические, тензочувствительные, индуктивные, емкостные, датчики перемещений усилий, крутящихся моментов и давлений	Угловые и линейные зазоры и перемещения. Величины усилий крутящихся моментов и мощностей. Величины давлений в системе	Шарнирные и карданные соединения, узлы трансмиссий. Системы рулевого управления, измерение механических величин силовых установок и трансмиссий
	Тахогенераторы и импульсные датчики угловых перемещений. Термопара, термометры сопротивления	Номинальные скорости и ускорения. Температура	Фрикционные муфты, зубчатые передачи. Различные узлы и детали агрегатов машин и гидросистем
	Индукционные датчики	Износ канатов, толщины немагнитных и антифрикционных покрытий	Стальные канаты, антикоррозионные и антифрикционные покрытия

Фотоэлектрический	Фотоэлектрические датчики перемещения Фотоколориметры Профилометры	Изменения сечения каната Зазоры, люфты	Обрыв проволок и стальных канатов Трансмиссии, шарнирные соединения, фрикционы
Акустический	Шумомеры, вибраторы, светоскопы, осциллографы Спектрометры звуковых частот	Загрязнения масел продуктами износа Повышенный износ, изменение зазоров, наличие неисправностей Точное определение изношенного или неисправного узла	Гидросистемы, редукторы, гидроприводы Закрытые зубчатые передачи, подшипники, зазоры в сопряженных деталях шатунно-кривошипных механизмов и др.
Ультразвуковой	Ультразвуковые дефектоскопы	Трещины и внутренние дефекты (раковины, пустоты включений и др.)	Сварные соединения, узлы металлоконструкции, узлы механизмов
Радиационно-изотопный	Гамма-и рентгеновские дефектоскопы	Скрытые внутренние дефекты	Ответственные узлы и детали машин

Для выполнения работ по диагностированию служба технической диагностики имеет в своем распоряжении стационарные средства диагностирования, сосредоточенные на специализированном участке диагностики или непосредственно на участке технического обслуживания.

Службой технической диагностики руководит инженер-диагност, который в своей работе подчиняется главному механику. Инженер-диагност обязан:

- составлять план-график диагностирования оборудования и обеспечивать своевременное его выполнение;
- проводить анализ результатов диагностирования;
- составлять график технического обслуживания диагностического оборудования и следить за его выполнением;
- следить за своевременным составлением и обеспечением мастеров бланками диагностических карт;
- вести отчетно-учетную документацию.

Основным документом при диагностировании является диагностическая карта, в которой фиксируются результаты диагноза, дается заключение о необходимом объеме и содержании работ по техническому обслуживанию и ремонту.

В диагностической карте отмечают номинальные и допустимые величины основных параметров технического состояния сборочных единиц оборудования, а также результаты замеров при диагностировании и после регулировки.

При проведении ТО и ремонта диагностическая карта служит документом для проведения соответствующего объема работ по ТО и ремонту оборудования.

Записанные в карте величины показателей используют для прогнозирования технического состояния сборочных единиц и определения их остаточного ресурса.

СМАЗКА ОБОРУДОВАНИЯ.

Классификация видов смазки

Одним из наиболее эффективных путей обеспечения надежности и долговечности подвижных сопряжений деталей машин и оборудования и минимизации энергетических потерь при их эксплуатации является использование в качестве компонентов этих сопряжений смазочных материалов.

Смазочные материалы (СМ) — продукты органического и неорганического происхождения, которые вводят между поверхностями с целью снижения потерь на трение в этом сопряжении, предотвращения заедания и снижения износа пар трения (рис. 22). Внутреннее трение в смазочных материалах λ существенно меньше, чем внешнее трение несмазанных деталей 1 и 2, и исключение или минимизация непосредственного контакта пар трения приводит к улучшению фрикционно-износных характеристик сопряжения.

Смазочный материал является важнейшим конструкционным элементом узла трения, во многом определяющим его надежность и долговечность, а также потери энергии при его функционировании.

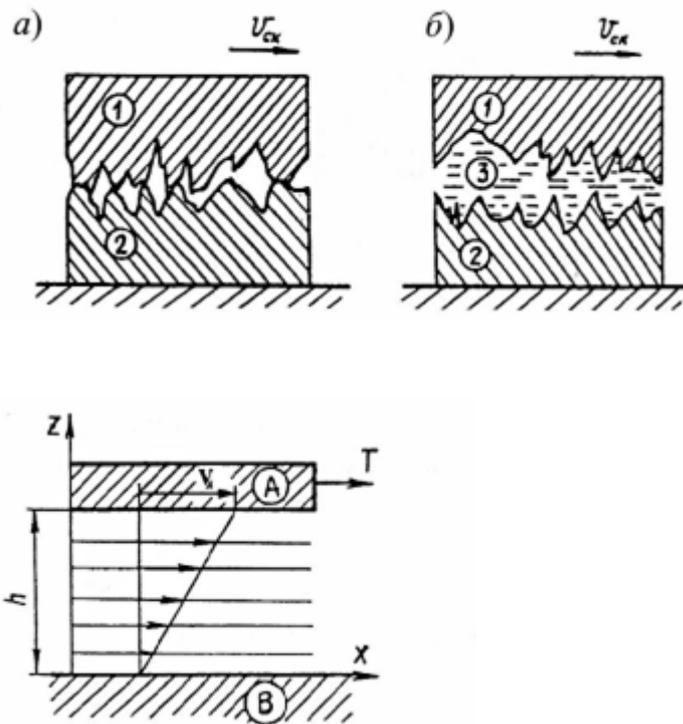


Рис.23. Схема течения жидкости между двумя параллельными пластинами А и В

Действие смазочного материала, в результате которого уменьшается трение контактирующих тел и/или снижается их износ, называется смазкой. Смазка, при которой осуществляется полное разделение трущихся поверхностей сопряженных деталей жидким смазочным материалом, называется жидкостной, а если это разделение осуществляется газом, то газовой смазкой. В этих случаях полностью исключен непосредственный контакт трущихся тел, который возможен только при пусках и остановках, когда жидкостный (газовый) слой или еще не образовался, или уже разрушился. Внешнее трение твердых тел при этом отсутствует — его заменяет много меньшее внутреннее трение смазочной среды, разделяющей эти тела.

Сопротивление относительно перемещению твердых тел, полностью разделенных слоем жидкости или газа, определяется внутренним трением этой среды, ее вязкостью. Под вязкостью понимают объемное свойство газообразного, жидкого, полужидкого или полутвердого вещества оказывать противодействие относительно перемещению составляющих его частиц. Простая модель трения при жидкостной смазке приведена на рис. . Две параллельные пластины А и В бесконечной длины разделены слоем жидкости толщиной h . Пластина А перемещается со скоростью v_A , а пластина В неподвижна ($v_B = 0$).

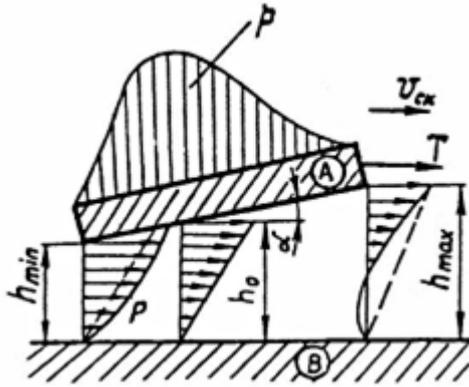


Рис.24. Эпюры скорости и давления в клиновидном зазоре: h_{\min} , h_0 и h_{\max} — толщина слоя, соответственно, на входе в зазор, в сечении максимального давления и на выходе из зазора

Так как молекулы жидкости в слоях, прилегающих к пластинам, прилипают к ним, то на границе с пластиной А внешний слой жидкости увлекается ею и имеет скорость $v_A = u_A$, а на границе с пластиной В жидкость имеет скорость $v_B = 0$. При не слишком большой скорости относительного перемещения пластины А можно допустить линейный профиль скоростей по толщине зазора. Согласно закону вязкого течения, сформулированному И. Ньютоном, сила внутреннего трения

F_T для ламинарного режима прямо пропорциональна производной $\frac{dv_z}{dz}$ и площади сдвига А:

$$F_T = \eta \cdot A \cdot \frac{dv_z}{dz}, \quad (52)$$

где η — динамическая вязкость жидкости, Па.

Этот же закон можно представить в виде:

$$\tau = \eta \frac{dv_z}{dz}, \quad (53)$$

где τ — касательное напряжение (напряжение сдвига) на площадке внутри движущейся среды.

Те среды, которые подчиняются закону пропорциональности касательных напряжений поперечной производной скорости по нормали к этой площадке, называются истинно вязкими, или ньютоновскими. Течение многих смазывающих жидкостей, являющихся ньютоновскими (нефтяных и растительных масел) при температурах, не очень близких к температурам застывания, и газов достаточно хорошо описывается зависимостью. Теория жидкостной смазки создана прежде всего для ньютоновских жидкостей.

К жидкостям, поведение которых не отвечает закону Ньютона (так называемым неньютоновским, или аномальным), относят нефтяные масла при низких температурах, некоторые коллоидные растворы и суспензии. Реологическое поведение пластичных смазок, обусловленное тем, что при напряжениях сдвига, меньших некоторого предельного, они проявляют свойства твердого тела, оценивают по предельному напряжению сдвига и эффективной вязкости, зависящей в свою очередь от градиента скорости сдвига.

Исследуя трение в паре вал—подшипник вагонной буксы, Н.П. Петров в 1883 г. установил, что зазор между ними заполнен вязким маслом, а сопротивление вращению вала определяется исключительно внутренним трением в смазочной жидкости, заполняющей зазор. Он рассмотрел случай, когда вал и подшипник строго соосны — случай не общий, но имеющий большое теоретическое и прикладное значение и отражающий процесс трения при малых нагрузках и больших частотах вращения вала.

Для условий, когда скольжение между смазочным материалом и поверхностями вала и подшипника отсутствует (в то время это не было очевидно), Н.П. Петров рассмотрел и случай,

когда это скольжение имеет место — толщина прослойки мала по сравнению с радиусом вала, так что отдельные участки зазора можно рассматривать как плоскопараллельные. Пренебрегая их кривизной, силу трения можно рассчитать по формуле, аналогичной для вязкого течения Ньютона:

$$F_T = \eta A \frac{u}{h} = 2 p \eta A \frac{r_B}{h} n, \quad (54)$$

где n — частота вращения вала; r_B — радиус вала; u — скорость относительного перемещения; h — толщина слоя, которая для соосных цилиндров равна радиальному зазору $= r_{II} - r_B$; r_{II} — радиус подшипника; A — площадь сдвига.

Соответственно, коэффициент трения f_T может быть рассчитан из уравнения:

$$f_T = \eta \frac{u}{p_a} \quad (55)$$

где p_a — удельная нагрузка.

Таким образом, Н.П. Петров впервые рассчитал коэффициент трения исходя из вязкости смазочного материала, режима работы узла трения (скорость, давление) и из особенностей конструкции (зазора h). При этом следует иметь в виду, что коэффициент трения при жидкостной смазке, рассчитанный Н.П. Петровым, имеет лишь формальное сходство с коэффициентом внешнего трения твердых тел.

Условие реализации жидкостной смазки — существование слоя смазочного материала, толщина которого при приложенных нагрузках превышает суммарную высоту микронеровностей сопряженных поверхностей. Этот слой может быть образован в результате поступления жидкости в зазор между поверхностями трения под достаточно большим внешним давлением. В этом случае имеет место гидростатическая смазка (например, в опорах и направляющих металлорежущих станков, особенно тяжелых).

Но в подавляющем большинстве узлов трения жидкостная смазка, т.е. полное разделение поверхностей трения, осуществляется под действием давления, самовозбуждающегося в слое жидкости при относительном движении поверхностей. Для создания гидродинамического давления в слое жидкости, разделяющем контактирующие тела, необходимо, чтобы зазор между этими телами имел форму клина. Если при вязком течении жидкости между относительно перемещающимися параллельными пластинами (как на рис.) гидродинамическое давление не развивается, то несущая способность жидкости равна нулю. Для случая, когда одна из перемещающихся пластин, например пластина А на рис. 24, наклонена по отношению к пластине В под углом α , формируется масляный клин. Вследствие этого профиль скоростей смазочной жидкости изменяется по длине зазора (возрастает по мере его сужения) и, следуя ему, развивается гидродинамическое давление p , разделяющее пластины и обеспечивающее несущую способность сопряжению. В этом случае имеет место гидродинамический режим смазки.

Если режим работы узла трения и его геометрия не обеспечивают образование жидкостной смазки, то поверхности от непосредственного контакта и последующего катастрофического износа, задира и заедания предохраняют только граничные смазочные слои и узел трения работает в режиме граничной смазки. При этом виде смазки антифрикционные и противоизносные свойства трущихся сопряжений определяются не объемными свойствами смазочных материалов, а свойствами граничных слоев, образованных в результате взаимодействия активных компонентов смазочного материала с поверхностными слоями пар трения. Коэффициенты трения при граничной смазке существенно выше, чем при гидродинамической. При граничной смазке имеет место изнашивание трущихся тел. Поэтому в реальных узлах трения стремятся реализовать режим гидродинамической смазки, когда малы потери на трение и отсутствует износ.

Широко распространен в узлах трения режим смешанной (полужидкостной) смазки. При этом режиме одни участки поверхности контактирующих тел разделены гидродинамическим слоем, а другие — граничным. При этом виде смазки, как важнейшая объемная характеристика

смазочного материала, используется как его вязкость, так и способность смазочного материала создавать на поверхностях трения прочные граничные слои (табл.7). Естественно, чем выше доля гидродинамической смазки, тем меньше коэффициент трения при смазке смешанной.

Области реализации гидродинамической, смешанной и граничной смазок в смазываемых узлах трения скольжения определяют по диаграмме Герси—Штрибека (рис.25), представляющей собой зависимость коэффициента трения f_t в смазываемом узле трения от безразмерного критерия, называемого числом Герси (иногда его называют числом Зоммерфельда):

$$\frac{v - u}{P_{\text{пог}}} \quad (56)$$

где u — скорость относительного перемещения трущихся тел; $P_{\text{пог}}$ — погонная нагрузка на узел трения (нагрузка, отнесенная к длине сопряжения).

Число Герси часто выражают также в виде:

$$\frac{v - \omega}{P_a} \quad (57)$$

где ω — угловая скорость; P_a — удельная нагрузка на узел трения.

Таблица 7. Основные признаки, характеризующие виды смазки.

Коэффициент трения f_t	Определяющая характеристика СМ	Постулируемые свойства СМ	Постулируемые свойства твердого тела	Критерий λ
<i>Гидродинамическая</i>				
0,001...0,01	Вязкость	Несжимаемый, вязкость независима от давления, СМ-ньютоновская жидкость	Абсолютно жесткое, абсолютно гладкое, износ отсутствует	>3
<i>Гидростатическая</i>				
0,001...0,01	---	Несжимаемый, вязкость независима от давления, СМ-ньютоновская жидкость	Абсолютно жесткое, абсолютно гладкое, износ отсутствует	>3
<i>Эластогидродинамическая (ЭГД)</i>				
0,001...0,01	Вязкость	Несжимаемый, вязкость зависит от давления и температуры	Упругодеформируемое, абсолютно гладкое (кроме микроконтактной ЭГД)	>3
<i>Смешанная (полужидкостная)</i>				
0,08...0,15	Вязкость, поверхностная активность, химическая активность	Несжимаемая жидкость, коллоидный раствор поверхностно- и химически активных компонентов в инактивной среде	Упруго- и/или пластически деформируемое шероховатое, изнашиваемое	$3 > \lambda > 1$
<i>Граничная</i>				
0,08...0,18	Поверхностная активность, химическая активность	Коллоидный раствор поверхностно- и химически активных компонентов в инактивной среде упруго-	Упруго- и/или пластически деформируемое шероховатое,	<1

		и/или пластически деформируемое шорохатое, изнашиваемое	изнашиваемое	
--	--	---	--------------	--

Зона существования граничного режима смазки I (наиболее тяжелого): он реализуется при высоких удельных нагрузках на узел трения (высокие значения $P_{\text{пог}}$), низких скоростях относительного перемещения пар трения (малые значения u), повышенных температурах (вызывающих снижение вязкости η) и характеризуется не только повышенным коэффициентом трения, но и постоянным изнашиванием контактирующих тел. В режиме граничной смазки в те или иные моменты эксплуатации работают практически все тяжело нагруженные узлы трения (при пуске и остановке любых трибосистем, в «мертвых точках» цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания и т.д.). В узлах трения, работающих при высоких нагрузках и температурах и сравнительно низких скоростях скольжения, граничный режим смазки полностью или частично имеет место в течение всего периода работы сопряжения.

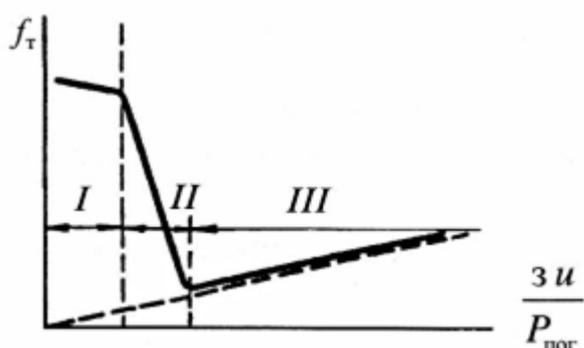


Рис.25 Диаграмма Герси—Штрибека: зависимость коэффициента трения f_t от безразмерного параметра $3u/P_{\text{пог}}$, числа Герси: I—III— зоны смазки; I— граничной; II— смешанной; III— гидродинамической

Вероятность реализации гидродинамического или граничного режима можно приближенно оценивать по критерию λ , представляющему собой отношение минимальной толщины смазочного слоя в зоне зазора между трущимися деталями (см. рис.25) к характеристике высоты неровностей рабочих поверхностей этих деталей:

$$\lambda = \frac{h_{\text{min}}}{\sqrt{Ra_1^2 + Ra_2^2}} \quad (58)$$

где Ra_1 и Ra_2 — параметры шероховатости рабочих поверхностей контактирующих деталей.

Чем больше величина λ , тем выше вероятность жидкостной смазки и меньше вероятность непосредственного контакта вершин неровностей поверхностей трения. При $\lambda > 3$ имеет место гидродинамический (и вообще жидкостной) режим смазки, при $\lambda < 1$ — граничный, при $1 < \lambda < 3$ — смешанной смазки (см. табл.7).

В ряде случаев, в частности для нестационарно нагруженных подшипников, удобнее использовать критерий λ другого вида:

$$\lambda = \frac{h_{\text{min}}}{\sqrt{Rz_1 + Rz_2}} \quad (59)$$

где Rz_1 и Rz_2 — соответственно, параметры Rz шероховатости первой и второй контактирующих поверхностей.

Естественно, что значения критерия для перехода от одного режима к другому будут иными.

Выбор смазочных материалов

Для своевременного смазывания машины правильно подобранными смазочными материалами заводы-изготовители снабжают ее картой и таблицей смазывания, которые содержат в себе все необходимые данные как по периодичности, так и по применяемым маркам смазочных материалов.

На карте смазывания дана конструктивная схема машины с указанием всех точек смазывания. В таблице смазывания для каждой точки смазывания приведены все необходимые сведения (ГОСТ 2.601—68, форма № 8).

Заводы-изготовители устанавливают периодичность смазывания и назначают марки смазочных материалов для средних условий эксплуатации. При отсутствии на машину карты и таблицы смазывания смазочный материал для каждого конкретного узла выбирают в зависимости от действующих на контактирующие между собой поверхности удельных давлений, скорости скольжения, температуры трущихся поверхностей деталей и окружающей среды, состояния шероховатости и зазора между трущимися поверхностями, расположения трущихся пар, степени динамичности действующих нагрузок и конструктивных особенностей систем смазывания. При этом надо помнить, что если с ростом величины шероховатости и зазора, удельных давлений и температуры окружающей среды вязкость масел и показатель их маслянистости следует увеличивать, то рост скорости скольжения и увеличение диаметра подшипников требуют снижения вязкости.

Смазочные материалы для типовых сборочных единиц машин подбирают согласно следующим рекомендациям.

Подшипники. При температуре от 0 до 50 °С подшипники скольжения смазывают смазками УС-1 и УС-2, 50-70 °С — пресс-солидолом С или солидолом С, 70-100 или 100-120 °С - УТ-1 и УТ-2. При температурах до 100 °С и присутствии воды используют смазку 1-13.

В зависимости от условий работы и частоты вращения вала подшипники скольжения смазывают от одного раза в течение двух-трех суток до трех-четырёх раз в сутки.

Количество одномоментно заливаемого в подшипник масла определяют по формуле:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)l\gamma}{4}, \quad (60)$$

где D - диаметр подшипника, см; d - диаметр вала, см; l - длина подшипника, см; γ - плотность масла, г/см³.

Расход пластических смазочных материалов для обычных условий работы определяют по формуле:

$$P = 0,0065d^2, \quad (61)$$

где P - расход смазочных материалов, г/смену; d - внутренний диаметр подшипника, мм.

Подшипники качения при нормальных условиях эксплуатации смазывают смазкой УС-2, при повышенных температурах УТ-1 и при тяжелых условиях работы — ЦИАТИМ-201.

Для смазывания плоских направляющих рекомендуются масла И-20А, И-30А, И-50А, а также пластические смазочные материалы типа УС и УТ.

Для смазывания зубчатых передач, размещенных в закрытых картерах, например резисторов, подбирают масла, технические характеристики которых соответствуют режимам работы наиболее нагруженной зубчатой пары.

Открытые тихоходные передачи (со скоростью до 4 м/с) смазывают солидолом или графитовой смазкой УсА.

Срок работы смазки в открытых передачах 1—5 дней. Открытые зубчатые передачи смазывают смазками типа УсА с помощью лопаток, нанося отдельные равные порции через каждые два-три зуба от одного раза в смену до одного раза в пять—десять смен.

Количество пластического смазочного материала подсчитывают по формуле:

$$Q = 0,1 \cdot B \cdot (D + d) , (62)$$

где Q — количество смазочного материала, г; B — ширина зуба, см; $D + d$ — сумма диаметров зубчатого колеса и шестерни, см.

Зубчатые муфты смазывают маслами типа ТАП-15В и цилиндрическим И-Г-А-32 один раз в пять—десять смен. Заменяют масло через каждые два-четыре месяца.

Открытые цепные передачи при температуре до 60 °С и большой влажности смазывают пластическими смазочными материалами типа УС-2 и УсА, при высоких температурах и отсутствии влаги — смазочными материалами УТ-1 и УТ-2.

Для смазывания цепи ее погружают в нагретую смазку и выдерживают некоторое время.

При подсчете требуемого для смазывания цепей количества смазочного материала исходят из расчета — на одно звено от 0,25 до 0,5 г/ч на каждые 12,7 мм шага цепи.

Закрытые цепные передачи смазывают индустриальными маслами И-20А, И-30А, а также М-8В. С ростом скорости движения цепи увеличиваются сбрасывающие центробежные силы. Поэтому при более высоких скоростях применяют более вязкие масла.

Смазывают цепи один раз в течение двух-семи смен пластическими смазочными материалами и одной-пяти смен - маслами. Каждые четыре-шесть месяцев работы полностью меняют смазочный материал.

Канаты и блоки смазывают для уменьшения трения поверхности проволочек друг о друга. Кроме того, наличие смазочного материала между проволочками предотвращает попадание вовнутрь каната абразивных частичек.

Смазывают канаты маслами И-45А, УС-1, УС-2 и УсА; при низких температурах - смесью мазута (55 %) и битума (45 %). Количество смазочных материалов для первичного смазывания канатов подсчитывают по формуле:

$$Q_n = 5DL , (63)$$

количество смазочных материалов на разовое смазывание по формуле:

$$Q_p = 1,6D , (64)$$

где Q_n , Q_p - количество смазочных материалов, г; D - диаметр канатов, мм; L - длина каната, м.

Периодичность смазывания стальных канатов зависит от их конструкции и условий эксплуатации. В среднем она колеблется от одного раза в пять смен до одного раза в десять смен для масел и от одного раза в 15 смен до одного раза в 30 дней для пластических смазочных материалов.

Оси блоков, имеющие, как правило, смазочные системы колпачковых масленок, смазывают пластическими смазочными материалами типа УС-1 и УС-2.

Двигатели внутреннего сгорания смазывают моторными маслами, указанными в паспортах на машину.

Схема и карта смазки.

Схема смазки представляет собой чертеж общего вида машины с указанием мест расположения маслоприемников и способов смазки (часто в условных обозначениях).

Карта смазки машины разрабатывается по специальной форме, в которой указываются наименование мест смазки, условные обозначения способов смазки, количество мест и способов смазки, марка смазочного материала, норма расхода смазки, периодичность смазки и т.п.

В табл.8 приведена карта смазки, а на рис.26 - схема смазки бетоносмесителя СБ-138Б.

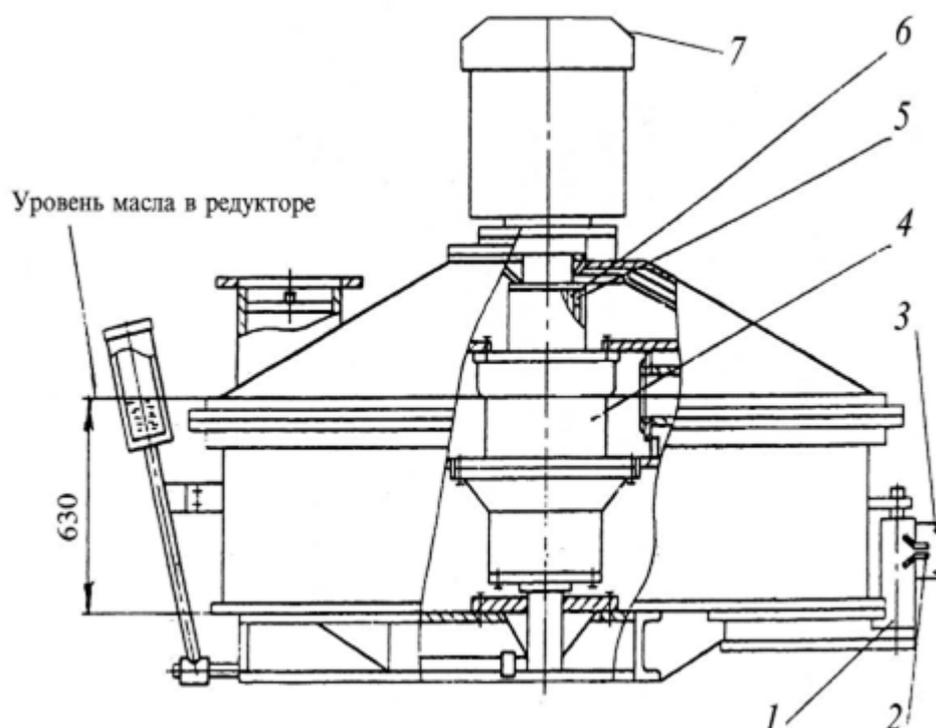


Рис. 26 Схема смазки бетоносмесителя СБ-138Б: 1 – подшипник затвора; 2 – шарниры пневмоцилиндра; 3 – пневмоцилиндр; 4 – редуктор; 5 – верхний подшипник редуктора; 6 – лабиринтное уплотнение; 7 – электродвигатель.

Табл. 8.Карта смазки бетоносмесителя СБ-138Б

Наименование механизма	Смазочные материалы	Кол-во точек смазки	Способ нанесения смазки	Периодичность смазки, ч	Кол-во смазки, кг
при темп. до +50°C	при длит. хранении				
Подшипники затвора	Солидол Ж ГОСТ 1033-79	Смазка НГ-203Б ГОСТ 12328-77		Шприцевание	0,20

Шарниры пневмоцилиндра	Солидол Ж ГОСТ 1033-79	Смазка НГ-203Б ГОСТ 12328-77		Обмазка		0,05
Пневмоцилиндр	Масло компрессионное К12	Смазка НГ-203Б ГОСТ 12328-77		Маслораспыление	Первая замена 250; последующая - 2500	По потребности маслораспылителя
Редуктор	ГОСТ 1861-73 масло трансмиссионное автомобильное Тап-15В ГОСТ 23652-79	Смазка НГ-203Б ГОСТ 12328-77		Разливка через заливной патрубков до риски на щупе		
Верхний подшипник редуктора	Солидол Ж ГОСТ 1033-79	Солидол Ж ГОСТ 1033-79		Шприцевание		0,20
Лабиринтное уплотнение	Солидол Ж ГОСТ 1033-79	Солидол Ж ГОСТ 1033-79		Набивка		0,10

Щековые дробилки с простым качанием щеки имеют двойную систему смазки: густую (консистентную) для распорных плит, сухарей, подвижной щеки и т.п. и жидкую - для подшипников главного эксцентрикового вала и подшипников шатуна.

Жидкая смазка больших типоразмеров дробилок — автоматическая циркуляционная.

В схему густой смазки дробилки (рис.26) входят: резервуар, насос для перекачки, плунжерный нагнетательный насос, фильтр, контрольный манометр и дозирующие питатели.

В схему циркуляционной жидкой смазки щековых дробилок (рис.26), предназначенной для нагнетания масла в коренные подшипники главного эксцентрикового вала и в головку шатуна, входят: бак-отстойник; маслонасосная станция, фильтр, маслоохладитель и контрольно-измерительная аппаратура для измерения давления и температуры масла, а также температуры охлаждающей воды, подаваемой в маслоохладитель.

Смазку агрегатов, состоящих из нескольких единиц оборудования, производят в соответствии с инструкциями по обслуживанию этого оборудования. Например, смазка передвижного агрегата среднего дробления приведена в табл. 9 (рис.27).

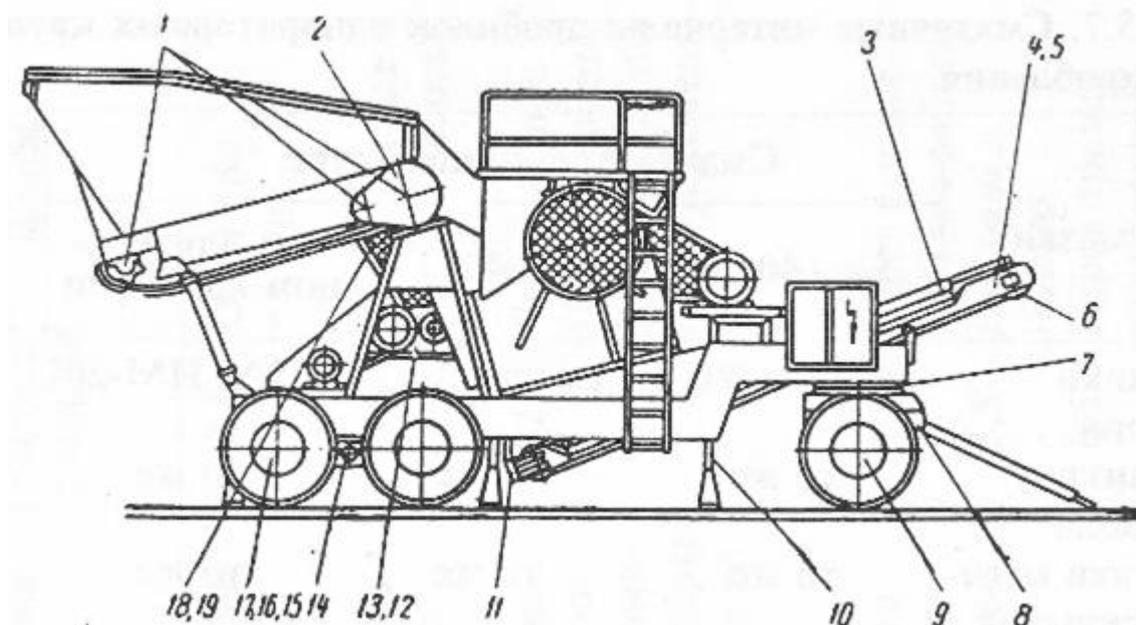


Рис. 27. Схема смазки передвижного агрегата среднего дробления: 1 — валы питателя; 2 — зубчатые колеса привода питателя; 3 — ролики конвейера; 4, 5 — редуктор конвейера; 6 — барабаны конвейера; 7, 8 — тележка передняя; 9 — колесо тележки; 10 — домкрат; 11 — натяжное устройство; 12, 13 — редуктор питателя; 14—17 задняя тележка; 18, 19 — привод питателя

Смазка питателя. Смазка подшипников осуществляется через пресс-масленки с помощью шприца.

Особое внимание следует обращать на смазку подшипников приводного и натяжного валов, а также вала контрпривода. Количество оборотов их мало, и при недостаточной смазке, а также при ее отсутствии, подшипники, как правило, не нагреваются, но могут быстро изнашиваться или выходить из строя.

Смазка транспортера. Нормальная работа транспортера во многом зависит от смазочного материала и периодичности смазки.

Данные по выбору смазочных материалов, нормам их расхода и периодичности смазки указаны в карте смазки транспортера. Перед смазкой шарикоподшипников загрязненная смазка должна быть удалена, а подшипники необходимо промыть в керосине, бензине или другом растворителе.

Смазка ходовой части. Смазка ходовой части производится по мере надобности перед транспортировкой.

Наименование смазываемых частей и места смазки указаны в карте смазки.

Смазка щековой дробилки. Смазка щековой дробилки производится согласно инструкции 254-11.

Смазка других моделей технологического оборудования и агрегатов хотя и имеет свои специфические особенности, все же близка к смазке рассмотренных выше машин, поэтому при изучении механического оборудования и технологических комплексов вопросы смазки дополнительных трудностей у студентов не вызывают. Карты смазки оборудования и агрегатов приводятся в инструкциях по их эксплуатации. При разработке нового оборудования схему и карту смазки можно составить по аналогии со смазкой подобных машин и агрегатов.

Табл.9.Карта смазки передвижного агрегата среднего дробления

№	Наименование узла	Место смазки	Кол-во смазываемых точек	Применяемая смазка	Способ смазки	Норма расхода в год, кг	Периодичность
	Ведущий, ведомый валы. Вал контрпри-вода (питатель)	Подшипни-ки (пресс-масленки)		Солидол	Шприцем	4,5	Один раз в смену
	Зубчатые коле-са привода питателя	Поверх-ность зубьев		Смазка гра-фитная (УСсА) ГОСТ 3333-80	Вручную кистью	3,2	Через каждые 100 часов работы
	Ролик	Подшипник	-	Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Набивка вручную		Через каждые 1000 часов
	Редуктор транспортера (шестерни)	Ванна редуктора		Масло трансмиссионное автотракторное ГОСТ 23652-79	Непрерывное разбрызгивание	1,12	Добавляет-ся по масло-указателю
	Редуктор транспортера (подшипники)	Полость подшипника		Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Набивка вручную	1,7	Через каждые 1300 часов работы
	Барабаны (натяжной, приводной)	Подшипни-ки (пресс-масленки)		Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Шприцем	3,5	Два раза в неделю
	Тележка передняя	Опора тележки (пресс-масленки)		То же	То же	0,5	Перед транспортровкой
	Тележка передняя	Пальцы дышла и рессор		То же	То же	0,5	То же
	Ось со ступи-цами передней тележки	Подшипни-ки (пресс-масленки)		То же	То же	0,7	То же
	Домкрат	Винт домкрата		То же	То же	3,0	Каждые 600 часов
	Натяжное устройство	Винты		То же	Вручную кистью	0,54	Добавлять по масло-указателю
	Редуктор питателя (шестерни)	Ванна редуктора		Масло трансмиссионное автотракторное ГОСТ 23652-79	Непрерывное разбрызгивание	5,5	То же
	Редуктор питателя (подшипники)	Полость подшипника		Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Набивка вручную	2,5	Через каждые 1500 часов работы
	Ось задней тележки	Втулка (пресс-масленки)		Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Шприцем	2,8	Перед транспортровкой
	Ступицы задней тележки	Пресс-масленки		То же	То же	1,4	То же

	Пальцы разжимные	То же		То же	То же	0,3	То же
	Пальцы тормозных колодок	То же		То же	То же	0,3	То же
	Приводная цепь питателя	Цепь		Смазка гра-фитная (УСсА) ГОСТ 3333-80	Вручную кистью	16,5	Через каждые 400-600 часов работы
	Ролик натяж-ной цепной передачи	Подшипни-ки		Солидол УСс ГОСТ 4366-76	Шприцем	0,24	Один раз в месяц

Раздел VII.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Общие сведения о ремонте машин

Процесс создания какой-либо продукции принято называть производством. Под технологией понимается совокупность методов создания или изменения состояния изделий, применяемых в процессе производства.

В зависимости от количества марок ремонтируемого оборудования, сборочных единиц или деталей (в дальнейшем — изделий), объема их выпуска одним предприятием различают три типа производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется малым объемом ремонта однотипных изделий на ограниченном количестве рабочих мест одного предприятия. Такой тип производства присущ мастерским мелких предприятий, а на других предприятиях он используется для ремонта изделий, находящих ограниченное применение.

При серийном производстве ремонт изделий ведется периодически повторяющимися партиями (сериями) на значительной части рабочих мест предприятия. В зависимости от количества ремонтируемых изделий различают мелко-, средне- и крупносерийное производство. Все три названных вида производства применяются и в мастерских, и на ремонтных заводах.

Массовое производство характеризуется большим объемом ремонта однотипных изделий, непрерывно ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна операция. Этот тип производства находит применение на предприятиях, ремонтирующих двигатели внутреннего сгорания и другие составные части машин.

Под рабочим местом понимается зона, оснащенная необходимым оборудованием, приспособлениями и инструментом, в которой совершается трудовая деятельность ремонтного рабочего или группы рабочих, совместно выполняющих одну работу или операцию.

Совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых для восстановления работоспособности изделий, называется производственным процессом ремонта. Он включает в себя все виды работ на всех этапах ремонта изделий, начиная с подготовки их к ремонту и заканчивая сдачей заказчику.

Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния ремонтируемых изделий, составляет технологический процесс ремонта. Он относится к машине в целом, ее сборочным единицам, деталям, видам ремонта или работ, например технологический процесс капитального ремонта машины, ее разборки, сборки, восстановления отдельных деталей. На рис. показана общая схема технологического процесса ремонта машины.

Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, называется технологической операцией.

Процессы, которые применимы к нескольким изделиям или видам работ, называют общетехнологическими: очистка изделий от загрязнений, их разборка, дефектация, восстановление деталей и др.

Методы ремонта

По признаку сохранения принадлежности составных частей к ремонтируемому изделию различают необезличенный и обезличенный методы ремонта.

Необезличенный (индивидуальный) метод — ремонт, при котором сохраняется принадлежность восстановленных составных частей определенному экземпляру, т.е. тому экземпляру, которому они принадлежали до ремонта. При этом методе сохраняется взаимная приработанность деталей, их первоначальная взаимосвязь, благодаря чему качество ремонта оказывается, как правило, более высоким, чем при обезличенном методе. Существенные недостатки необезличенного метода ремонта заключаются в том, что при нем значительно усложняется организация ремонтных работ и неизбежно увеличивается длительность нахождения изделия в ремонте.

Обезличенный метод — ремонт, при котором не сохраняется принадлежность восстановления составных частей определенному экземпляру. Снятые агрегаты и узлы при этом методе заменяются отремонтированными или новыми, а неисправные агрегаты и узлы подвергаются ремонту и идут на комплектование оборотного фонда. При обезличенном методе ремонта упрощается организация ремонтных работ и значительно сокращается длительность пребывания оборудования в ремонте. Экономия времени достигается за счет того, что объекты ремонта не ожидают, пока будут отремонтированы снятые с них составные части.

Агрегатный метод — обезличенный ремонт, при котором неисправные агрегаты заменяются новыми или заранее отремонтированными, взятыми из оборотного фонда. Замена агрегатов может выполняться после отказа изделия или по плану.

Основным преимуществом агрегатного метода ремонта является сокращение срока ремонта машин и повышение вследствие этого коэффициента их использования.

Метод периодической замены ремонтных комплектов (ПЗРК) заключается в том, что все сборочные единицы машины с примерно одинаковыми сроками службы группируются в ремонтные комплекты со сроками службы, кратными наименее стойкому комплекту.

Для установления периодичности замен комплектов необходимо установить ресурс наименее стойкого комплекта.

Ремонтные комплекты ремонтируют централизованно на заводах, а их замену производят в условиях эксплуатации.

При замене комплектов, а не отдельных агрегатов, сокращается количество ремонтов машин и уменьшается простой в ремонтах.

Обязательным условием для организации ремонта машин путем ПЗРК является требование к установлению кратности сроков службы узлов данной машины к срокам службы группы узлов наименьшей стойкости. Это условие можно записать в следующем виде:

$$F = \sum_{i=1}^n k_1 t_i^{(1)} + \sum_{i=1}^m k_2 t_i^{(2)} + \dots + \sum_{i=1}^L T_i, \quad (65)$$

где F — количество узлов данной машины; $t_i^{(1)}$; $t_i^{(2)}$ — срок службы узлов данной группы; T_i — срок службы наиболее стойких узлов, входящих в конечный комплект; k_1 ; k_2 — целые числа.

Приведенная формула определяет количество узлов конкретной машины с учетом их сроков службы.

Если установить $T_i = 1$, то целые числа k будут связаны с t_i и T_i зависимостью:

$$k_1 t_i^{(1)} = k_2 t_i^{(2)} = k_n t_i^{(n)} = T_i, \quad (66)$$

Из формулы следует: $k = T_i / t_i$

Числа k показывают, во сколько раз срок службы узлов данной группы меньше срока службы наиболее долговечных узлов.

Физический смысл k при ремонтах машин путем периодической замены ремонтных комплектов заключается в определении количества ремонтов, выполняемых за полный цикл конкретной машины.

Организация труда при ремонте

Выбор формы организации труда зависит от объема работ и характера ремонтируемых объектов (многообразия моделей, различных типов ремонтируемых машин). В практике ремонта сложились следующие формы организации труда: бригадная, постовая и бригадно-постовая.

Бригадная форма — это такая форма организации труда, при которой весь объем основных ремонтных работ (разборно-сборочные, слесарно-пригоночные, регулировочно-обкаточные) выполняется определенной группой рабочих. Только отдельные работы, такие как сварочные, кузнечные, механические, выполняют специальные рабочие. Эта форма имеет ряд существенных недостатков: труд по ремонту не разделяется между отдельными исполнителями в бригадах, низкая производительность труда, большой расход запасных частей, высокая стоимость ремонта и низкое его качество.

Прибегать к этой форме приходится во время ремонта простых машин, а также при ремонте единичных специальных машин. Малая производственная программа ремонта этих машин делает нецелесообразным расчленение производственного процесса по постам.

Постовая форма — это такая форма организации труда, при которой весь производственный процесс ремонта расчленен на группы операций. Каждая такая группа завершает технологический процесс ремонта, например, ремонт и сборка, ремонт коробки передач, гидроцилиндра, насоса и т.п.

Постовая форма организации труда предусматривает наличие рабочих постов, то есть постоянных рабочих мест по всем элементам технологии ремонта машин, оборудованных и оснащенных всеми необходимыми приборами, приспособлениями и инструментом с постоянными исполнителями на этих рабочих местах. Квалификация исполнителей должна соответствовать операциям, выполняемым рабочим постом на том или ином рабочем месте.

Большая эффективность постовой формы организации труда определяется относительно широким разделением труда и специализацией исполнителей по отдельным операциям, что дает возможность повысить производительность труда и улучшить его качество; правильным расположением рабочих мест, постов и отделений, что позволяет исключить противотоки, излишние транспортировки деталей и агрегатов ремонтируемых машин; снижением себестоимости ремонта в связи с повышением производительности труда, улучшением использования оборудования, приборов и приспособлений, а также производственных площадей.

Постовую форму организации труда целесообразно применять на специализированных ремонтных предприятиях, где преобладает крупносерийный ремонт однотипных машин и агрегатов.

Бригадно-постовая форма организации труда является сочетанием первых двух форм. В этом случае значительную часть работ по ремонту машин (разборку, сборку и ремонт наиболее простых составных частей) выполняет бригада, ремонтирующая машину, а специальные работы (механические, сварочные и др.) проводят на специализированных рабочих постах.

Сетевое планирование при организации ремонта оборудования

Для улучшения планирования и управления ремонтным производством на специализированных предприятиях целесообразно использовать сетевые графики, которые являются основой сетевого планирования и управления, позволяющего анализировать правильность кооперации и взаимосвязи ремонтных предприятий, выявлять резервы ремонтного производства и сокращать сроки ремонта оборудования.

Основой для составления сетевого графика является перечень событий и работ по рассматриваемому производственному процессу (ремонт оборудования, техническая подготовка и др.).

Сетевой график — это технологическая модель производственного процесса, наглядно показывающая взаимосвязь подлежащих выполнению работ. В отличие от линейных сетевые графики обладают большой наглядностью и логичностью. Это особенно заметно при ремонте сложных объектов с большим количеством исполнителей.

Сетевой график планирования позволяет предусмотреть и учесть все организационные, производственные и технологические издержки времени, связанные с оформлением приема в ремонт, подготовкой, проведением ремонта и сдачей готовой продукции, а также выявить организационные и технологические резервы, позволяющие провести ремонт в более сжатые сроки и с меньшими издержками производства.

При сетевом планировании применяются следующие термины и понятия.

Работа — это процесс, на который расходуется время и трудовые ресурсы. На графике работа обозначается безмасштабной стрелкой.

Событие обозначает сам факт начала или окончания какой-либо работы. На событие не расходуется ни время, ни ресурсы. Оно обычно изображается на графике кружком. События нумеруются порядковыми числами 0, 1, 2 и т.д. Между двумя смежными событиями может быть только одна работа. Продолжительность работы обозначается буквой t с индексами номеров начального и конечного событий, например: t_{1-2} ; t_{2-3} и т.д.

Последовательность событий показывает, какое событие не может произойти до выполнения предыдущего. Порядок событий определяется направлением стрелок.

Фиктивная зависимость — связь между событиями, не требующая затрат времени. Она обозначается так же как и работа, но стрелку делают пунктирной.

Путем называется любая последовательность работ в сети. Продолжительность (длина) любого пути (t) равна сумме продолжительностей составляющих его работ.

Критический путь — это путь, имеющий наибольшую продолжительность, т.е. наибольшее время, расходуемое на переход от начального к конечному событию. Обозначается на рисунке жирной линией или двумя линиями. События критического пути не имеют резервов времени.

Основными элементами сетевого графика являются стрелки, отображающие виды работ, и кружки между стрелками, обозначающие события — переход от одной работы к другой или, точнее, факт окончания одной работы или начала последующей. В каждом графике могут быть два особых события — исходное, не являющееся результатом каких-либо работ, и завершающее,

которое является конечной целью выполнения данного комплекса работ, например, сдача объекта в эксплуатацию, испытание отремонтированной машины и оборудования.

Сетевой график вычерчивается не в масштабе, структура его может быть весьма различна.

На сетевом графике (рис.29) работа А представлена стрелкой 0-1, под которой указана продолжительность работы в днях. Следующая за ней работа В продолжается 2 дня, а работа С — 4 дня. Работа В обозначается стрелкой 1-2, а работа С — стрелкой 1-3, т. к. эти работы начинаются одновременно после окончания работы А. Продолжительность работы, как и любого процесса, может быть измерена в часах, днях, неделях и т.д. Работа может иметь и другие оценки — трудоемкость, стоимость и т.п.

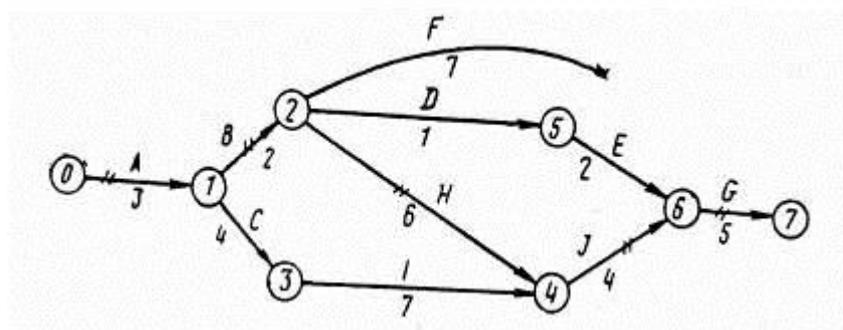


Рис. 29. Принципиальная схема сетевого графика

В практике построения сетевых графиков иногда необходимо прибегать к фиктивным работам, отображающим логическую связь между отдельными работами, обозначая, что начало одной или нескольких работ зависит от окончания других одной или нескольких работ, с ней связанных.

Стрелки на сетевом графике, соединяющие два события, предшествующие данной работе и следующие за ней, позволяют закодировать работы, представленные на сетевом графике. Так, работа А (см. рис.) имеет код 0—1, работа В — код 1—2, работа С — код 1—3, работа Н — код 2—4 и т.д.

Критических путей с одинаковой продолжительностью может быть несколько.

Для того чтобы найти раннее начало и позднее окончание работ, входящих в событие и выходящих из него, необходимо каждый кружок сетевого графика разбить на четыре части. В верхнем секторе записывается номер события, в нижнем — номер предшествующего события, через которое к данному идет максимальный путь. В левом секторе события записывается раннее начало последующей работы $t_B^{P.H}$, а в правом секторе — позднее окончание предыдущей работы $t_A^{П.О}$. Следует иметь в виду, что раннее начало работ или позднее их окончание есть счет времени от начала или конца работ по сетевому графику.

№ су-ток	Количество ремонтного персонала					События	№ события	Описание события	Продолжительность события в ч	
	№ смены в течение суток	Сле-сарь	Свар-щик	Рез-чик	Порядковый № смены				расчет-ная	факти-ческая
13	1	5	1	2	37	13	13-1	Демонтаж блока с бандажом и транспортировка его из цеха	30	
	2	5	1	2	38					
	3	5	1	2	39					
14	1	5	1	2	40	1	1-2	Подготовка нового блока к подъему	8	
	2	10	2	2	41	2	1-3	Установка промежуточных рам	8	
	3	5	1	1	42					
15	1	5	1	1	43	3	3-4	Установка нового блока на ролики	32	
	2	5	1	1	44					
	3	5	1	1	45					
16	1	5	1	1	46	4	4-5	Стыковка нового блока к опоре IV	24	
	2	5	1	1	47					
	3	5	1	1	48					
17	1	0	3	2	49	5	5-6	Обварка стыка	8	
	2	3	1	1	50					
	3	3	1	1	51					

Рис.30.Сетевой график ремонта печи.

Главной задачей руководителей при составлении плана и в процессе производства работ является сокращение продолжительности работ, попавших на критический путь, тщательный контроль за соблюдением установленных сроков выполнения этих работ и принятие необходимых мер для их выполнения.

При составлении сетевых графиков необходимо соблюдать ряд правил: нельзя допускать тупиков, т.е. событий, после которых не начинается ни одна работа. Тупик указывает либо на ошибку, либо на то, что результат работ, предшествующих этому событию, не нужен; не должно быть событий, в которые не входит ни одна работа, за исключением событий, которые для данной сети являются исходными; не должно быть замкнутых контуров — их наличие указывает на случайную или логическую ошибку, допущенную при построении сети, эту ошибку нужно устранить во избежание более крупных ошибок в планировании; нельзя обозначать разные работы одинаковым шифром (кодом) — такие ошибки возможны при параллельном выполнении ряда работ. В этом случае необходимо прибегать к дополнительным событиям и фиктивным работам.

Перед построением сетевого графика надо составить ведомость работ с указанием трудоемкости и продолжительности отдельных видов работ. При этом должны быть использованы прогрессивные нормативы трудоемкости.

Ответственные исполнители, получив задание, составляют технологию ремонта данного узла в виде частных сетевых графиков (рис.31), в которых должны быть наиболее полно отражены последовательность и взаимосвязь между работами по ремонту отдельных узлов.

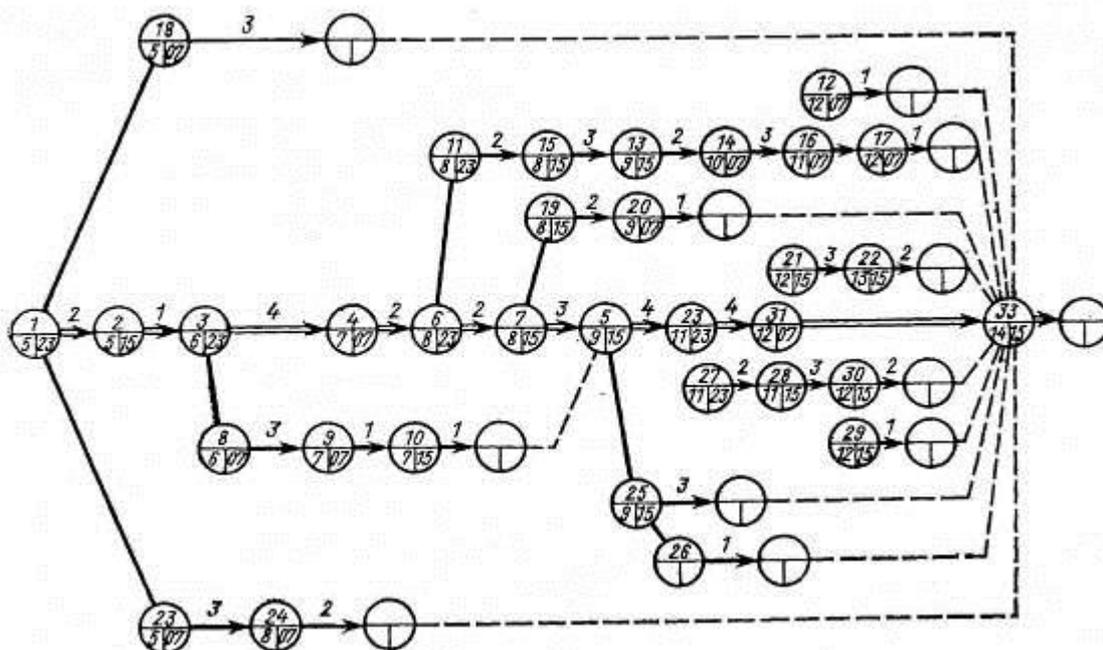


Рис.31. Сводный сетевой график ремонта печи

Во время производства работ большое внимание уделяется работам, лежащим на критическом пути, так как нарушение сроков их выполнения может привести к срыву графика.

Описание событий, помещенное рядом с сетевым графиком, делает его более наглядным и доходчивым для исполнителей. На этом графике с помощью стрелок (характеризующих работу и зависимость) и кружков (характеризующих результат одной или нескольких работ) показывают последовательность и взаимосвязь работ по ремонту узла.

По частным сетевым графикам составляют сводный сетевой график (рис. 31). При этом выясняется последовательность и взаимосвязь ремонта узлов (табл.10).

Общая продолжительность ремонта определяется длиной критического пути, который составляет работы, имеющие нулевой резерв времени (критический путь показан двойной линией). Работа, продолжительность которой не определяет конечного срока ремонта, показана на графике одинарной стрелкой. Если расчетная продолжительность критического пути превышает нормативный срок ремонта, то разрабатывают мероприятия по сокращению критического пути. В этом случае пересматривают и уточняют первоначальные временные оценки, рассматривают возможности изменения технологии ремонта узлов с целью максимального совмещения работ, приводя бригады на отдельных участках на 2-3-сменную работу, повышают механовооруженность на напряженных участках.

Табл. 10. Последовательность ремонтных работ

Шифр (код) работы	События (виды работ)
	Остановка и охлаждение вращающейся печи Удаление футеровки Ревизия подшипников опорных роликов Замена опорных роликов Выверка бандажей с установкой прокладок Поворот подвенцовой шестерни на 180° Замена контрольных роликов Ревизия редуктора Ремонт уплотнителя холодного конца печи Ремонт уплотнителя горячего конца печи Ревизия цапфовых подшипников концентратора Выверка горизонтальности концентратора Поворот венцов пары концентратора на 180° Замена сменных листов концентратора Замена колосников

<p>концетратора Замена кожуха концетратора Замена печи концетратора Замена циклонов Ремонт корпуса дымососа Ревизия ротора Замена стенок электрофильтра Замена механизма встряхивания Ремонт пневмовентовых насосов Ревизия шнеков Ремонт гранулятора Ревизия редуктора гранулятора Ремонт балок колосникового холодильника Замена колосников холодильника Замена волоочильных цепей и воронок холодильника Ревизия привода муфт Футеровка печи Проверка и регулировка осей печи Пуск печи в эксплуатацию</p>
--

Система сетевого планирования дает возможность:

- выявить критические работы и обратить особое внимание руководителей на их выполнение;
- получить данные о фактическом состоянии работ и, используя их, осуществлять непрерывное планирование работ путем корректировки планов с учетом возникающих изменений;
- более эффективно использовать имеющиеся ресурсы путем выявленных критических работ и резервов времени на остальных (некритических) работах.

Разборка оборудования.

Разборка — один из ответственных этапов технологического процесса ремонта. Качество выполнения разборочных работ оказывает влияние на продолжительность и стоимость ремонта оборудования. При разборке необходимо обеспечить исправность и сохранность деталей, а также комплектность деталей, не подлежащих обезличиванию.

При плохой организации разборки значительное количество деталей может получить повреждения: забоины, риски, смятие, поломки и срывы резьбы. Возможны случаи повреждения деталей в результате нарушения принятой последовательности разборки и отсутствия необходимой технологической оснастки. Вследствие этого часть деталей может быть забракована или появится необходимость в проведении дополнительных работ для устранения возникающих неисправностей. Установлено, что потребность в приобретении ремонтными предприятиями новых крепежных деталей в основном определяется качеством выполнения разборочных работ.

Каждую операцию разборки выполняют на соответствующем посту с использованием инструментов и приспособлений, предусмотренных технологическим процессом. Ряд неподвижных соединений разбирают лишь в том случае, если нужно заменить одну из изношенных или повреждённых деталей. При разборке совместно обработанные или нуждающиеся во взаимной приработке детали не обезличивают. Порядок разборки необходимо выполнять в соответствии с технологическими процессами на разборку оборудования и его составных частей. Сначала снимают легкоповреждаемые и защитные части (детали электрооборудования, топливо- и маслоприводы, шланги, кожухи). Затем отделяют самостоятельные составные части и сборочные единицы. Заканчивают разборку полным освобождением рам, базовых и корпусных деталей от установленных на них сборочных единиц и деталей.

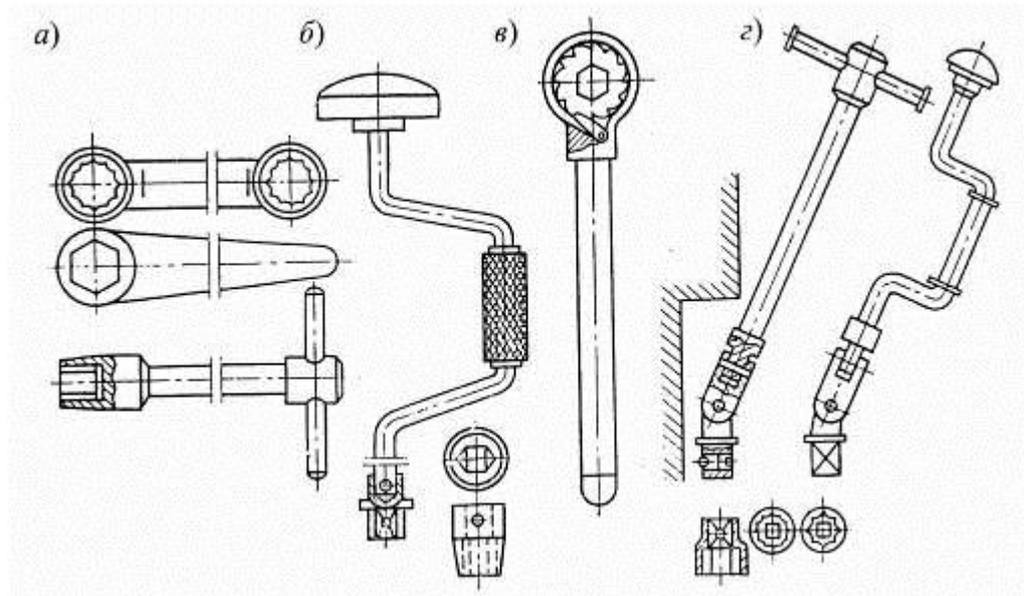


Рис.32. Ключи гаечные: а — накидные и торцовые; б — комбинированные; в — трещоточные; г — с шарнирными наконечниками

При разборке необходимо пользоваться съемниками, приспособлениями и специальным инструментом, которые обеспечивают центрирование снимаемой детали относительно базовой и равномерное распределение усилий.

При выпрессовке колец подшипников, втулок, сальников, уплотнений из корпусных деталей или стаканов и ступиц не разрешается ударять стальным молотком по снимаемым деталям. Для этого применяют наставки, оправки, приспособления, а также выколотки с более мягкими наконечниками (молотки с медными бойками). При вывертывании болтов и отвертывании гаек используют различные гаечные ключи (рис.32), размер которых должен соответствовать размеру головки болта или гайки. Не допускается смятие граней болтов, гаек, винтов. В специализированных ремонтных предприятиях необходимо пользоваться гайковертами, что увеличивает производительность труда более чем в два раза.

При отсоединении трубопроводов топлива, воздуха, систем смазки предварительно тщательно очищают поверхности соединений.

Отверстия отсоединенных трубопроводов закрывают крышками или пробками во избежание попадания в них грязи и посторонних предметов.

При разъединении частей сборочной единицы необходимо наносить четкие метки совмещения на сопрягаемых деталях для того, чтобы при сборке установить детали в прежнее положение.

Для того чтобы при сборке установить регулировочные прокладки в прежнем количестве и порядке и сохранить установленные зазоры, при разборке регулировочные прокладки следует связывать в пакет.

Сохранность деталей в процессе разборки обеспечивается также правильным их хранением и транспортированием. Для укладки деталей применяют специальные стеллажи-тележки, различные подставки, ящички с ячейками для болтов, гаек, шплинтов.

Разборка резьбовых соединений. Резьбовые соединения в машинах и оборудовании (составляют 50—60 % от числа всех соединений), поэтому механизация их разборки значительно повышает производительность труда. Эти соединения разбирают с помощью ручного инструмента (ключей), гайковертов, шпильковертов и шурупвертов.

В единичном производстве разборочные работы выполняют с помощью ручного инструмента — ключей гаечных, разводных, со сменной головкой. Наиболее эффективно применение

коловоротных и трещоточных ключей, позволяющее снизить трудоемкость разборки в несколько раз.

К ручным машинам относятся гайковерты, шпильковерты и шуруповерты. При подборе ручных машин следует руководствоваться величиной крутящего момента, необходимого для отворачивания соединения, имеющего определенный размер резьбы:

Размер резьбы	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
Крутящий момент, Нм	15-20	20-50	40-80	60-120	100-150	150-200	180-300	200-350	300-450	350-500

Ручные машины по виду используемой энергии могут быть электрическими, пневматическими и гидравлическими. Наиболее распространены ручные машины с электрическим и пневматическим приводом (табл. 11 и 12). Наиболее рациональны и перспективны из электрических ручных машин высокочастотные с частотой 200 Гц и напряжением 36 В.

Таблица 11. Техническая характеристика электрических гайковертов				
Показатель	ИЭ-ЗПЗА	ИЭ-31323	ИЭ-3118А	ИЭ-ЗПЗБ
Мощность двигателя, Вт	320	380	365	420
Напряжение, В	220	36	42	220
Частота тока, Гц	50	200	200	50
Диаметр завинчиваемой резьбы, мм	6	8—20	12—20	18—30
Момент затяжки, Н-м	100	250	125	700
Масса, кг	1,9	4,5	5,5	5,1
Таблица 12. Техническая характеристика пневматических гайковертов				
Показатель	ИП-3127	ИП-3131	ИП-3128	ИП-3115
Давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	0,63	0,7	1,1	1,6
Наибольший диаметр завинчиваемой резьбы, мм	16	18	42	52
Момент затяжки, Н-м	160	275	400	500
Масса, кг	1,88	2,7	8,6	13

Для улучшения условий труда ручную машину закрепляют над местом разборки узлов и агрегатов или машины на подвесках — эластичных или жестких. Эластичные подвески с цилиндрической и спиральной пружинами не воспринимают на себя реактивный крутящий момент, поэтому их следует применять для инструмента, развивающего крутящий момент до 100 Н-м. Жесткая подвеска более удобна при пользовании, ее можно применять для инструмента с любым крутящим моментом.

Для разборки узлов и агрегатов на специализированных ремонтных предприятиях применяют электромеханические гайковерты. Недостаток электромеханических гайковертов — это отсутствие специальных подъемников и кантователей для установки и перемещения разбираемых или собираемых узлов, что приводит к значительным затратам труда на подготовку узлов и агрегатов к разборке.

Значение усилий при разборке резьбовых соединений с гарантированным натягом в 1,5—2,5 раза выше, чем при сборке.

Разборка прессовых соединений. Широко распространены соединения деталей с помощью посадок с натягом. Основным оборудованием для разборки посадок с натягом служат прессы и съемники. По характеру использования прессы подразделяются на *стационарные* и *переносные*. В зависимости от расположения штока и направления действия создаваемого усилия применяют вертикальные и горизонтальные прессы.

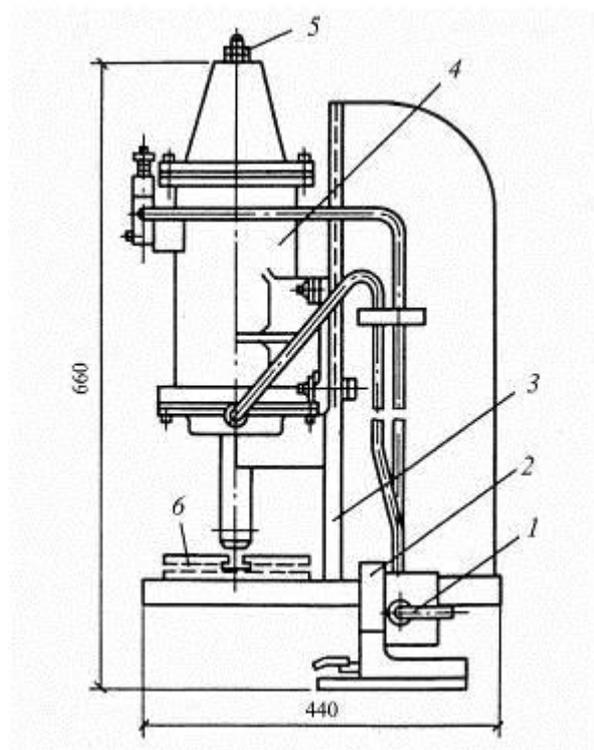


Рис.33. Пресс пневматический: 1 — распределительный кран; 2 — станина; 3 — направляющие; 4 — пневмоцилиндр; 5 — регулировочные гайки; 6 — стол

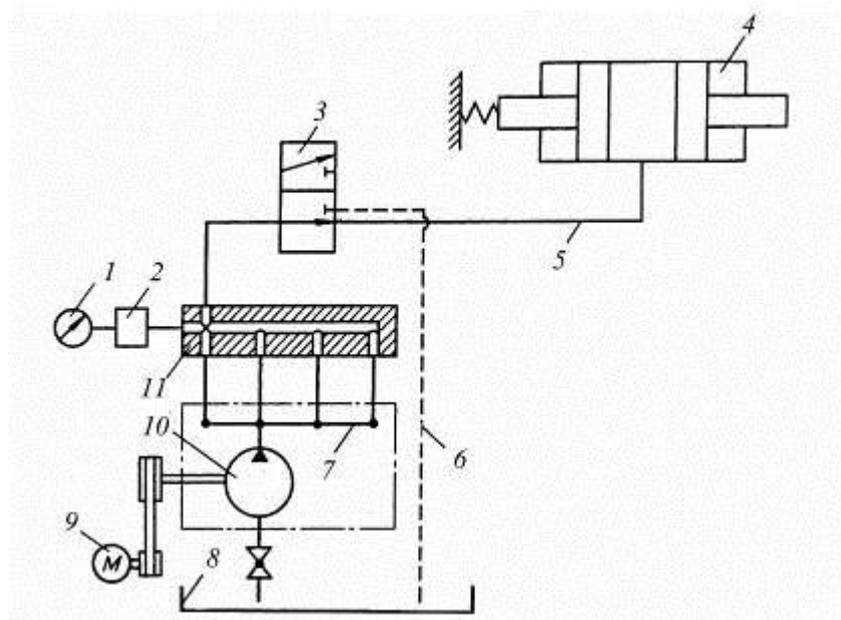


Рис.34. Схема гидроагрегата: 1 — манометр; 2 — компенсатор; 3 — перепускной вентиль; 4 — гидроцилиндр; 5 — рабочая магистраль; 6 — сливная трубка; 7 — трубки

Различают также универсальные, специальные, ручные и приводные прессы. **Ручные прессы** выполняют реечными, винтовыми эксцентриковыми, приводные — пневматическими, гидравлическими и пневмогидравлическими.

Пневматические прессы по конструктивному оформлению силового узла могут быть с непосредственной передачей усилия запрессовки от штока пневматического цилиндра на ползун и рычажные. Прессы первого типа, хотя и более простые по конструкции, имеют ограниченное применение, так как они создают усилие не более 15 000 Н.

Рычажные пневматические прессы создают усилия запрессовки более 15 000 Н и поэтому широко применяются при запрессовке и распрессовке различных деталей.

Пресс пневматический с непосредственной передачей усилия запрессовки на ползун (рис.33) представляет собой станину с направляющими, по которым перемещается корпус пневмоцилиндра. Усилие на рабочий шток передают поршни пневмоцилиндра посредством сжатого воздуха, поступающего из воздушной магистрали в распределительный кран. Величина хода рабочего штока регулируется гайками. Для установки и крепления оправок на рабочем штоке и в плите стола предусмотрены посадочные и крепежные места. При выполнении прессовых операций используют передвижной гидроагрегат высокого давления (рис.34).

Передвижной гидроагрегат работает следующим образом. Электродвигатель через ременную передачу приводит в действие плунжерный насос. Насос через трубки высокого давления нагнетает жидкость в коллектор и создает в нем необходимое для работы давление. Для контроля за движением в коллекторе установлен манометр. Чтобы предотвратить вибрацию стрелки манометра при работе плунжерной системы насоса между манометром и коллектором установлен компенсатор.

При закрытом перепускном вентиле по рабочей магистрали жидкость направляется в рабочую полость гидроцилиндра, который осуществляет прессовые операции.

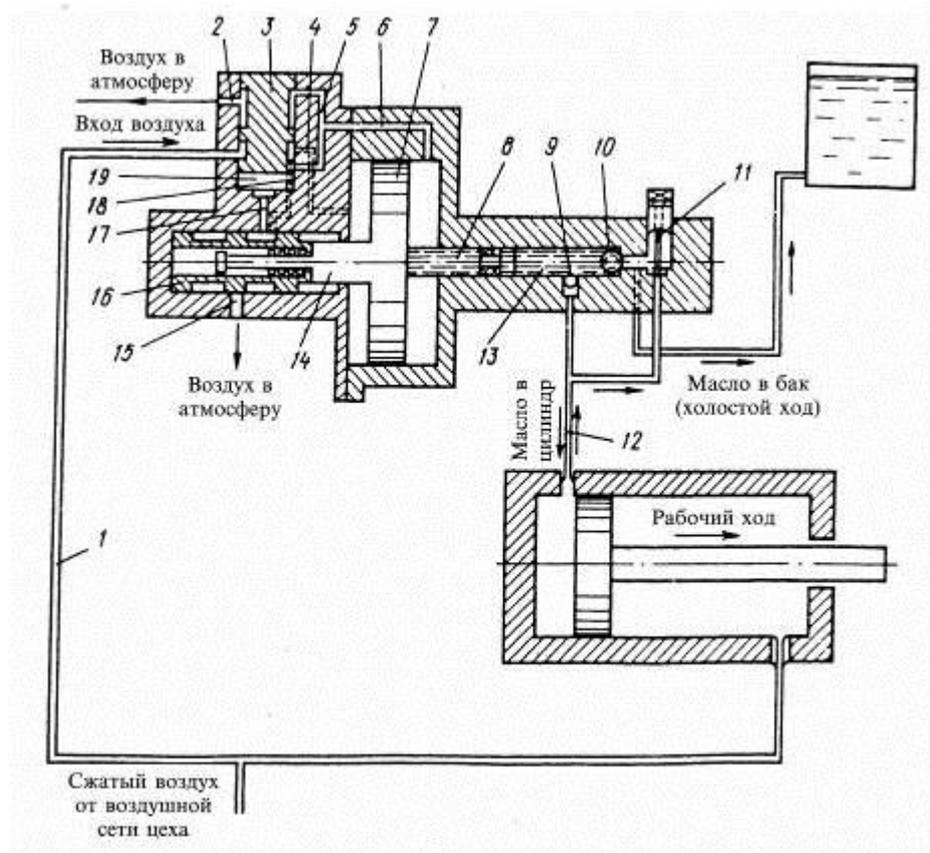


Рис.35. Схема пневмогидравлической головки: 1 — магистраль для подачи воздуха; 2 — отверстие; 3 — распределительный золотник; 4, 5, 6, 15, 17, 18 — каналы; 7 — поршень; 8 — шток; 9 — нагнетательный клапан; 10 — клапан; 11 — запорная игла; 12 — магистраль для масла; 13 и 19 — камеры; 14 — стержень; 16 — золотник

По окончании операции запрессовки или распрессовки составных частей изделия открывается перепускной вентиль, полости трубок рабочей магистрали и высокого давления соединяются с

полостью сливной трубки. При этом давление жидкости в магистрали падает, а жидкость, нагнетаемая насосом, через сливную трубку поступает в масляный бак.

Для того чтобы отключить гидроцилиндр, необходимо выключить электродвигатель, открыть перепускной клапан и вернуть поршень в исходное положение путем перекачки жидкости, заполняющей рабочую полость цилиндра, через сливную трубку обратно в бак.

Пневмогидравлические прессы. Передвижные агрегаты с пневмогидравлическим приводом имеют возможность преобразования давления воздуха цеховой магистрали (0,5 МПа) до высокого давления в гидроцилиндре (32 МПа) без использования насосных установок.

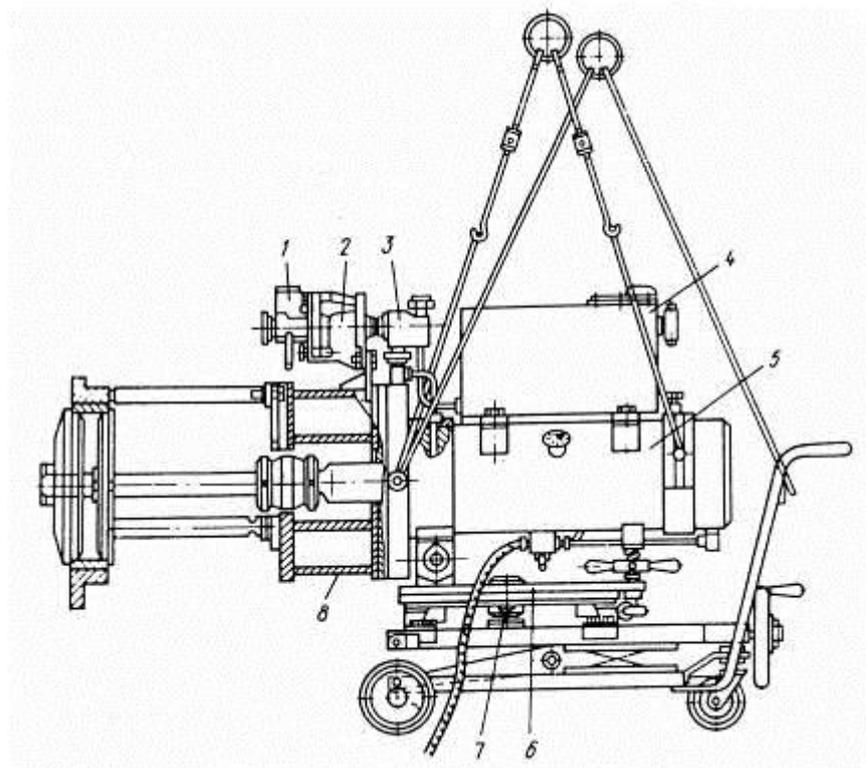


Рис.36. Передвижной пресс: 1 — пневматическая головка; 2 — воздушный цилиндр; 3 — клапанная коробка; 4 — бак для масла; 5 — цилиндр; 6 — поворотный стол; 7 — тележка; 8 — опорный барабан

Принцип действия пневмогидравлической головки (рис.) заключается в следующем. Воздух через воздухоочистную сетку по магистрали поступает в кольцевую камеру распределительного золотника, а затем через канал 18, кольцевую камеру ходопеременного золотника и канал 17 проходит в камеру 19. Распределительный золотник перемещается в крайнее верхнее положение, и сжатый воздух по каналу 4 поступает в цилиндр и давит на поршень.

Стержень 14, передвигаясь вправо, вместе с поршнем перемещает вправо ходопеременный золотник. При этом камера 19 через канал 17, кольцевую камеру золотника и канал 15 соединяется с атмосферой. Соединительный золотник под действием сжатого воздуха магистрали перемещается в нижнее положение. В результате перемещения золотника пространство под поршнем сообщается с атмосферой через канал 4, кольцевую камеру золотника и отверстие 2.

Сжатый воздух из магистрали через кольцевую камеру золотника, канал 5 и 6 проходит в воздушный цилиндр, вследствие чего поршень перемещается влево.

При движении поршня шток создает в камере 13 попеременно сжатие и разрежение. При разрежении в камере открывается клапан 10 и масло засасывается в камеру из масляного бака.

При сжатии клапан 10 закрывается и открывается нагнетательный клапан 9. Масло под давлением протекает по магистрали 12 в полость цилиндра, перемещая поршень пресса.

Для перемещения штока пресса влево открывают запорную иглу и подают сжатый воздух из магистрали в штоковую полость пресса. Сжатый воздух перемещает поршень пресса влево и вытесняет масло по магистрали 12 обратно в масляный бак.

Пневмогидравлические головки используются в передвижных прессах для распрессовки и запрессовки втулок в базовых и крупногабаритных узлах различного оборудования.

Передвижной пресс (рис.36) питается сжатым воздухом под давлением 0,5 МПа от заводской сети. Передвигать его можно на специальной тележке или краном. Для выпрессовки и запрессовки втулок он снабжен комплектом наладок.

К месту работы пресс доставляют вручную на тележке или с помощью крана.

Прессом можно выпрессовывать и запрессовывать втулки, расположенные как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях. Для работы в вертикальном положении пресс с тележки зачаливают краном за задние два рым-болта и устанавливают вертикально над втулкой.

Для установки пресса совместно с выпрессовываемой или запрессовываемой втулкой пресс на тележке может поворачиваться в горизонтальной плоскости вокруг оси на 360° и перемещаться в вертикальной плоскости на высоту 630 мм.

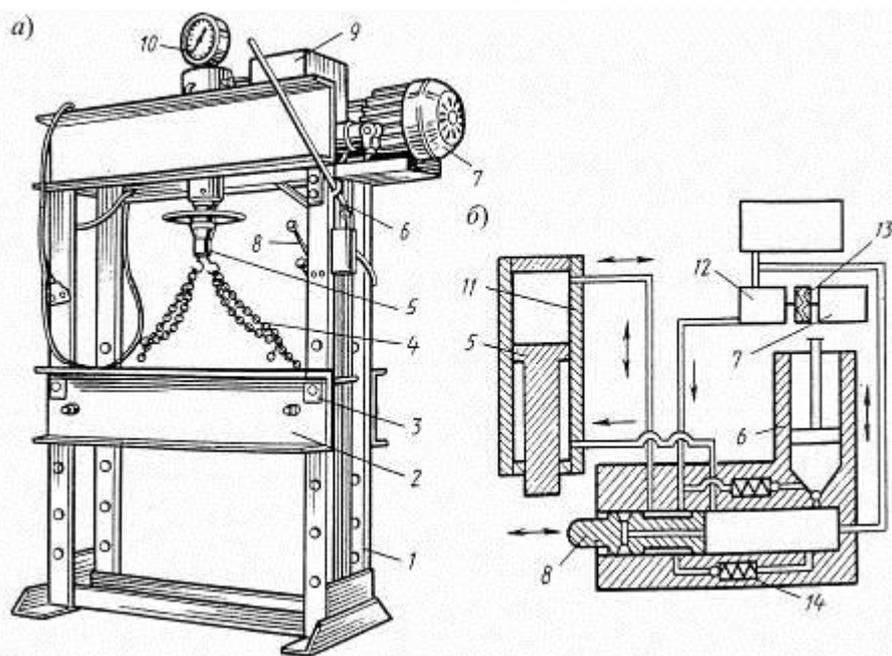


Рис.37. Стационарный гидравлический пресс ОКС-1671М: а — общий вид; б — гидравлическая схема; 1 — рама; 2 — станина; 3 — палец; 4 — цепи; 5 — шток; 6 — ручной насос; 7 — электродвигатель; 8 — золотник; 9 — бачок рабочей жидкости; 10 — манометр; 11 — гидроцилиндр; 12 — гидронасос; 13 — муфта; 14 — предохранительный клапан

Гидравлические прессы. Для выпрессовки и запрессовки втулок, подшипников, шестерен применяют также стационарные и переносные прессы. Наибольшее распространение из стационарных имеет пресс (рис.). Он состоит из рамы 1, на верхней части которой укреплен насос с электродвигателем 7, гидрораспределитель и гидроцилиндр 11 со штоком 5, а в средней части рамы — станина 2. Гидронасос 12, приводимый в действие электродвигателем 7, нагнетает рабочую жидкость к распределителю, и при соответствующем положении золотника 8 она поступает в цилиндр и передвигает шток 5. При отсутствии электроэнергии рабочую жидкость нагнетают ручным насосом 6. Рабочая жидкость пресса — промышленное масло. Вместимость бачка 6 л; мощность электродвигателя 1,7 кВт; максимальное давление в гидросистеме 20 МПа; усилие, создаваемое прессом, 400 кН.

Контроль и сортировка деталей.

Детали после очистки подвергают дефектации и сортировке.

Контроль и сортировку деталей производят на основании технических условий, составленных в виде карт, в которых указываются общая характеристика детали (материал, термическая обработка, твердость и основные размеры), способы обнаружения дефектов, номинальные допустимые без ремонта и предельные размеры деталей и способы ремонта.

В процессе контроля все детали разделяют на годные к использованию без ремонта, требующие ремонта и негодные, т.е. подлежащие выбраковке. На годных без ремонта деталях ставят кислотное клеймо годности или их помечают краской зеленого цвета. Детали, требующие ремонта, метят в желтый цвет, а выбракованные — в красный. Годные детали транспортируют в комплектовочное отделение или на склад. Детали, подлежащие ремонту, отправляют на склад деталей, ожидающих ремонта или непосредственно в механические цехи для восстановления. При контроле деталей с помощью наружного осмотра следует избегать субъективной оценки их годности по таким дефектам, как коррозия, обломы, глубина и характер кольцевых рисок, срыв отдельных ниток резьбы и другим. Для этой цели нужно использовать детали с аналогичными дефектами, утвержденными как эталоны, с которыми дефектовщик сравнивает контролируемую деталь.

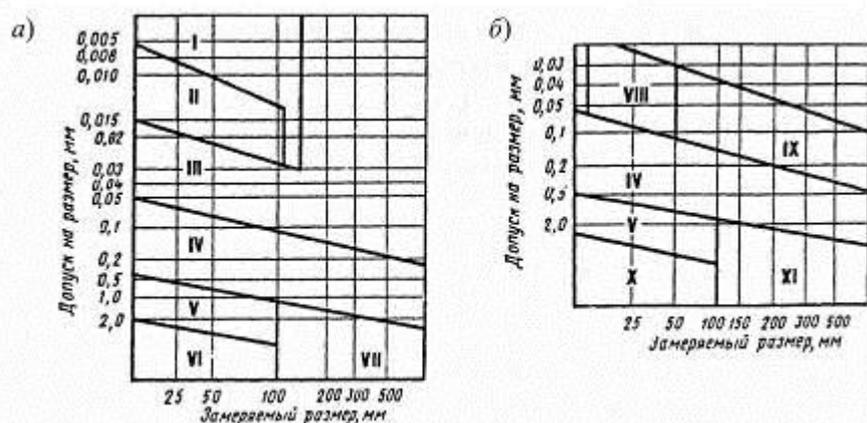


Рис.38. Номограмма выбора универсального измерительного инструмента для наружных (а) и внутренних (б) поверхностей: / — оптиметр-миниметр; // — рычажная скоба; III — микрометр с делениями 0,01 мм; IV — штангенциркуль с нониусом 1:5 мм; V — штангенциркуль с нониусом 1:50 мм; VI — пружинный кронциркуль; VII — обыкновенный кронциркуль; VIII — индикатор-нутромер; IX — микрометрический нутромер с делениями 0,01 мм; X — пружинный нутромер; XI — обыкновенный нутромер

Контроль деталей выполняют в определенной последовательности. В первую очередь проверяют износы и неисправности, по которым детали чаще всего выбраковывают. Эти износы и неисправности в зависимости от их характера определяют с помощью наружного осмотра, а в необходимых случаях — с помощью лупы 4- и 10-кратного увеличения, простукиванием (трещины на корпусных и алюминиевых деталях, посадку шпилек, втулок и т.д.), гидравлическим испытанием на специальных стендах для выявления скрытых дефектов (трещин, пор и т.д.), замером универсальными и специальными измерительными инструментами (скобами, шаблонами, калибрами), а также методами магнитной люминесцентной и ультразвуковой дефектоскопии.

Универсальные измерительные средства выбирают с учетом точности измерения и конструктивных особенностей измеряемой детали (учитывая при этом экономичность применения инструмента). Выбор того или иного универсального измерительного инструмента производят по номограмме (рис. 38).

При дефектовке деталей применяют браковочные предельные калибры (стандартами эти калибры не предусмотрены). Дефектовочными калибрами могут служить также стандартные регулируемые скобы, настроенные на соответствующий размер. Широкое применение при контроле деталей находят индикаторные нутромеры. Точность измерения отверстий с помощью этих приборов лежит в пределах от 0,03 до 0,05 мм, а при настройке их по специальным эталонным кольцам точность замера значительно повышается.

Методы и средства контроля размеров деталей

Состояние деталей и сопряжений можно определить осмотром, проверкой на ощупь, при помощи измерительных инструментов и другими методами.

В процессе осмотра выявляют разрушение детали (трещины, выкрашивание поверхностей, изломы и т.п.), наличие отложений (накипь, нагар и т.п.), течь воды, масла, топлива. Проверкой на ощупь определяют износ и смятие ниток резьбы на деталях, эластичность сальников, наличие задиров, царапин и других дефектов. Отклонения сопряжений от заданного зазора или натяга деталей от заданного размера, от плоскостности, формы, профиля и т.д. определяют при помощи измерительных инструментов.

При выборе средств контроля следует использовать средства, эффективные для конкретных условий и регламентированные государственными стандартами и стандартами предприятий.

В зависимости от производственной программы, стабильности измеряемых параметров могут быть использованы универсальные, механизированные или автоматические средства контроля. При ремонте наибольшее распространение получили универсальные измерительные приборы и инструменты. По принципу действия они могут быть разделены на следующие виды.

Механические приборы — линейки, штангенциркули, пружинные приборы, микрометрические и т.п. Как правило, механические приборы и инструменты отличаются простотой, высокой надежностью измерений, однако имеют сравнительно невысокую точность и производительность контроля. При измерениях необходимо соблюдать компараторный принцип, согласно которому необходимо, чтобы на одной прямой линии располагались ось шкалы прибора и контролируемый размер проверяемой детали, т.е. линия измерения должна являться продолжением линии шкалы. Если этот принцип не выдерживается, то перекося и непараллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения.

Оптические приборы — окулярные микрометры, измерительные микроскопы, коллимационные и пружинно-оптические приборы, проекторы и т.д. При помощи оптических приборов достигается наивысшая точность измерений. Однако приборы этого вида сложны, их настройка и измерение требуют больших затрат времени, они дороги и часто не обладают высокой надежностью.

Пневматические приборы — длинномеры. Этот вид приборов используется в основном для измерений наружных и внутренних размеров, отклонений формы поверхностей (в том числе внутренних), конусов и т.п. Пневматические приборы имеют высокую точность и быстродействие. Ряд измерительных задач, например точные измерения в отверстиях малого диаметра, решается только приборами пневматического типа. Однако приборы этого вида чаще всего требуют индивидуальной тарировки шкалы с использованием эталонов.

Электрические приборы получают все большее распространение в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре. Перспективность приборов обусловлена их быстродействием, возможностью документирования результатов измерений и удобством управления.

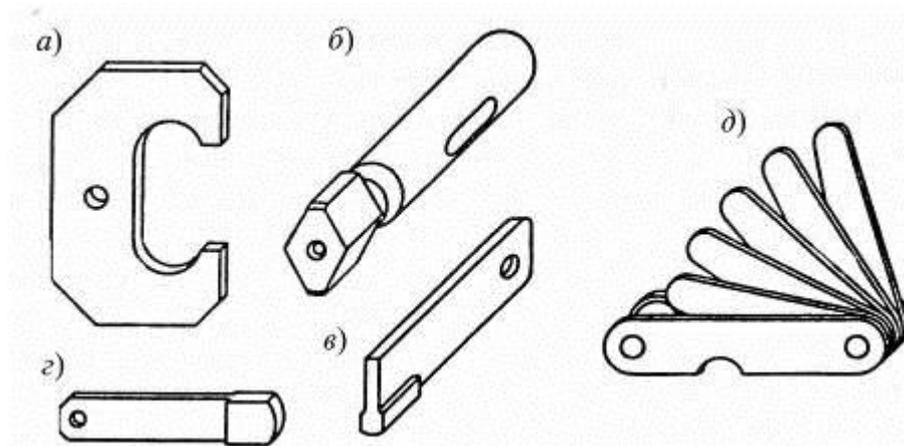


Рис.39. Дефектовочные калибры: а — скоба; б — пробка; в — калибр для проверки ширины паза шлицевой втулки; г — калибр для проверки ширины сегментного шпоночного паза; д — набор калибров для проверки ширины поршневых канавок

В процессе изнашивания детали приобретают неправильную форму, поэтому максимальный местный износ может быть обнаружен только неполной пробкой или скобой. Применение для дефектовки полных пробок или калибровых колец недопустимо. При дефектовке деталей широко используют предельные калибры (рис.).

Дефектовочный калибр — непроходной. При измерении новых деталей непроходной калибр только в редких случаях (при браке детали) входит в деталь или надевается на нее. В то же время дефектовочный калибр входит в значительное количество изношенных деталей (или надевается на них). Поэтому в отличие от обычного калибра дефектовочный калибр интенсивно изнашивается и поле допуска на его изготовление и износ значительно отличается от поля допуска на изготовление обычного непроходного калибра. Допуск на износ непроходного калибра стандартом не предусмотрен.

Номинальный размер дефектовочного калибра соответствует допустимому по техническим условиям на ремонт размеру детали. Допуск на его изготовление принимают равным допуску непроходного рабочего калибра новой детали того же наименования (рис.). Поле допуска на изготовление дефектовочного калибра так же, как для непроходного рабочего калибра, располагается симметрично относительно линии номинала калибра. Допуск на износ дефектовочного калибра принимают равным допуску на износ проходной стороны рабочего калибра того же класса точности и откладывают на поле допуска детали.

Дефектовочными калибрами могут служить также стандартные регулируемые скобы, настроенные на соответствующий размер.

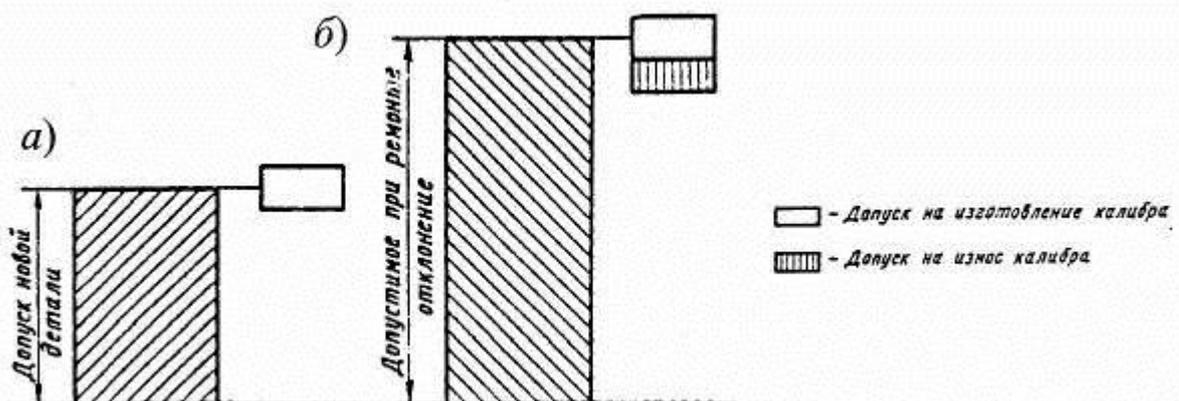


Рис.40. Схема полей допусков калибров: а — рабочий проходной калибр; б — дефектовочный калибр

В последние годы получили распространение пневматические измерительные приборы. Известны три схемы таких приборов, изготовленных на базе ротаметра, пружинного манометра и дифференциального манометра. Ротаметром называют прибор для непрерывного измерения скорости потока газа или жидкости. Принцип работы прибора следующий. Часть контролируемого потока газа (жидкости) движется через вертикальную коническую стеклянную трубку, обращенную большим диаметром вверх. Внутри трубки находится металлический поплавок, который под действием потока газа (жидкости) удерживается на некоторой высоте, зависящей от скорости потока. Чем больше скорость газа (жидкости) в трубке, тем выше поднимается поплавок, освобождая для прохода потока более широкий кольцевой зазор между пояском поплавка и стенками конической трубки.

Для измерения размеров валов, отверстий и длин используют пневматические длинномеры. Прибор (рис.) имеет стабилизатор давления (на рисунке не показан), который обеспечивает подачу в ротаметр воздуха постоянного давления из воздушной магистрали предприятия. Воздух проходит через коническую трубку 6 ротаметра и резиновую трубку 3 в пневматический калибр 4. Кран 2, прикрывающий обводной канал 1, служит для регулировки прибора. Из сопел пневматического калибра воздух вытекает через зазор между торцами сопел калибра и стенками детали. Расход воздуха зависит от величины этого зазора, т.е. от размера детали. Прибор тарируют по установочным калибрам (кольцам или пробкам). Введя пневматический калибр в деталь, по положению поплавка 5 ротаметра судят об отклонении размера детали от величины установочного калибра.

В приборах на базе пружинного манометра (рис.41) применяют устройство для измерения скорости истечения воздуха, состоящее из входной камеры 13, выходной камеры 9 и входного сопла 12, соединяющего эти камеры между собой. Обе камеры снабжены манометрами 7 и 8. Давление во входной камере поддерживается постоянным с помощью стабилизатора давления. При увеличении скорости воздушного потока сопротивление входного сопла растет и давление во второй (входной) камере снижается. Пневматический калибр 11 с резиновым шлангом 10 этого прибора ничем не отличается от пневматического калибра первого прибора. Шкалу второго манометра 8 тарируют по установочным калибрам, надеваемым на пневматический калибр.

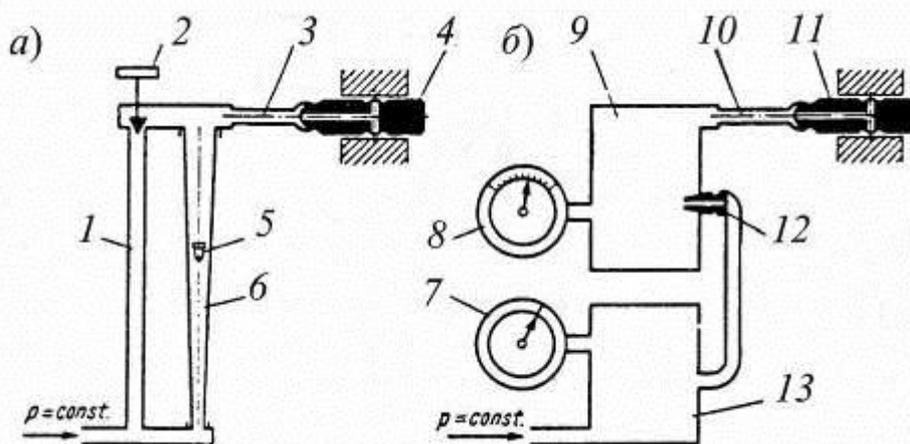


Рис.41. Пневматические приборы для измерения диаметров и длин: а — на базе ротаметра; б — на базе пружинного манометра; 1 — обводной канал; 2 — кран; 3 — резиновая трубка; 4, 11 — пневматический калибр; 5 — поплавок; 6 — трубка ротаметра; 7,8 — манометры; 9 — выходная камера; 10 — резиновый шланг; 12 — входное сопло; 13 — входная камера

Пневматические измерительные приборы отличаются высокой степенью надежности и стабильностью показаний. Благодаря отсутствию механических передач и бесконтактности замера приборы обладают высокой долговечностью. Большие преимущества они имеют при измерении внутренних размеров, особенно при измерении отверстий диаметром менее 20 мм.

Рассмотрим пневматический прибор для измерения нижней головки шатуна (рис.41). Овальность отверстия головки не имеет значения, так как в нее вставляют вкладыш, который после сборки растачивается. Поэтому при дефектовке, чтобы обеспечить требуемый натяг вкладыша, контролируют лишь средний диаметр отверстий.

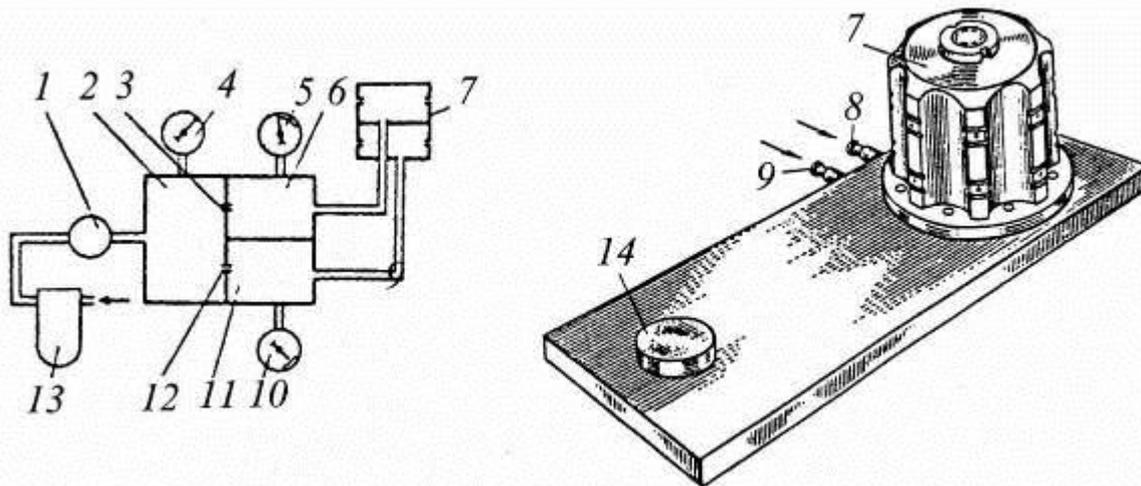


Рис.41. Пневматический прибор для измерения отверстий: 1 — стабилизатор давления; 2 — ресивер; 3, 12 — входные сопла; 4, 5, 10 — манометры; 6, 11 — камеры; 7 — пневматический калибр; 8, 9 — трубки; 13 — воздушный фильтр; 14 — грибок

Прибор состоит из воздушного фильтра 13, плунжерного стабилизатора давления 1, ресивера 2, двух камер 6 и 11 и пневматического калибра 7. Сжатый воздух от стабилизатора давления поступает в ресивер и далее через входные сопла 3 и 12 в камеры 6 и 11. Манометры 4, 5 и 10 измеряют давление в ресивере и камерах. Из каждой камеры по трубкам 8 и 9 воздух поступает в каналы пневматического калибра. Из камеры 6 воздух поступает в верхнюю полость пневматического калибра, а из камеры 11 — в нижнюю. Каждая камера имеет восемь сопел, расположенных равномерно по окружности. Таким образом, отверстия нижней головки шатуна измеряют в четырех направлениях. Скорость истечения воздуха из камер характеризует средний диаметр отверстия в двух поясах. Стабилизатор поддерживает в ресивере постоянное давление 0,15 МПа. На шкалах манометров 5 и 10 нанесены контрольные штрихи, ограничивающие поле допуска в соответствии с техническими условиями. Штрихи наносят тарировкой по контрольным калибрам-кольцам. При измерении нижней головки верхняя головка опирается на грибок 14.

Комплектование и пригонка деталей.

Все годные детали, а также детали после восстановления, поступают в комплектующее отделение. Крупные базовые детали (станины, рамы, корпуса) после дефектовки отправляются на сборку, минуя комплектующее отделение. Комплектование деталей заключается в подборе и пригонке комплекта деталей, входящих в состав сборочной единицы. Детали комплектуются, группируются по массе, ремонтным размерам и другим показателям согласно техническим условиям на ремонт. Сопряжения, работающие совместно, например плунжерные пары, шатуны с крышками, приработанные и годные для дальнейшей эксплуатации шестерни раскомплектовывать не рекомендуется. При ремонте невозможно получить абсолютно одинаковые размеры у одноименных деталей, что вызывает необходимость их подбора по группам.

Различают три способа подбора деталей в комплекты: штучный, групповой (селективный) и смешанный.

При **штучной комплектации** к базовой детали подбирают сопряженную деталь исходя из величины зазора или натяга, допускаемого техническими условиями. При штучном подборе затрачивается много времени, поэтому этот способ применяют в небольших ремонтных цехах.

При **групповой комплектации** поле допусков размеров сопрягаемых деталей разбивают на несколько интервалов, а детали сортируют в соответствии с этими интервалами на размерные группы. Размерные группы сопрягаемых деталей обязательно маркируют цифрами, буквами или цветом.

Групповую комплектацию применяют для подбора ответственных деталей.

При **смешанной комплектации** деталей используют оба способа. Ответственные детали комплектуют групповым, а менее ответственные — штучным способом.

Комплектование деталей значительно ускоряет и упрощает сборочные работы. Кроме предварительной сортировки и подбора деталей при индивидуальной сборке и сборке по принципу частичной взаимозаменяемости необходимая точность сопряжений достигается путем применения компенсаторов или подгонкой деталей по месту.

При сборке с применением компенсаторов необходимую точность соединения получают благодаря изменению размера одного из элементов, входящих в сборочную единицу. Установку компенсаторов, которые позволяют регулировать сопряжения в пределах заданной точности, предусматривают при конструировании сборочной единицы или машины.

Неподвижным компенсатором называют дополнительную деталь, вводимую в размерную цепь для устранения ошибки замыкающего звена. Примером таких компенсаторов служат регулировочные прокладки, установочные и промежуточные кольца, шайбы.

Предусматривая установку набора прокладок различной толщины, при сборке и в процессе эксплуатации можно регулировать зазор в зацеплении зубчатых колес, в конических роликоподшипниках и др. соединениях.

Подвижным компенсатором называют деталь, перемещением которой устраняют ошибку замыкающего звена. С помощью подвижного компенсатора можно достичь любой степени точности замыкающего звена. При этом на остальные детали соединения допуски могут быть значительно расширены. Такие компенсаторы позволяют также восстанавливать точность сопряжений в период их эксплуатации путем периодической или непрерывной регулировки, когда некоторые из деталей соединения изнашиваются. В качестве подвижных компенсаторов применяют втулку с контргайками или стопорными винтами, подвижные клинья, регулируемые резьбовые детали, эластичные или пружинные муфты и т.д.

При сборке с подгонкой деталей по месту требуемый характер сопряжения достигается снятием с поверхности одной из деталей дополнительного слоя металла. Наиболее часто применяют следующие виды пригоночных работ — опилку и зачистку, пришабривание, притирку и полирование.

Опиловка применяется для снятия шероховатостей и заусенцев с целью подгонки сопрягаемых поверхностей друг к другу. Опиловкой исправляют неточности формы, размеров и относительного расположения поверхностей деталей. Для придания поверхностям большей чистоты отделки их зачищают напильниками с мелом, шлифуют шкуркой и шлифовальными кругами различных марок.

Точность обработки драчевыми напильниками составляет 0,1—0,25, личными — 0,025—0,05 мм. Бархатными напильниками можно получить поверхности без видимых следов обработки с точностью до 0,005—0,02 мм. Работы при опилке и зачистке механизуют, применяя передвижные электрические и пневматические установки с гибким валом, в патроне которого укрепляют специальные круглые напильники и абразивные круги различных форм и размеров.

Пришабривание применяют для доводки поверхности после предварительной обработки ее напильником, резцом или другим режущим инструментом. Шабрение широко применяют при подгонке плоскостей разъема деталей, направляющих оборудования, станков и вкладышей подшипников, втулок и т.д. Качество шабрения определяется по числу точек соприкосновения сопрягающихся поверхностей на квадрате со стороной 25 мм, для плотных соединений — не менее трех точек, для герметичных — не менее пяти. Шабрение вкладышей продолжают до тех пор,

пока 75—80 % их поверхностей (при проворачивании шейки вала, покрытой тонким слоем краски) не будет равномерно покрыто краской.

Шабрение — трудоемкий процесс, поэтому там, где это возможно, пришабривание заменяют тонким растачиванием, шлифованием, тонким строганием широким резцом и т.д.

Притирка применяется в тех случаях, когда необходимо обеспечить весьма плотное прилегание поверхностей. При притирке одну деталь притирают к другой (клапаны двигателей, краны и т.д.) или каждую из деталей — к третьей, заранее проверенной (притирка на плите).

В качестве притирочных материалов применяют твердые абразивные порошки — паста ГОИ, наждак, толченое стекло, окиси алюминия, хрома или железа, смешанные с минеральным маслом, керосином или скипидаром. Притирка может быть механизирована с помощью специальных станков и приспособлений.

Полирование применяют для получения высокой степени чистоты поверхностей деталей, благодаря чему повышается стойкость против коррозии и возрастает усталостная прочность деталей. Полирование производят вращающимися кругами, рабочая поверхность которых выполнена из фетра, войлока или сукна. Эти материалы покрывают мастикой, состоящей из вязущего вещества (парафин, вазелин, керосин) и полировального порошка (венская известь, окиси хрома, железа или алюминия).

Балансировка деталей.

При вращении деталей и узлов, работающих на больших скоростях, возникают неуравновешенные центробежные силы, создающие добавочную нагрузку на детали и опоры. В результате появляются вибрации, вызывающие преждевременный износ и поломки. Дисбаланс (неуравновешенность) детали возникает вследствие несимметричного размещения массы относительно оси вращения при отклонении ее размеров от заданных по чертежу, разной плотности металла в отдельных частях детали и сложности формы детали. Дисбаланс детали оценивают величиной момента неуравновешенной массы относительно оси вращения.

Величина центробежной силы, вызывающей вибрацию, определяется следующим образом:

$$I = m r \omega^2 = (Qr/q)(\pi n/30)^2, \quad (67)$$

где m — неуравновешенная масса; ω — угловая скорость вращения детали, рад/сек; Q — вес вращающейся детали, Н; q — ускорение силы тяжести, см/сек² (м/сек²); r — величина смещения центра тяжести детали, см (м); n — частота вращения детали в секунду, об/сек.

Статическая балансировка. Статическая балансировка деталей производится на призмах или роликах. Если деталь, имеющую дисбаланс, установить на призмы или ролики, то под влиянием веса неуравновешенной массы создается крутящий момент $M_k = Q_1 r_1$ стремящийся повернуть деталь до тех пор, пока утяжеленная ее сторона с весом неуравновешенной массы Q_1 не займет нижнее положение. Величину веса уравновешивающего груза Q_2 и расстояние его r_2 от оси вращения подбирают таким образом, чтобы соблюдалось равенство:

$$Q_1 r_1 = Q_2 r_2 \text{ откуда: } Q_2 = Q_1 r_1 / r_2 \quad (68)$$

Практическое устранение дисбаланса производится удалением эквивалентного количества металла с утяжеленной стороны сверлением, фрезерованием, шабрением, опиловкой или прикреплением корректирующего груза, что, впрочем, встречается редко.

Точность балансировки деталей на призмах зависит от силы трения, возникающей между призмами и шейками валов или оправок, на которых устанавливаются проверяемые детали. Поэтому для повышения точности балансировки необходимо рабочие поверхности призм и шейки оправок подвергать закалке до высокой твердости HRC 50—56 и чистовому шлифованию. Рабочую длину призм берут в пределах $(2—2,5)\pi D$, где D — диаметр шейки оправки в см.

При статической балансировке на роликах применяемые роликовые устройства снабжены шариковыми или роликовыми подшипниками. Процесс статической балансировки на вращающихся роликах производится так же, как и на призмах. Точность балансировки на роликах зависит от отношения d/D (рис.42). Чем меньше это отношение, тем точнее балансировка.

В зависимости от массы балансируемых деталей применяются следующие размеры роликов: при массе до 250 кг $D = 100$ мм $l =$ до 40 мм;

при массе до 1 500 кг $D = 150$ мм $l =$ до 70 мм.

Статической балансировке подвергают детали, имеющие небольшую длину и относительно большой диаметр: шкивы, маховики, диски сцепления.

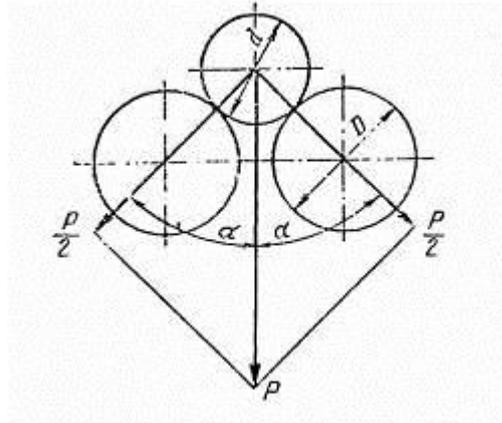


Рис.42 . Схема статической балансировки на роликах

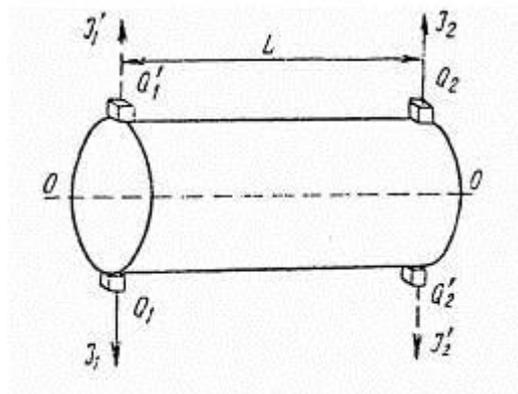


Рис.43 . Динамическая неуравновешиваемость

Динамическая балансировка. Для деталей, длина которых значительно превышает диаметр (коленчатые и карданные валы), применяют динамическую балансировку. Если деталь, статически отбалансированную грузами Q_1 и Q_2 (рис.43), расположенными диаметрально противоположно, вращать вокруг оси, то по ее концам возникнут две противоположно направленные центробежные силы I_1 и I_2 , образующие пару сил. Эти центробежные силы стремятся вывести деталь из ее опор, нагружая их и вызывая возможность появления вибраций. Величина динамической неуравновешенности будет тем больше, чем больше длина плеча возмущающей пары сил.

Для динамической уравновешенности детали необходимо в точках, противоположных участкам размещения грузов Q_1 и Q_2 установить равные им грузы Q_1' и Q_2' . Деталь можно уравновесить и

грузами G_1 и G_2 установленными в любой плоскости, перпендикулярной оси вала, при том условии, что моменты центробежных сил, возникающих от этих грузов в процессе вращения детали, будут равны моментам центробежных сил J_1 , и J_2 , образующихся от грузов Q_1 и Q_2 .

Таким образом, динамическая балансировка заключается в создании дополнительной пары сил при помощи уравнивающих грузов. Из сказанного следует, что в таких деталях, как шкивы, диски сцепления, маховики, не может быть большого плеча пары сил, поэтому их динамическая неуравновешенность меньше статической. Вследствие же большого диаметра статическая неуравновешенность этих деталей может быть значительной, почему они и подвергаются этому виду балансировки. И наоборот, для коленчатых и карданных валов гораздо большее значение имеет динамическая неуравновешенность. Динамическая балансировка деталей выполняется на специальных станках, выпускаемых промышленностью.

Сборка составных частей.

Сборкой называют последовательное соединение составных частей изделия в строгом соответствии с чертежами и техническими условиями. Порядок сборки определяется главным образом конструкцией изделия, а также организационными формами сборки на данном предприятии.

Основными организационными формами сборки являются стационарная и подвижная. При стационарной сборке изделие полностью собирают на одном сборочном посту. Все детали и сборочные единицы, требуемые для сборки изделия, поступают на этот пост.

При подвижной сборке собираемое изделие последовательно перемещается по сборочным постам, на каждом из которых выполняется определенная операция. Посты оснащаются приспособлениями и инструментами, необходимыми для выполнения данной операции. Детали и узлы для сборки поступают на соответствующие посты.

Стационарная сборка может быть осуществлена без расчленения (принцип концентрации) и с расчленением (принцип дифференциации) сборочных работ.

Стационарную сборку изделия без расчленения работ практически должен осуществлять один рабочий высокой квалификации. Цикл сборки изделия по этому методу при значительной трудоемкости сборочного процесса удлиняется, поэтому при большой программе выпуска требуется большее количество сборочных площадей, инструментов, оборудования и пр. Этот метод часто применяется в опытном производстве при сборке специального оборудования, а также в мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества операций. Как показывает опыт, качество сборки при этом возрастает, т. к. сборщик не только выполняет все операции от начала до конца, но и производит испытание. Это значительно повышает его ответственность за сборку и надежность изделия.

Разновидностью метода сборки без расчленения процесса является *бригадный метод*, когда сборку всего крупногабаритного изделия выполняет бригада рабочих. Бригадный метод часто является первым шагом на пути дифференциации, т. к. внутри бригады имеет место некоторое разделение работ: одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, другие — на другой.

При сборке нескольких одноименных машин за каждым рабочим бригады нередко закрепляют одну или несколько сборочных единиц изделия, вследствие чего члены бригады специализируются на выполнении сборочных работ определенного вида. Однако по конструктивным условиям в большинстве случаев вести сборку всех сборочных единиц одновременно не представляется возможным. В связи с этим при таком методе сборки большое значение имеет правильное календарное планирование начала и конца сборочных работ по узлам с учетом их трудоемкости и последовательности установки на машину.

Бригадный метод сборки широко распространен в единичном и мелкосерийном производстве, а также при выполнении повторной сборки машины на месте ее постоянной работы (например, сборка вновь устанавливаемого сложного оборудования).

Длительность $T_{сб}$ сборочного процесса без расчленения работ, ч:

$$T_{сб} = (T_{сбУ} / B) N_c, \quad (69)$$

где $T_{сбУ}$ — трудоемкость процесса сборки одного изделия, чел. час; B — количество рабочих в сборочной бригаде; N_c — число собираемых изделий.

Уменьшение $T_{сб}$ за счет увеличения рабочих в бригаде ограничивается возможностью рациональной расстановки их на сборочном участке (при большом количестве рабочих они будут мешать друг другу).

Стационарная сборка с расчленением работ предполагает деление процесса на узловую сборку основных групп и общую сборку изделия. При этом сборку каждой группы и общую сборку изделия выполняют в одно и то же время многие сборщики.

В результате одновременного выполнения сборочных операций большим количеством рабочих длительность процесса сборки может быть значительно сокращена.

Расчленение процесса сборки дает значительный экономический эффект. Сокращается потребность в рабочей силе и производственных площадях, увеличивается выпуск машин, уменьшается трудоемкость, снижается себестоимость сборочных работ.

В ряде производств объект сборки при расчлененном процессе остается на одном месте. Собираемые машины размещают на стапелях или стендах, а рабочий (или группа рабочих) выполняет у каждого объекта сборочную операцию, после окончания которой переходит к следующему объекту, где продельвают ту же операцию, и т.д. При этом методе сборки каждую группу рабочих целесообразно снабжать небольшим передвижным столом, на котором размещаются инструменты и приспособления. Время, затрачиваемое рабочими на переход от одного объекта сборки к другому при расстоянии между объектами l и скорости передвижения v_d :

$$t = l / v_d, \quad (70)$$

Для нормального выполнения сборочных операций необходимо, чтобы на каждом объекте находилась только одна бригада. Следовательно, переход бригад от одного объекта сборки к другому должен совершаться одновременно через определенный промежуток времени. Таким образом, выход готового изделия с участка сборки будет совершаться тоже через этот промежуток времени, называемый темпом сборки. Сумма времени, затрачиваемого рабочими на выполнение операции и на переход от одного объекта к другому, должна равняться действительному темпу сборки.

При нерасчлененном процессе сборки темп не регулируется, и выпуск продукции совершается неравномерно, через различные промежутки времени.

Полную сборку крупного и тяжелого оборудования осуществить на заводе-изготовителе трудно. Для этого требуются значительные площади, соответствующие габаритам машины, специальные подъемные средства. Поэтому на ряде заводов применяется так называемый цепной метод сборки.

Машину собирают последовательно, начиная с базовой сборочной единицы. Но весь процесс общей сборки разрабатывается и организуется так, чтобы на определенных этапах собранные ранее узлы можно было, без нарушения качества дальнейших работ, разобрать и отправить заказчику.

Таким образом, потребные для сборки площади сокращаются и уменьшается цикл сборки.

Подвижную сборку с расчленением сборочных работ организуют так, что рабочие, выполняющие отдельные операции, находятся на закрепленных за ними местах (постах), к

которым подаются соответствующие детали и сборочные единицы, объект же производства последовательно перемещается от одного поста к другому. Это перемещение может быть свободным, когда собираемые изделия располагаются, например, на тележках, перемещаемых самими исполнителями, и принудительным, когда объекты сборки перемещаются при помощи механических транспортных устройств непрерывного или прерывного действия. Свободное перемещение осуществляется обычно в мелкосерийном производстве, принудительное — в крупносерийном и массовом.

Преимущества расчленения процесса сборки на отдельные операции по сравнению с нерасчлененным сборочным процессом состоят в том, что для расчлененного процесса при заданной программе выпуска изделий требуется меньше производственных площадей, так как сокращается цикл сборки, уменьшается количество одновременно собираемых изделий и объем незавершенного производства; при расчлененном процессе сборки имеется возможность оснастить каждую операцию приспособлениями и инструментом. Рабочий, освоивший эту операцию, использует приспособления более эффективно, и вследствие этого затраты времени на нее будут меньше, чем у рабочего бригады, не имеющего достаточного навыка. Время на сборку изделия и необходимое количество рабочих при расчлененном процессе сборки в конечном счете сокращаются по сравнению с нерасчлененным.

Поточная сборка. В условиях крупносерийного и массового производств процесс сборки может быть расчленен таким образом, что каждую операцию будет выполнять только один рабочий. В этом случае объект работы (сборочная единица или изделие) должен в процессе производства последовательно перемещаться от одного рабочего к другому. Под этим подразумевается движение собираемого изделия, обычно осуществляемое при помощи транспортных средств. Такую организацию сборки принято называть *ПОТОЧНОЙ*.

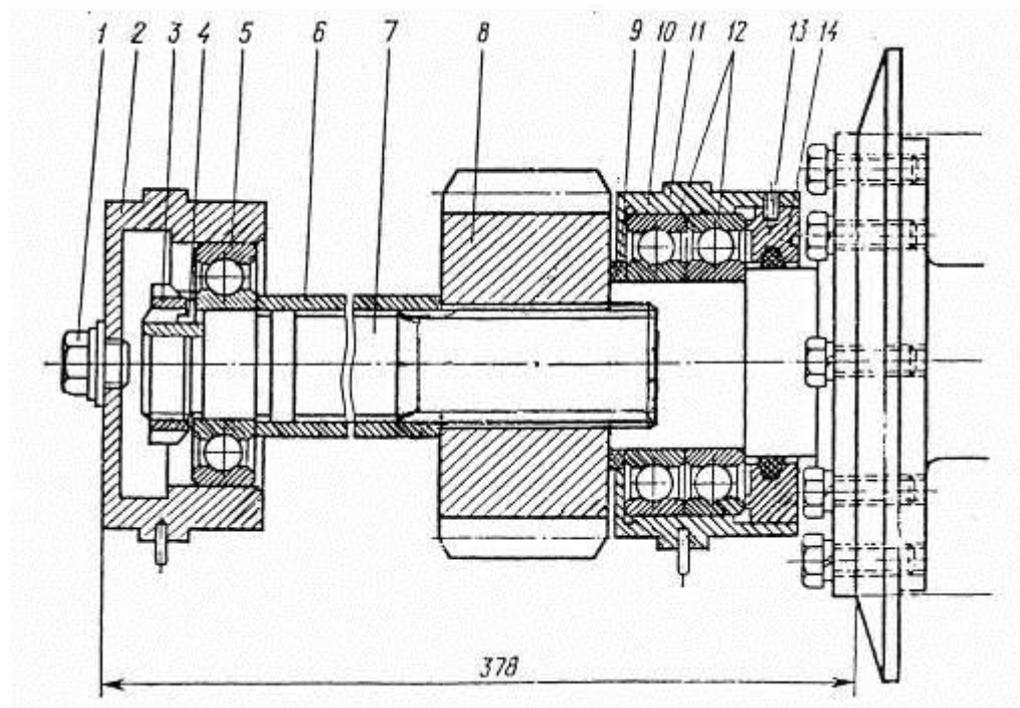


Рис.44. Сборочный чертеж узла

Основные факторы, характеризующие поточный метод сборки, следующие: закрепление за каждым рабочим местом вполне определенных сборочных операций, чередующихся по ходу технологического процесса сборки; ритмичная синхронная работа на всех рабочих местах, возможность широкого внедрения средств механизации.

На ремонтных предприятиях технологию сборки расчленяют на элементы конструктивные и сборочные.

Конструктивные элементы не влияют на порядок сборки, они определяются функциональным назначением в машине.

Сборочные элементы могут быть собраны отдельно и затем поставлены на машину независимо от других ее элементов. Иногда детали и сборочные единицы могут быть одновременно и конструктивными, и сборочными элементами, в этих случаях их называют конструктивно-сборочными.

Сборочные единицы, в зависимости от порядка сборки машин, именуют группами и подгруппами. Так, сборочную единицу, непосредственно входящую в машину, называют группой, а входящую в состав группы — подгруппой первого порядка. Сборочную единицу, входящую непосредственно в подгруппу первого порядка, называют подгруппой второго порядка и т.д. Таким образом, группа может состоять только из отдельных деталей или из подгрупп и крепежных деталей. Подгруппа любого порядка может состоять из отдельных деталей или из групп низших порядков и соединяющих их деталей. Подгруппа последнего порядка будет всегда состоять из отдельных деталей.

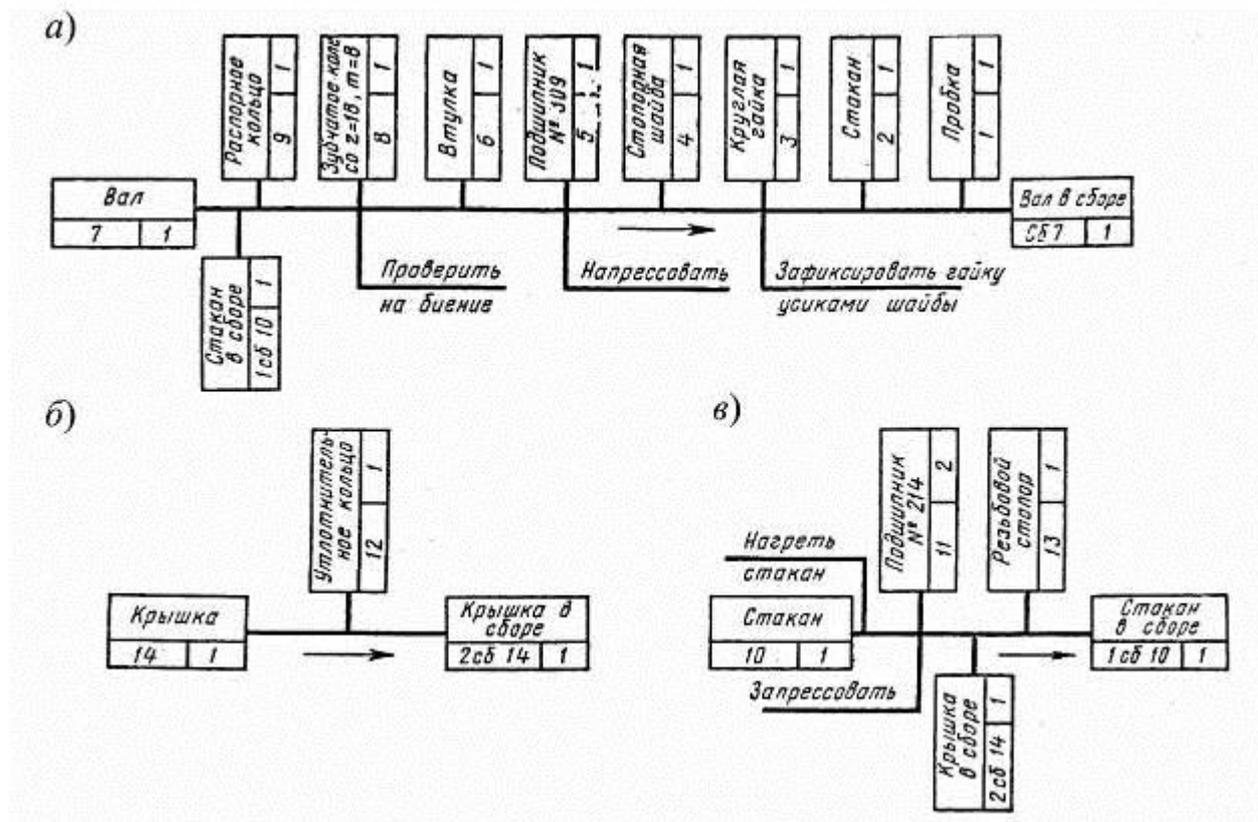


Рис.45 . Технологическая схема сборки: а — узла; б, в — подузлы

Сборку для наглядности принято изображать в виде схем так, чтобы соответствующие группы, подгруппы и детали были представлены в порядке их введения в технологию сборки. Детали, подгруппы и группы изображают на схеме в виде прямоугольников, в которые вписывают наименование, индекс и количество элементов.

Сборку машины начинают с детали или сборочной единицы, которые в этом случае называют *базовыми*.

Технологические схемы составляют отдельно для общей сборки изделия и для сборки каждого из его узлов (подузлов). На рис. . показан сборочный чертеж узла, на рис. а — технологическая схема сборки данного узла, а на рис. б и в — технологические схемы подузлов. На технологических схемах каждый элемент обозначен прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника указано наименование элемента (детали подузла или узла), в левой нижней — индекс элемента, в правой нижней — число собираемых элементов. Индексация элементов выполняется в соответствии с номерами и индексами, присвоенным

деталю и узлу (подузлам) на сборочных чертежах изделия. Узлы (подузлы) обозначаются буквами «Сб» (сборка). Базовыми называется элемент (деталь или узел, подузел), с которого начинается сборка. Каждому узлу присваивается номер его базовой детали. Например «Сб7» — узел с базовой деталью № 7. Как указывалось, различают подузлы первой, второй и более высоких ступеней. Соответствующую ступень подузла указывают цифровым номером перед буквенным обозначением «Сб». В рассматриваемом примере стакан в сборе имеет индекс «1Сб10», что означает подузел первой ступени с базовой деталью № 10.

Технологические схемы составляют по следующему правилу. В левой части схемы указывают базовый элемент (базовую деталь или базовый узел, подузел), а в конечной, правой части схемы — машину (узел, подузел) в сборе. Эти две части соединяют горизонтальной линией. Выше этой линии обозначают прямоугольниками все составные части и детали.

Технологическая схема, указывая порядок сборки узлов и целых машин, значительно упрощает сборку.

Механизация сборочных работ.

В зависимости от условий выполнения ремонтных и монтажных работ, габаритов и массы оборудования и его составных частей грузоподъемные и транспортные работы при сборке (разборке) производятся с помощью мостовых, козловых и других кранов, домкратов, лебедок, талей, тельферов, полиспастов.

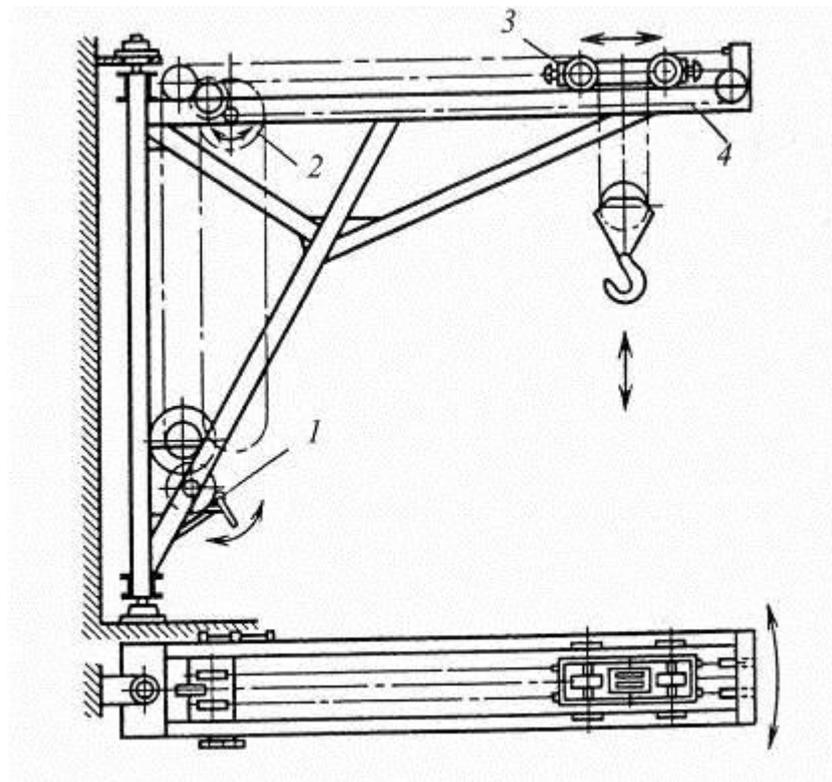


Рис.46. Консольный настенный поворотный кран с переменным вылетом и ручным приводом: 1 — лебедка; 2 — цепное колесо; 3 — тележка; 4 — канат

Настенный поворотный кран. Наиболее часто на рабочем месте сборщика применяют краны с переменным вылетом и ручным приводом (рис.46). Тележка крана передвигается с помощью каната, который приводится в движение цепным колесом. Груз поднимается лебедкой.

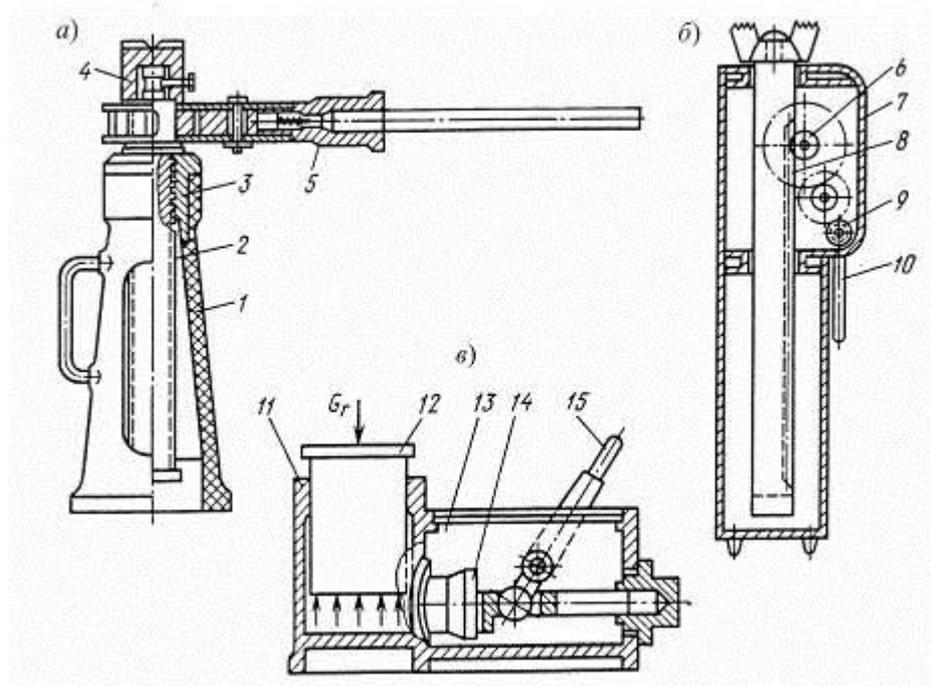


Рис. 47. Домкраты: а — винтовой; б — реечный; в — гидравлический; 1,7 — корпуса; 2 — винт; 3 — гайка; 4 — головка винта; 5, 10 — рукоятки; 6 — шестерня; 8 — зубчатая рейка; 9 — зубчатое колесо; 11 — цилиндр; 12 — поршень; 13 — резервуар для гидравлической жидкости; 14 — плунжерный насос; 15 — рычаг

Домкраты. Применяются для подъема различных грузов на высоту, не превышающую, как правило, 1 м.

По принципу действия и конструктивному исполнению домкраты подразделяют на винтовые, реечные и гидравлические.

Винтовые домкраты (рис. а). Домкрат состоит из винта с головкой, гайки и корпуса. Ниже головки на стержне винта находится рукоятка с трещоткой, которая обеспечивает вращение винта. Грузоподъемность винтовых домкратов составляет 1—20 т.

В *реечных домкратах* (рис. б) подъем осуществляется с помощью зубчатой рейки, которая перемещается внутри домкрата по направляющим. По конструкции различают рычажно-реечные и реечно-зубчатые домкраты. Грузоподъемность реечных домкратов достигает 15 т.

В корпусе реечного домкрата находится зубчатая рейка, заканчивающаяся сверху вращающейся на пальце опорной головкой. При подъеме груза движение от рукоятки передается через ведущий вал и зубчатое колесо к шестерне, которая находится в зацеплении с рейкой. Поднятый груз удерживается от самопроизвольного опускания храповым механизмом.

Гидравлические домкраты (рис. в) отличаются большой грузоподъемностью, достигающей 750 т, относительно высоким КПД и плавностью работы.

Поршневой гидравлический домкрат состоит из цилиндра, поршня и резервуара для гидравлической жидкости, в который помещен плунжерный насос, приводимый в действие рычагом. При работе насоса жидкость подается в цилиндр и поднимает поршень с грузом.

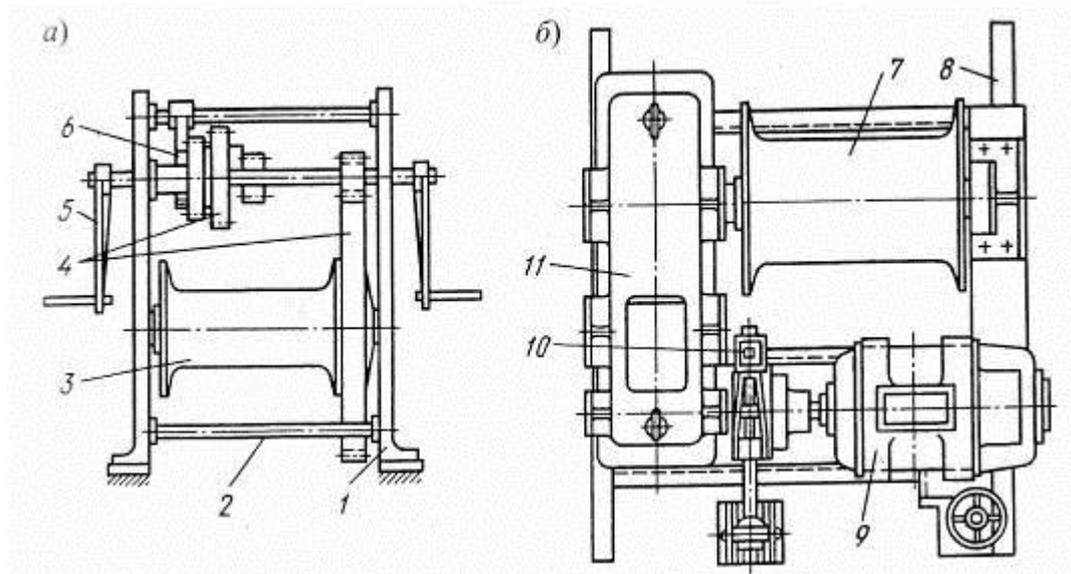


Рис.48. Лебедки: а — с ручным приводом; б — с механическим приводом; 1 — станина; 2 — тяга; 3, 7 — барабаны; 4 — зубчатая передача; 5 — рукоятка; 6 — храповой механизм; 8 — рама; 9 — электродвигатель; 10 — тормоз; 11 — редуктор

Лебедки, применяющиеся для перемещения груза, могут быть с ручным и машинным приводом. Все лебедки снабжаются тормозными устройствами, предупреждающими самопроизвольное опускание груза.

В лебедке с ручным приводом (рис. а) станина скреплена тягами. Вращение от рукоятки передается барабану через зубчатую передачу. Поднятый груз удерживается храповым механизмом.

Лебедки с механическим приводом (рис. б), чаще всего электрическим, широко применяют в механизмах подъема груза. Такая лебедка состоит из барабана редуктора, тормоза и электродвигателя. Все механизмы крепят на общей раме.

Тали и тельферы отличаются компактностью и предназначены для подъема на высоту до 25 м грузов массой от 0,25 до 10 т.

Тали (рис.49,а), выполняющиеся с ручным приводом, могут быть червячными и шестеренчатыми. В качестве тягового органа для них используют пластинчатую цепь, а для обеспечения компактности механизма — звездочку с малым числом зубьев. Тали снабжены дисковым или коническим тормозом, замыкающимся от осевого усилия червяка. Вращение червяка и червячного колеса осуществляется приводной цепью через цепное колесо. Подвешивают таль на месте работы с помощью крюка.

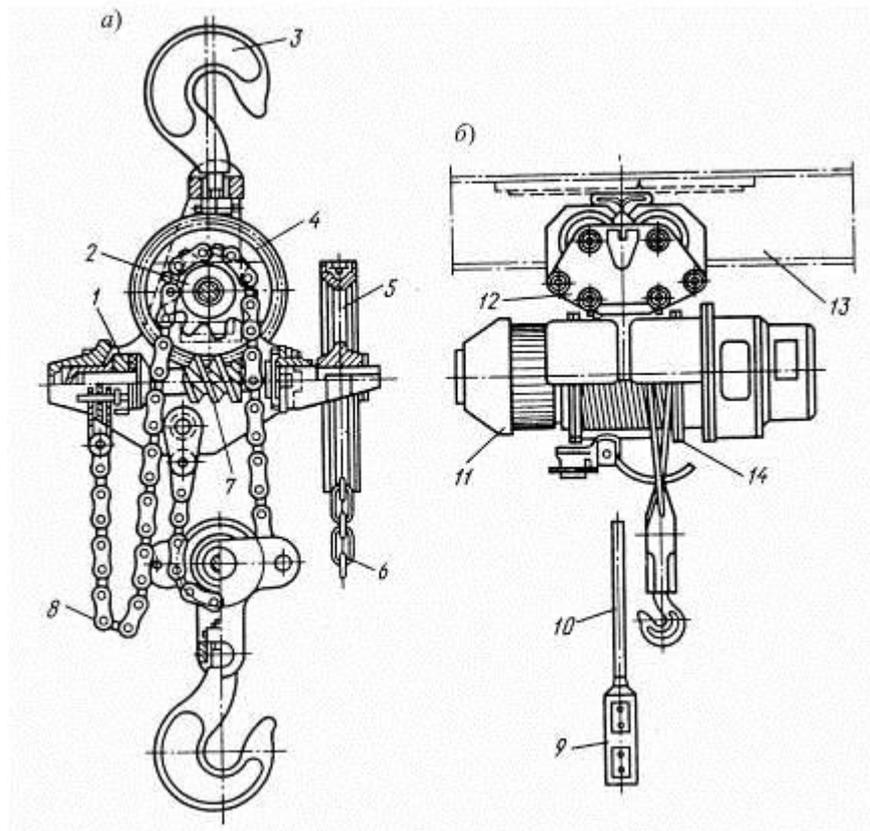


Рис.49. Таль (а) и тельфер (б): 1 — тормоз; 2 — звездочка; 3 — крюк, 4 — червячное колесо; 5 — цепное колесо; 6 — приводная цепь; 7 — червяк; 8 — тяговая цепь; 9 — пульт управления; 10 — гибкий кабель; 11 — электродвигатель; 12 — тележка; 13 — монорельсовый путь; 14 — канатный барабан

Тельферы выполняют с электрическим приводом. Тельфер, показанный на рис.49, б, состоит из грузового канатного барабана, редуктора и фланцевого электродвигателя. Грузоподъемность тельфера обычно не превышает 5 т. Передвижные тельферы крепятся к механизированной тележке с отдельным приводным двигателем. Тележка может перемещаться вдоль монорельсового пути. Управление работой тельфера осуществляется с пульта, который подвешивают на гибком кабеле к корпусу.

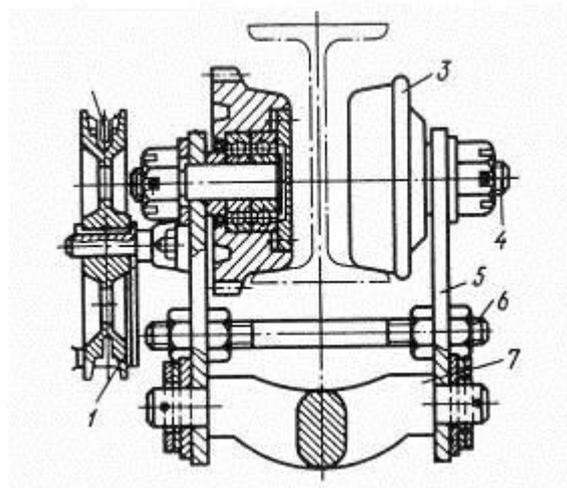


Рис.50. Монорельсовая тележка с ручным механизмом передвижения: 1 — приводное колесо; 2 — цепь; 3 — колеса; 4 — оси; 5 — боковые накладки; 6 — шпильки; 7 — траверса

При необходимости перемещения груза в горизонтальном направлении ручную таль подвешивают за крюк (см. рис.49,б) к траверсе на приводной тележке (рис.50), которая

перемещается по рельсу. Тележка снабжена колесами, установленными на осях, которые закреплены в боковых накладках 5, стянутых шпильками 6.

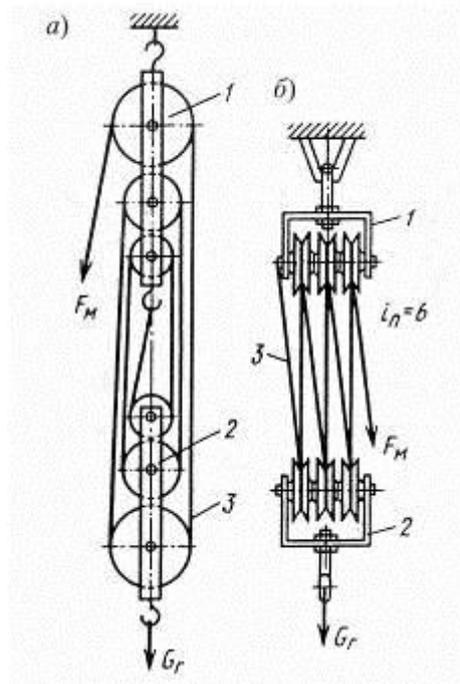


Рис.51. Полиспасты: а — с блоками, расположенными в один ряд; б — с блоками, расположенными на общих горизонтальных осях; 1, 2— неподвижные и подвижные блоки; 3 — гибкий тяговый орган; G_r — масса груза; F_M — прикладываемое усилие

Полиспасты (рис.51), представляющие собой устройства из гибких тяговых органов и блоков, служат для перемещения груза.

Полиспаст состоит из неподвижных 1 и подвижных 2 блоков, огибаемых гибкими тяговыми органами (канат или цепь) 3, смонтированными в обоймах. Груз крепят к крюку нижней подвижной обоймы, которую обычно называют крюковой подвеской.

Основная характеристика полиспаста — кратность i_n ; которую определяют при использовании одинарного барабана по числу ветвей, на которых подвешен груз. При сдвоенном барабане кратность полиспаста равна половине количества ветвей каната, на которых подвешивают груз.

Усилие, прикладываемое при использовании полиспаста, определяют по формуле:

$$F = (G_r + G_n) / i_n \eta_n, \quad (71)$$

где F — прикладываемое усилие; G_r — масса груза; G_n — масса полиспаста; i_n — кратность полиспаста; η_n — КПД полиспаста.

Испытание агрегатов и машин после ремонта.

Испытания отремонтированного оборудования, машин и их сборочных единиц проводят для оценки качества продукции ремонтного предприятия, а также для установления возможности постановки изделий на ремонтное производство. Различают: текущую оценку — для определения соответствия отремонтированных изделий заданному уровню качества; периодическую оценку — для определения стабильности качества отремонтированных изделий; типовую оценку — для проверки эффективности изменений, внесенных в конструкцию ремонтируемого изделия и (или) технологию его ремонта; аттестационную оценку — для

определения качества отремонтированных изделий и отнесения их к одному из уровней качества. Номенклатуру показателей качества для конкретных отремонтированных машин и оборудования устанавливают в нормативно-технической документации. При этом обязательному включению в номенклатуру показателей качества подлежат показатели назначения и надежности, которые могут изменяться в процессе ремонта.

Определение показателей качества отремонтированных машин и их сборочных единиц производят по результатам испытаний. При текущей оценке показатели качества определяют по результатам приемо-сдаточных испытаний, при периодической — по результатам периодических испытаний, при типовой — по результатам типовых испытаний, при аттестационной оценке — по результатам аттестационных испытаний или по результатам анализа имеющейся информации.

Важным фактором повышения качества ремонта и надежности отремонтированных составных частей и машин в целом является обкатка. При обкатке происходит приработка трущихся поверхностей деталей.

Приработку сборочных единиц обычно осуществляют на специальных стендах.

Оборудование после ремонта должно подвергаться визуальному контролю. При визуальном контроле проверяют: наличие всех деталей, сборочных единиц, запасных частей и инструмента; материалы деталей и механизмов по сертификатам и актам лабораторий; электрооборудование по паспортам или актам; комплектующие сборочные единицы и оборудование по актам или паспортам предприятий-изготовителей; покрытия металлических конструкций, защитные кожухи, устройства и приборы безопасности, электропроводку; комплектность и правильность оформления документации, прилагаемой к изделию. После визуального контроля проводят испытания на холостом ходу. При проведении испытаний на холостом ходу осуществляется опробование всех механизмов машины. Проверяется правильность сборки систем оборудования (электрической, гидравлической, пневматической), отсутствие течи рабочей жидкости и утечки воздуха. Ходовые испытания должны проводиться без груза для проверки работоспособности ходовой части машин. Объем испытаний указывается в технических условиях. Предприятие-изготовитель грузоподъемных машин должно проводить приемочный контроль (приемо-сдаточные испытания) и периодические испытания выпускаемых им машин в соответствии с техническими условиями, государственными стандартами и Правилами устройства и безопасной эксплуатации кранов ПБ 10-382-00 для проверки качества изготовления крана, его узлов, механизмов и приборов безопасности. Каждый кран должен подвергаться приемо-сдаточным испытаниям. В объем приемо-сдаточных испытаний входят: визуальный контроль; испытания на холостом ходу; статические испытания; динамические испытания.

Статические испытания крана проводят с целью проверки грузовой устойчивости крана и прочности его сборочных единиц грузом, превышающим номинальную грузоподъемность на 25 %. Кран считается выдержавшим статические испытания, если в течение не менее 10 мин поднятый груз не опустится на землю, а при визуальном контроле после испытаний не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций, отслаивания краски и не произойдет ослабления или повреждения соединения.

Динамические испытания крана проводят с целью проверки работы механизмов крана и тормозов грузом, превышающим номинальную грузоподъемность на 10 %. При динамических испытаниях кранов производятся многократные (не менее 3-х раз) подъем и опускание груза, а также проверка действия всех других механизмов при совмещении рабочих движений, предусмотренных руководством по эксплуатации крана. Каждый вид динамических испытаний должен включать остановку всех механизмов на промежуточном положении с последующим повторным пуском, при этом не должно происходить их возвратного движения. Общее время динамических испытаний — не менее 1 ч. Кран считается выдержавшим испытание, если все его механизмы работают устойчиво, а тормоза обеспечивают своевременную остановку соответствующих механизмов. Во время испытаний машин производится настройка приборов безопасности (кроме ограничителя грузоподъемности). Приборы безопасности должны ограничивать высоту подъема крюка, изменение угла наклона стрелы и поворота стрелы или платформы в пределах, предусмотренных конструкцией. Настройка и испытание ограничителя грузоподъ-

емности (грузового момента) проводится после проведения грузовых испытаний. Результаты испытаний записываются в паспорт (формуляр) грузоподъемной машины.

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Методы восстановления посадок сопряженных деталей: регулировкой, под ремонтный размер, под номинальный (начальный) размер.

Механическая обработка применяется как самостоятельный способ восстановления деталей, а также в качестве операций, связанных с подготовкой или окончательной обработкой деталей, восстановленных другими способами.

Самостоятельными способами восстановления деталей механической обработкой, позволяющими устранить износы и другие повреждения рабочих поверхностей, являются обработка под ремонтный размер и постановка дополнительных ремонтных деталей.

Восстановление детали под индивидуальный размер. При восстановлении посадки с изменением первоначальных размеров основную, наиболее ценную деталь соединения ремонтируют механической обработкой до выведения следов износа и получения правильных геометрических размеров. Вторую, соединяемую с ней, более простую деталь изготавливают заново или наращивают и при обработке подгоняют к размеру первой детали до получения необходимой посадки.

Изношенные отверстия развертывают под индивидуальный увеличенный размер, а пальцы или оси под эти отверстия изготавливают новые. Преимущества этого способа — простота восстановления основной детали и увеличение ее долговечности. Однако индивидуальная подгонка очень трудоемка и полностью нарушает взаимозаменяемость деталей соединения. Область применения такого способа ограничивается единичным ремонтом машин при небольшой программе ремонта.

Восстановление детали под ремонтный размер— наиболее широко применяемый способ. Сущность его заключается в том что основную, наиболее дорогостоящую деталь обрабатывают механически не до произвольного (индивидуального), а до заранее установленного размера, отличающегося от нормального (заводского). Вторую, соединяемую деталь изготавливают под этот же размер с сохранением допусков новой детали.

Обработкой и под ремонтный размер восстанавливают геометрическую форму, требуемую шероховатость и точностные параметры изношенных поверхностей деталей. Восстанавливаемые поверхности деталей могут иметь несколько ремонтных размеров. Их значения и количество зависят от степени износа детали, припуска на обработку и запаса прочности детали.

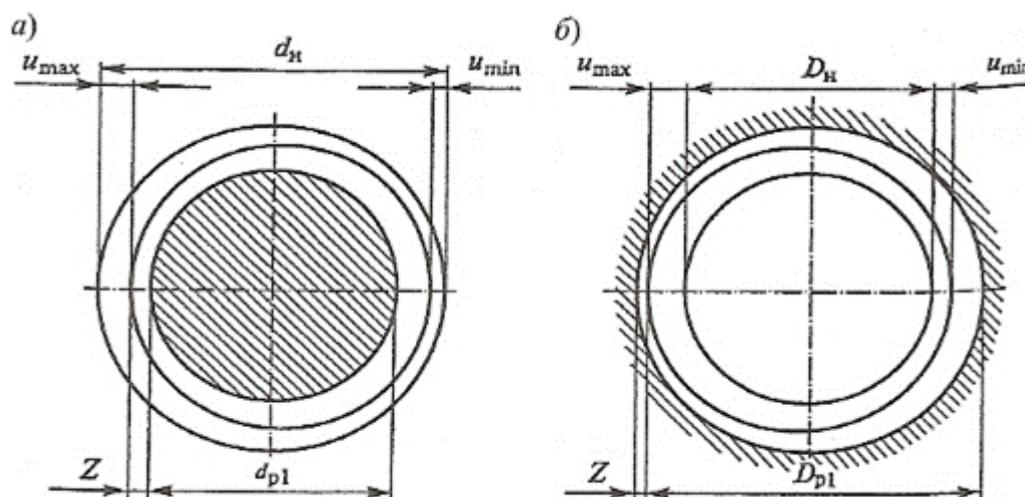


Рис. 52. Схема определения ремонтных размеров для вала (а) и отверстия (б)

Первый ремонтный размер (рис.52) для наружных цилиндрических поверхностей (валов);

$$d_{p1} = d_n - 2(U_{max} + Z), \quad (72)$$

для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий):

$$D_{p1} = D_n + 2(U_{max} + Z) + Z, \quad (73)$$

где d_{p1} и D_{p1} — первый ремонтный размер вала или отверстия; d_n и D_n — размер вала и отверстия по рабочему чертежу; U_{max} — максимальный износ поверхности детали па сторону; Z — припуск на механическую обработку на сторону.

Число ремонтных размеров для валов:

$$n_\epsilon = (d_n - d_{min}) / \gamma, \quad (74)$$

для отверстий:

$$n_\lambda = (D_{max} - D_n) / \lambda, \quad (75)$$

где d_{min} — минимальный диаметр вала, мм; D_{max} — максимальный диаметр отверстия, мм; γ — ремонтный интервал, $\gamma = 2(U_{max} + Z)$.

Минимальный диаметр вала и максимальный диаметр отверстия определяют по условиям прочности детали на основании конструктивных свойств или исходя из минимально допустимой толщины слоя химико-термической обработки поверхности детали.

Преимуществами данного способа восстановления деталей являются простота технологического процесса и используемого оборудования, высокая экономическая эффективность, сохранение взаимозаменяемости деталей в пределах одного ремонтного размера. К недостаткам способа относятся увеличение номенклатуры запасных частей, усложнение организации процессов комплектования деталей, сборки узлов и хранения на складах.

Обработкой деталей под ремонтный размер восстанавливают коренные и шатунные шейки коленчатых валов, гильзы цилиндров и другие детали.

Восстановление и ремонт деталей способами механической и слесарной обработки: путем замены части детали, путем попертывания, постановки дополнительных (добавочных) деталей.

Многие детали при ремонте восстанавливают способом постановки дополнительного элемента. Изношенные и поврежденные части деталей удаляют, а на их место устанавливают вновь изготовленные, которые обрабатывают под номинальный размер. Этот способ применяют, восстанавливая отверстия и валы, ремонтируя детали сложной конфигурации удалением дефектного и установкой нового элемента: венца шестерни, шлицевой втулки или шлицевого конца вала и др., а также ремонтируя плоские поверхности постановкой планок или накладок.

Дополнительные ремонтные детали применяют с целью компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части сложных трудоемких деталей (рис.53).

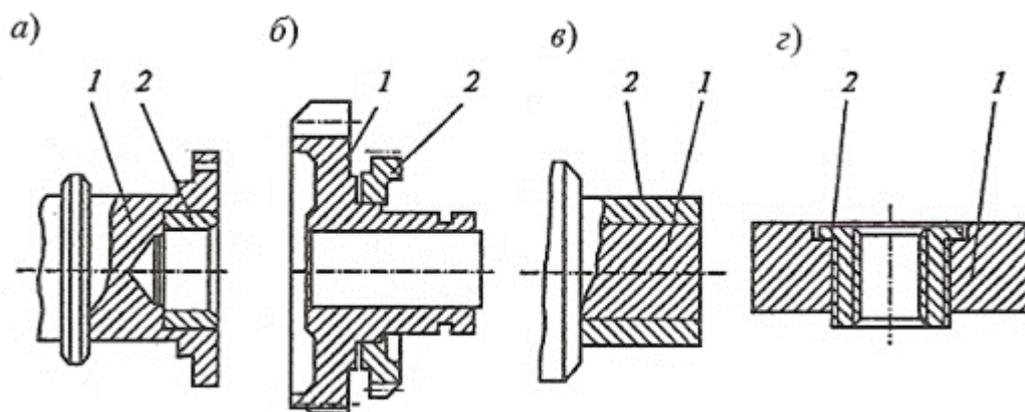


Рис.53. Восстановление изношенных отверстий (а), шестерен; (б), шеек цапф (в), резьб (г) постановкой дополнительных деталей: 1— изношенная деталь; 2— дополнительная деталь

Износ рабочих поверхностей деталей устраняют установкой непосредственно на изношенную поверхность ремонтной детали в виде гильзы, кольца, шайбы, пластины, резьбой втулки или спирали. Если на детали сложной формы изношены отдельные ее поверхности, то ее восстанавливают полным удалением поврежденной ремонтной детали.

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) изготавливают из того же материала, что и восстанавливаемая деталь. Рабочая поверхность ремонтной детали по своим свойствам должна соответствовать свойствам восстанавливаемой поверхности детали, и поэтому в случае необходимости она должна подвергаться соответствующей термической обработке.

Крепление ДРД осуществляется благодаря посадкам с натягом или сваркой. Для обеспечения прочной посадки ДРД, имеющих форму втулок, сопрягаемые поверхности втулки и детали обрабатывают по допускам посадки H7/J6 II класса точности с шероховатостью не менее $Ra = 1,25 \dots 0,32$ мкм. В отдельных случаях могут быть использованы дополнительные крепления приваркой по торцу, постановкой стопорных винтов или штифтов. После постановки и закрепления ДРД выполняют их окончательную механическую обработку до требуемых размеров.

Преимуществами данного способа являются простота технологического процесса и применяемого оборудования, однако его применение не всегда оправдано экономически из-за больших расходов материала на изготовление ДРД. Иногда этот способ приводит к снижению механической прочности восстанавливаемой детали.

Процесс восстановления заменой части детали можно разделить на следующие этапы.

Удаление дефектной части и подготовка поверхности соединения. Часто сложные детали (каретки и блоки шестерен коробок передач, шлицевые, карданные валы и др.) термически обработаны (цементация или закладка) и перед удалением дефектного элемента необходим местный отпуск газосварочной горелкой или токами высокой частоты (ТВЧ).

Изготовление заменяемой части. Материал заменяемой части выбирают такой же, как и основной. Изготавливают эту часть под номинальный размер без припусков на последующую обработку, за исключением случаев, когда требуется соблюдение соосности или точности взаиморасположения, фиксируемого по этой части детали.

Соединение и закрепление заменяемой части выполняют посадкой на резьбе, запрессовкой и приваркой. Для снятия возникших при сварке напряжений применяют нормализацию или отжиг.

Ремонт деталей способом пластической деформации (давлением): раздача, осадка, вдавливание, правка, накатка.

Для восстановления деталей методом давления применяют обжатие, осаживание, вдавливание, накатку, вальцевание, правку. Стальные термически обработанные детали с низким содержанием углерода (до 0,3 %), а также детали из цветных металлов и сплавов деформируются без нагрева. Детали, изготовленные из стали с высоким содержанием углерода (более 0,3 %), а также с легирующими присадками, требуют, вследствие большого сопротивления деформации, предварительного нагрева.

При восстановлении давлением в нагретом состоянии стальных деталей со средним и высоким содержанием углерода, а также с различными легирующими присадками необходимо учитывать не только верхний предел нагрева, но и температуру конца пластического деформирования металла. Относительно низкая температура конца деформирования металла может привести к наклепу и появлению в металле трещин. Конечная температура при восстановлении деталей из углеродистой стали должна быть не ниже 800 °С, а из легированной — не ниже 825—875 °С.

Нагрев детали при восстановлении способом давления производится обычно в пламенных печах. Время нагрева, включая выдержку детали в печи в конце нагрева, необходимую для выравнивания температуры детали, можно ориентировочно определить по формуле:

$$T = kD\sqrt{D}, \quad (76)$$

где D — диаметр детали, мм; k — коэффициент, равный для углеродистых сталей 12,5, для высоколегированных — 25. Правильный выбор температуры и скорости позволит избежать обезуглероживания поверхностного слоя детали и больших потерь металла в окалину.

При раздаче под действием силы P увеличивается наружный диаметр детали в направлении деформации при практически неизменной ее высоте. Операция выполняется продавливанием пуансона, шарика и т.п. При раздаче (рис. а) наружный диаметр детали увеличивается вследствие увеличения размера отверстия. Раздачей восстанавливают преимущественно цилиндрические полые детали, имеющие износ по наружному диаметру. Нормализованные детали подвергают раздаче в холодном состоянии, закаленные ТВЧ или цементированные — в нагретом с последующим восстановлением структуры термической обработкой. Усилие раздачи:

$$P = 1,15\sigma_T \ln(R/r), \quad (77)$$

где R и r — наружный и внутренний радиусы восстанавливаемой детали, мм; σ_T — предел текучести стали (Н).

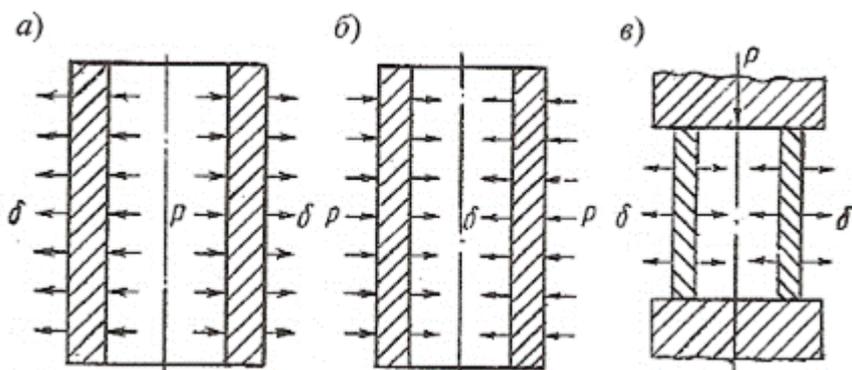


Рис.54. Схема восстановления деталей пластическим деформированием: а — раздача; б — обжатие; в — осаживание; г — вытяжка

Восстановление деталей обжатием. Обжатием (рис.54,б) достигается уменьшение внутренних полых деталей путем изменения наружных размеров. Для обжатия втулок применяют приспособление, приведенное на рис.55

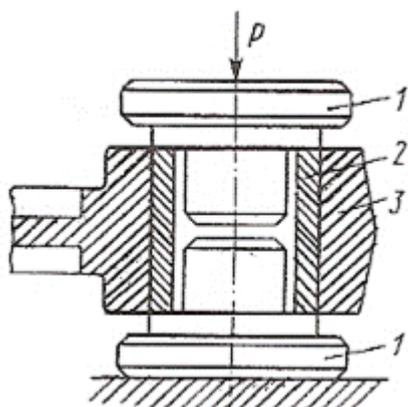


Рис.55. Приспособление для осаживания втулок: 1 — пуансоны; 2 — втулка; 3 — головка шатуна

Усилие обжатия можно определить по формуле:

$$P = F p_n f, \quad (78)$$

где F — площадь контакта между калибрующим кольцом и цилиндром, см²; p_n — давление на наружную поверхность цилиндра, МПа; $f = 0,18—0,34$ — коэффициент трения при обжатии; большие его значения принимаются при больших деформациях.

Давление на наружную поверхность определяют по выражению:

$$p_n = \frac{\Delta r [E/R^2 - r^2(R^2 + r^2 + \mu^2)]}{r^2}, \quad (79)$$

где Δr — радиальное перемещение наружной стенки цилиндра, см; E — модуль упругости (для стали $E = 2,2 \times 10^5$ МПа); r — радиус отверстия цилиндра до обжатия, см; R — наружный радиус цилиндра до обжатия, см; μ — коэффициент Пуассона (для низкоуглеродистых сталей $\mu = 0,28$, для сталей с повышенным содержанием углерода $\mu = 0,29$).

Обжатие следует выбирать с учетом получения после обжатия припуска 0,5—1 мм, необходимого для последующего растачивания и раскатывания или хонингования внутреннего диаметра цилиндра.

Восстановление деталей осаживанием. Осаживание применяют для увеличения наружного диаметра сплошных деталей и уменьшения внутреннего диаметра полых деталей за счет сокращения их высоты (рис.54, в).

Осаживанием восстанавливают различные шестерни, пальцы, втулки и другие детали. Втулки восстанавливают, не выпрессовывая их из сопряженной детали. В этом случае бронзовую втулку сверху и снизу сжимают по длине специальными пуансонами до тех пор, пока не уменьшится ее внутренний диаметр. Затем втулку растачивают по внутреннему диаметру или развертывают под соответствующий размер.

Давление, необходимое для осадки, в ньютонах:

$$P = \sigma_1 (1 + 0,166 d/h) F, \quad (80)$$

где σ_1 — предел текучести материала детали при температуре осадки, Па; d — диаметр детали до осадки, м; h — высота детали до осадки, м; F — площадь поперечного сечения детали до осадки, м².

Изношенные зубья шестерен восстанавливают вдавливанием в специальных штампах.

Принципиальная схема штампа для восстановления шестерен представлена на рис. 56

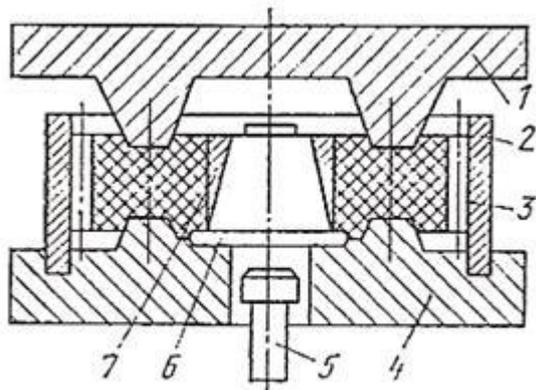


Рис.56. Принципиальная схема штампа для восстановления шестерен способом пластического деформирования: 1 — пуансон; 2 — ограничительное кольцо; 3 — шестерня; 4 - матрица; 5 — выбрасыватель; 6 — центрирующий конический вкладыш; 7 — разрезанная коническая пружинящая втулка

Основные операции технологического процесса восстановления шестерен: нагрев до 950°C (для сталей 35X и 40X) или 1100— 1160 °С (для сталей 25ХГТ, 30ХГТ, 18ХГТ); установка шестерни на нижнюю половину штампа: опускание ползуна прессы и деформация шестерни.

Восстановление деталей вытяжкой. Вытяжка применяется для увеличения длины детали за счет уменьшения ее поперечного сечения. По схеме действия силы P и направлению деформации вытяжка напоминает осадку и вдавливание (рис.54, г).

Восстановление деталей вдавливанием. Вдавливание применяют для увеличения наружных размеров деталей. Вдавливанием восстанавливают шлицевые валы и втулки, зубчатые колеса, шейки валов и другие детали. Сущность восстановления шлицев заключается в том, что металл при помощи инструмента клинообразной формы выдавливается из средней части шлица в сторону изношенных боковых поверхностей, что увеличивает его ширину до 1 мм на каждую сторону. Шлицевые поверхности подвергают вдавливанию в холодном состоянии и, в зависимости от твердости металлов, могут подвергаться термической обработке.

Ремонт деталей полимерными материалами, заделка трещин и пробоин.

При производстве, техническом обслуживании и ремонте машин получили широкое применение различные виды синтетических, полимерных, композиционных материалов и пластических масс на их основе.

Полимерные материалы при восстановлении деталей (сборочных единиц) могут применяться для заделки в деталях трещин, пробоин и других механических повреждений, при соединении деталей склеиванием, а также для устранения износов рабочих поверхностей. Перспективность использования полимерных материалов обуславливается простотой технологического процесса восстановления деталей и применяемого оборудования, небольшой трудоемкостью, достаточно высокими свойствами синтетических материалов и их низкой стоимостью.

Полимеры — высокомолекулярные органические соединения искусственного или естественного происхождения — делят на две группы:

—термопластические (термопласты) — полиэтилен, полиамиды и другие материалы, которые при нагревании способны размягчаться и подвергаться многократной переработке;

—термореактивные (реактопласты) — эпоксидные композиции, текстолит и другие материалы, которые при нагревании вначале размягчаются, а затем, в результате химических реакций затвердевают и необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

Пластмассы — композиционные материалы, изготовленные на основе полимеров, способные при заданных температуре и давлении принимать определенную форму, которая сохраняется в условиях эксплуатации. Кроме полимера, являющегося связующим веществом, в состав пластмассы входят наполнители, пластификаторы, отвердители, ускорители и другие добавки. Содержание наполнителей (металлический порошок, цемент, графит, ткань и др.) может достигать 70 %.

Пластмассы применяют для восстановления размеров деталей, заделки трещин и пробоин, герметизации и стабилизации неподвижных соединений, изготовления некоторых деталей и пр.

Пластмассы наносят намазыванием, газопламенным напылением, вихревым, вибрационным способами, литьем под давлением, прессованием и др.

Для обеспечения надежной адгезии полимера с деталью ее поверхность должна быть тщательно подготовлена, для чего производятся очистка от грязи, механическая обработка или зачистка поверхности шлифовальной шкуркой, тщательное обезжиривание (в щелочных растворах, ацетоном, бензином и др.) с последующей сушкой. Для увеличения сцепляемости полимера с поверхностью детали у последней сверлят отверстия, нарезают канавки, резьбу, проводят струйную обработку и т.д.

В ремонтном производстве используют составы на основе эпоксидных смол (табл.13) чаще всего смолу ЭД-16. Составы приготавливают путем ввода в эпоксидную смолу отвердителей, пластификаторов и наполнителей. Пластификаторы устраняют хрупкость составов, улучшают пластичность и эластичность. В качестве пластификаторов могут быть использованы дибутилфталат, диоктилфталат, жидкий тиокол и др. Отвердитель (полиэтиленполиамин, 7— 9 % от массы смолы) превращает состав из жидкого или тестообразного состояния в твердое вещество. Наполнителями служат чугунные, стальные порошки, алюминиевая и бронзовая пудры, стекловолокно, портландцемент, асбест и другие материалы, которые улучшают физико-механические свойства композиции, снижают усадку смолы, улучшают теплопроводность.

Табл.13. Состав эпоксидных композиций (в частях по массе)

Компонент	А	Б	В	Г	Д
Смола ЭД-16	100	100	100	100	—
Компаунд-115	—	—	—	—	120
Дибутилфталат	10—15	15	15	—	—
Полиэтиленполиамин	8—9	10	10	—	—
Олигоамид Л-19	—	—	—	30	—
Отвердитель АФ-2	—	—	—	—	30
Железный порошок	—	160	—	120	м
Цемент	—	—	—	60	—
Алюминиевая пудра	—	—	25	—	—
Графит	—	—	—	—	70

Составы приготавливают непосредственно перед их применением. Для этого эпоксидную смолу в специальной таре помещают в какую-либо посуду и нагревают до 60—80 °С для лучшего пере-

ливания. Количество эпоксидной смолы по массе выбирают в зависимости от числа восстанавливаемых деталей. В смолу, охлажденную до 30—40°C, вводят по частям дибутилфталат, перемешивая в течение 5 мин. В смесь по частям вводят наполнитель, предварительно высушенный при температуре 100—120°C. Затем вводят отвердитель — полиэтиленполиамин, предварительно выдержанный при 105—110 °С в течение 3 час для удаления низкокипящих компонентов. Готовая смесь при нормальной температуре пригодна к применению в течение 20—30 мин. По истечении этого срока состав густеет, и его клеящие свойства снижаются.

Полученная композиция (состав) сохраняется длительное время. Непосредственно перед ее применением добавляют отвердитель и тщательно перемешивают в течение 5—7 мин. Время использования полученного состава — 20—30 мин.

Для герметизации и восстановления посадок неподвижных со широкое распространение эластомеры и герметики, в том числе анаэробные. **Эластомеры** представляют собой вальцованные листы типа твердой резины толщиной 2—5 мм. Раствор эластомера приготавливают с помощью ацетона. Одну весовую часть, например ГЭН-150 (В) или 6Ф, растворяют, соответственно, в 6,2 или 5 частях ацетона (ГОСТ 2768—79). Необходимое количество эластомера режут на кусочки 10x10 мм и помещают в стеклянную емкость, заливают расчетным количеством ацетона и оставляют на 10-12 ч для разбухания и растворения. Емкость должна быть плотно закрыта резиновой или притертой стеклянной пробкой. Работу производят на столе, оборудованном вытяжным шкафом.

Анаэробные полимерные составы— это смеси жидкостей различной вязкости, способные длительное время оставаться в исходном состоянии без изменений свойств и быстро отвердевать с образованием прочного полимерного слоя в узких зазорах между поверхностями при температуре 15—35°C при условии прекращения контакта с кислородом воздуха. Скорость отверждения и время достижения максимальной прочности соединений зависят от температуры окружающей среды. При температуре ниже 15 °С полимеризация замедляется. Благодаря высокой проникающей способности анаэробные полимерные материалы плотно заполняют трещины, микродефекты сварных швов, зазоры.

Технология нанесения синтетических материалов.

Подлежащие восстановлению детали должны быть подготовлены к нанесению состава. Перед заделкой трещин в корпусных деталях определяют их границы. На концах трещины сверлят отверстия диаметром 2,5—3 мм и снимают фаску под углом 60—70° вдоль трещины на глубину 1—3 мм в зависимости от толщины стенки детали. Зачищают поверхность детали на расстоянии 40—50 мм по обе стороны трещины. Обезжиривают поверхность трещины у зачищенного участка, протирая ацетоном, а затем сушат 7—10 мин.

Перед нанесением состава подготовленную поверхность ремонтируемой детали еще раз протирают хлопчатобумажной тканью, смоченной ацетоном или бензином, и сушат в течение 5 — 8 мин. Заполняют составом трещину, уплотняют, кладут тонкий слой на зачищенную поверхность вокруг трещины.

Если трещина более 150 мм, на нее укладывают стеклоткань толщиной 0,3 мм, чтобы она перекрывала трещину на 15—20 мм. Накладку прикрывают роликом, наносят тонкий слой состава, после чего ставят вторую накладку так, чтобы она перекрывала первую на 10—15 мм, прикатывают роликом и смазывают тонким слоем состава. После тщательной заделки трещины состав затвердевает при температуре 20°C в течение 3 сут.

Для устранения коррозионных раковин применяют составы, в которых наполнителем служит цемент (120 массовых частей цемента на 100 частей эпоксидной смолы). Поверхность раковин очищают от грязи, ржавчины, обезжиривают ацетоном или бензином и заливают состав в раковины.

При склеивании очень важно строго выдержать режим отверждения клея: усилие прижатия поверхностей, температуру и длительность выдержки при отверждении. Так, например, клей ВС-

10Т — раствор синтетических смол в органических растворителях — используется для склеивания металлов, пластмасс, текстолита и других материалов в любом сочетании. После нанесения первого слоя клея рекомендуется открытая выдержка в течение 1 ч, после чего наносятся еще 1—2 слоя. Отверждение клея происходит под давлением 0,2—0,4 МПа в течение 1—2 ч при температуре 175—185 °С. Охлаждение следует проводить также под давлением.

Для восстановления посадок в цилиндрических неподвижных соединениях корпусных деталей (посадочные места под подшипники, втулки) при зазорах до 0,06 мм рекомендуется применять эластомер ГЭН-150(В). Технологический процесс восстановления посадок эластомером ГЭН-150(В) состоит из следующих операций: приготовление раствора для очистки поверхности детали, обезжиривание поверхности, нанесение эластомера, термообработки. Раствор эластомера приготавливается по следующей рецептуре: эластомер ГЭН-150(В) — 1 весовая часть, ацетон технический — 6,2 весовых части. Эластомер наносится на подготовленную поверхность слоями: толщина покрытия, нанесенного в один слой — 0,01 мм. Термообработка производится при температуре 150 °С в течение 30 мин. После термообработки на покрытие должны быть нанесены второй и третий слои раствора эластомера до получения необходимой толщины. После нанесения каждого слоя стакан должен быть выдержан на воздухе 20 мин, а затем помещен в сушильный шкаф для термообработки при 150°С в течение 60 мин. Перед сборкой сопряжения восстановленная поверхность отверстия должна быть смазана графитом, а подшипник запрессован в гнездо, нагретое до 150 °С.

Ремонт деталей машин сваркой и наплавкой, общие понятия о ремонте деталей электросваркой и наплавкой.

Сущность способа состоит в расплавлении основного металла и присадочного материала (электродного стрежня с покрытием) теплом сварочной дуги.

При горении электрической дуги постоянного тока наибольшее количество тепла выделяется на положительном полюсе. Так как при сварке для разогрева и плавления свариваемого металла нужно затратить больше тепла, чем для плавления самого электрода, то обычно отрицательный полюс сварочной цепи присоединяют к электроду, а положительный — к свариваемому металлу. Такое присоединение называется прямой полярностью. Если отрицательный полюс присоединен к свариваемому металлу, а положительный — к электроду, то такая полярность называется обратной. Она применяется только в тех случаях, когда нужно получить меньший нагрев свариваемого металла, например, при сварке легированных сталей, очень чувствительных к перегреву.

При переменном токе напряжение и полярность тока многократно изменяются соответственно числу периодов, т.е. 50 раз в секунду. Поэтому в сварочной дуге переменного тока поток электронов также меняет свое направление, вследствие чего тепло между электродом и свариваемым металлом при сварке дугой переменного тока будет распределяться равномерно. Более экономичны источники питания переменного тока, поэтому сварку постоянным током ведут только в тех случаях, когда переменный ток неприменим. В частности, постоянный ток используют для сварки металлов малой толщины. При постоянном токе электрическая дуга получается более стабильной и устойчивой.

При электросварке электрической дугой постоянного тока переменный ток от сети напряжением 220 или 380 В подводится к электродвигателю, который вращает генератор, возбуждающий постоянный ток для сварки. При электросварке электрической дугой переменного тока вместо сварочного генератора используют сварочный трансформатор, преобразующий переменный ток напряжением 220 или 380 В, подводимый к нему от электрической сети, в переменный ток напряжением 55—65 В.

Производительность труда определяется количеством металла, наплавленного в единицу времени:

$$G = \alpha_{\text{н}} I t, \quad (81)$$

где I — сила тока при сварке, А; t — время горения дуги, ч; $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент наплавки, равный количеству металла (г), наплавленного током в 1А за 1 ч.

Из приведенной формулы следует, что количество металла, наплавленного в единицу времени, будет больше при увеличении коэффициентов наплавки или силы тока. Качество электродуговой сварки и наплавки во многом зависит от применяемых электродов, так как сварочный шов (наплавленный металл) образуется из металла электрода. Для сварки и наплавки стальных деталей оборудования обычно используют прутки из низкоуглеродистой стальной проволоки.

Диаметр проволоки для электродов установлен 1—12 мм.

Нарезанные из сварочной проволоки прутки покрывают специальной обмазкой. Обмазку наносят на электроды для повышения стабильности (устойчивости) горения дуги, защиты расплавленного металла от кислорода и азота воздуха, а также внесения в расплавленный металл необходимого количества углерода и легирующих элементов (хрома, кремния, марганца и др.). В зависимости от состава покрытия сварочным электродам присвоены определенные марки, например, ЦМ-7, ОЗА-2, ДСК-50, УОНИ-13/45 и т.д. По прочности получаемого шва электроды разделены на типы: Э-34, Э-42, Э-50, Э-55 и т.д., где Э — электрод для дуговой сварки, 34, 42, 50, 55 и др. — временное сопротивление при растяжении, кг/мм².

Рекомендуемые марки электродов для ремонта деталей сваркой (наплавкой) приведены в табл.14

Табл.14. Марки и назначение электродов

Марка электрода	ГОСТ	Назначение
ОЗН-250У, ОЗН-300У, ОЗН-350У, ОЗН-400У	ГОСТ 9467—75	сварка (наплавка) деталей из углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей
ОЗШ-3, ОЗИ-3, ЦН-5	ГОСТ 9467—75	сварка (наплавка) деталей из легированных конструкционных сталей
ОМЧ-1, ВЧ-3, МНЧ-1, МНЧ-2, ПАНЧ-11	ГОСТ 9466—75	сварка деталей из чугуна
ОЗА-1, ОЗА-2, А-2, АМГ-6, АК-5		сварка деталей из алюминия и его сплавов

Источниками питания сварки при переменном токе служат сварочные трансформаторы ТД-300, ТД-500, ТД-502 (передвижные) и ТД-102, ТД-306 (переносные); сварки при постоянном токе — выпрямители типа ВД-306, ВД-506, ВДУ-305, ВДУ-504 и преобразователи ПД-502, ПСТ-500, ПСО-300.

Для подвода тока от источника питания к электрододержателю применяют сварочные провода типа ПРГД или ПРГДО (ГОСТ 6731—68); реже используют провод АПРГДО с алюминиевыми жилами.

Для сжатия электрода и подвода к нему сварочного тока в зависимости от его силы в соответствии с ГОСТ 14651—69 применяют электрододержатели трех типов: I типа — для токов до 125 А, II типа — 125—315 А, III типа — 315—500 А.

Режим ручной дуговой наплавки зависит от толщины наплаваемого металла, размеров изделия, требований к качеству и внешнему виду и др., определяется типом и диаметром электрода, величиной сварочного тока. Конструктивные особенности изделий определяют тип электрода, а

толщина основного металла — диаметр электрода. Наиболее часто используемые режимы ручной наплавки (сварки) при ремонте деталей приведены в табл.15.

Табл.15. Режимы ручной наплавки (сварки) при ремонте деталей

Диаметр проволоки, мм	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч
0,7—0,8	1,0	65—75	17	30—40
	1,5	90—100	18—19	30—40
	2,0	100—110	19—20	25—30
1,0	1,0	100—110	18—19	30—40
	2,0	120—150	20—21	25—30
	3,0	130—150	20—21	25—30
	4,0	150—180	21—22	25—30
	Более 4,0	180—200	22—24	20—25
1,2	2,0	140—160	20—21	30—40
	3,0	160—200	21,5—22,5	30—40
	4,0	200—220	21—23	25—30
	Более 4,0	230—270	23—25	20—25
1,4	3,0	180—210	22—23	30—40
	4,0	210—250	23—24	25—30

Для качественного восстановления деталей с помощью электродуговой сварки и наплавки необходимо правильно подобрать диаметр электрода и состав (марку) обмазки; отрегулировать источник питания на необходимую силу сварочного тока; наметить способ движения конца электрода; установить электрод к наплавляемой поверхности под определенным углом.

Подготавливают сварные соединения и трещины в зависимости от толщины соединяемых элементов и вида выполняемого шва. Прилегающие к месту сварки поверхности зачищают на ширину 15—20 мм. При сварке толстостенных деталей из листового материала основной подготовительной операцией является разделка кромок. Стыковая сварка без разделки кромок допускается только при толщине до 5—6 мм.

Для наплавки изношенных поверхностей применяют специальные электроды, обеспечивающие получение наплавленного слоя необходимой твердости и высокой износостойкости.

Ремонт деталей газовой сваркой и наплавкой.

Газы, применяемые для сварки (наплавки). В качестве горючего газа в основном используют ацетилен, что объясняется простотой его получения, высокой теплотой сгорания и температурой пламени.

Ацетилен (соединение углерода и водорода, химическая формула C_2H_2) — бесцветный газ с резким сладковатым запахом. Его получают из карбида кальция, поставляемого потребителям в запаянных барабанах массой от 50 до 150 кг.

В качестве заменителя ацетилена используют смесь пропана и бутана в сжиженном виде. Для газовой сварки применяют переносные и стационарные ацетиленовые генераторы.

Производительность переносных генераторов, как правило, не более 3 м³/ч, стационарных — 5 м³/ч и более. Для нормальной работы газовой горелки необходимо, чтобы горючие газы и кислород поступали в нее под определенным давлением.

При использовании для сварочных работ баллонного ацетилена применяют ацетиленовый редуктор РД-2АМ, снижающий давление с 2,5 до 0,01—0,15 МПа. Кислородные редукторы снижают давление газов с 15 до 0,1—2,5 МПа.

Технология выполнения сварочных (наплавочных) работ. Газовую сварку швов можно начинать как слева, так и справа.

Сварку слева применяют для деталей толщиной до 5 мм. При этом горелку перемещают за присадочной проволокой (прутком), диаметр которой зависит от толщины свариваемого металла (табл.16). В это время факелом пламени предварительно нагревают кромки шва.

Табл.16. Зависимость диаметра присадочной проволоки от толщины свариваемого металла

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр проволоки, мм
1—3	2
3—5	3—4
5—10	4—5
10—15	5—6

Сварку справа целесообразно применять для крупногабаритных деталей. В этом случае проволоку перемещают за горелкой. Факел пламени, направленный на заваренный шов, защищает его от резкого охлаждения. Скорость сварки при этом способе несколько выше.

Для регулировки скорости и равномерности прогрева кромок и образования сварного шва требуемой формы в процессе сварки присадочному прутку и проволоке сообщают колебательные движения.

При сварке деталей из стали в качестве присадочного материала применяют проволоку марок Св-08, Св-08А, Св-12ГС, Св-08Г2С в виде прямых прутков диаметром 0,8—1,0 мм.

Присадочную проволоку перед сваркой во избежание образования неметаллических включений, пор, газовых пузырей и других дефектов необходимо тщательно зачистить до металлического блеска.

Ремонт чугунных деталей сваркой и наплавкой.

В зависимости от формы детали, ее габаритов, вида исправляемого дефекта применяют горячую и низкотемпературную сварку деталей из чугуна чугуном.

Горячая сварка деталей из чугуна. Сварку чугунных деталей ведут с предварительным нагревом зоны сварки. В результате снижается скорость охлаждения наплавленного металла, температура детали, жесткость конструкции, толщина стенок, объема наплавленного металла и структура чугуна, ослабляется общее напряженное состояние свариваемого изделия, предотвращается образование трещин.

Детали, у которых место сварки расположено среди жестких элементов (блоки корпуса коробок), надо нагревать до температуры 650—680 °С. Более высокий нагрев приводит к росту зерен металла и снижению механической прочности. Заканчивать сварку следует при температуре 200—700 °С.

В качестве присадочного материала применяют прутки из легированного чугуна марок А, Б, ЧЛ (различающихся химическим составом) диаметром 8, 10, 12, 14, 16 мм и длиной 400—700 мм.

Поверхности литых присадочных прутков перед сваркой необходимо тщательно зачищать.

Детали прочного профиля сваривают прутками марки А диаметром 8—16 мм. Для сварки тонкостенных деталей рекомендуется применять прутки марки Б тех же диаметров.

Трещины в деталях из чугуна СЧ 21-40 следует заваривать прутками марки А, а в деталях, изготовленных из легированного чугуна, — прутками марки ЧЛ.

Деталь, подлежащую сварке, тщательно осматривают для определения технологической последовательности выполнения операций, подготовки необходимого оборудования и инструмента к началу работы. Следует помнить, что перерывы при сварке чугуна не допускаются.

Изделие, разрушенное на отдельные части, необходимо перед сваркой собрать, точно подогнав обломки по поверхности изломов и прихватив сваркой по кромкам. Без подготовки кромок можно сваривать детали толщиной до 4 мм.

Кромки трещин изделий следует разделять фрезерованием, строганием или шлифованием на глубину $1/3$ толщины изделия. При разделке надо оставлять отдельные участки свариваемых кромок необработанными (мостики), чтобы иметь возможность при сварке правильно установить отломанную часть. На крупных изделиях фаски разделяют пневматическим зубилом, но в 3—4 точках их не вырубят, чтобы сохранить места излома, которые заваривают последними.

Сквозные трещины в деталях перед разделкой кромок следует предварительно засверливать по концам во избежание дальнейшего распространения трещины.

При заварке трещин расстояние между сварочной ванной и ядром пламени должно быть в пределах 5—10 мм. Для уменьшения выгорания углерода и кремния поддерживают нормальное пламя с небольшим избытком горючего газа и сварку ведут без интенсивного перемешивания жидкого металла пламенем или присадочным прутком.

При сварке следует применять флюс, который раскисляет поверхности свариваемых кромок детали и присадочного прутка, связывает тугоплавкие соединения, переводя их в легкоплавкие соединения, защищает расплавленный металл сварочной ванны от окисления, увеличивает жидкотекучесть шлаков и расплавленного металла, что способствует удалению газов из жидкого металла.

В качестве флюсов рекомендуется бура, углекислый натрий, углекислый калий, азотистый натрий, двууглекислый натрий.

Учитывая жидкотекучесть чугуна, свариваемые детали устанавливают на графитовую или глиняную подкладку с канавкой под зазор для облегчения хорошего провара соединения. Перед началом наложения шва кромки стыка деталей нагревают пламенем горелки до вишнево-красного цвета и вносят флюс. Затем пламя горелки перемещают вдоль шва с поперечными колебаниями.

Угол наклона оси мундштука к плоскости металла следует поддерживать в пределах 60—80°; при сварке деталей толщиной более 15 мм угол наклона увеличивают до 80—90°. Угол между присадочным прутком и осью пламени мундштука в плоскости наплавления сварочного шва должен составлять примерно 90°. Чтобы не допустить возникновения пор, пепровара и облегчить выход газов, растворенных в расплавленном металле, необходимо плавящимся концом присадочного прутка перемешивать металл сварочной ванны.

Тонкие детали сваривают за один проход, толстостенные — в несколько слоев. Толщина отдельного слоя должна быть 4—8 мм. Иногда сварку ведут без подогрева, если детали имеют способность свободно расширяться при нагреве и сокращаться при охлаждении (приварка обломанных ушек, лап, выступов, бугелей).

Низкотемпературная сварка деталей из чугуна. Низкотемпературную сварку ведут чугунными прутками марки НЧ диаметром 6 и 8 мм. При сварке тонкостенных чугунных деталей следует применять прутки марки НЧ-1, флюсы № 1 и 2, флюс-пасты 22-1 и 23-1. Для сварки толстостенных чугунных деталей прутками марки НЧ-2 и НЧ-Т применяют флюс № 2 и флюс-пасту 23-1.

Низкотемпературную сварку чугуна проводят нормальным (восстановительным) пламенем без предварительного подогрева детали или с общим подогревом до 200—350 °С. Детали по окончании сварки медленно охлаждают в печи или сухом песке. Можно замедлять охлаждение места сварки подогревом сварочной горелкой.

При сварке тонколистовых деталей угол между осью горелки и плоскостью детали должен быть 20—25°. В момент образования капли концом прутка необходимо касаться завариваемой поверхности. В процессе сварки присадочный пруток следует периодически обрабатывать флюсом. Шов наплавляют тонкими слоями толщиной 2—3 мм.

Ремонт деталей машин механизированными способами сварки и наплавки под флюсом, в среде защитных газов.

Из всех способов механизированной наплавки в настоящее время наибольшее распространение получила наплавка под флюсом.

Схема процесса наплавки под флюсом представлена на рис.57. При наплавке под флюсом дуга горит между голым электродом и изделием, к которым подведен ток. Электрод и поверхность изделия расплавляются в дуге, образуя ванну жидкого металла. Наплавляемый участок покрывают толстым слоем сыпучего сварочного флюса.

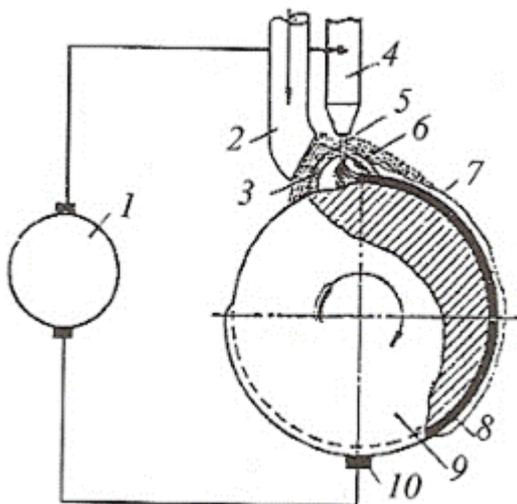


Рис.57. Схема горения электрической дуги под слоем флюса: 7 — источник тока для питания дуги; 2 — устройство для подачи флюса; 3 — оболочка для жидкого флюса; 4 — мундштук; 5 — электродная проволока; 6 — электрическая дуга; 7 — шлаковая корка; 8 — наплавленный слой; 9 — наплавляемая деталь; 10 — подвод тока к детали

По мере удаления дуги жидкий металл и шлак затвердевают, образуя наплавленный валик, покрытый шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом; остывшая шлаковая корка удаляется. Электрод подается в зону наплавки из катушки (бухты) подающим механизмом наплавочного аппарата. Скорость подачи электрода равна скорости его плавления, благодаря чему в процессе наплавки длина дуги сохраняется примерно постоянной. Флюс в процессе наплавки непрерывно подается из бункера.

При наплавке под флюсом можно использовать голый (необмазанный) электрод в виде проволоки или ленты, что позволяет максимально приблизить к сварочной дуге место подвода тока. При этом вылет электрода уменьшается, т.е. участок электрода, по которому протекает ток

(расстояние от токоподводящего контакта до конца электрода со стороны дуги). В результате удается повысить силу тока, а следовательно, производительность по сравнению с ручной наплавкой штучными электродами.

Чтобы предотвратить перегрев электрода и обеспечить нормальное плавление, обычно устанавливают оптимальную плотность тока. Под плотностью тока понимают величину силы тока, проходящего по электроду, отнесенную к единице сечения (A/mm^2). Обычно при ручной наплавке плотность тока составляет $10-20 A/mm^2$, а при наплавке под флюсом — $30-130 A/mm$.

Для восстановления деталей под слоем флюса и порошковой проволокой открытой дугой используются специализированные станки ОКС-11200, ОКС-11236, ОКС-11237, ОКС-11238, ОКС-11253 и У-470.

Увеличение производительности при одноэлектродной наплавке под флюсом за счет повышения силы сварочного тока не всегда возможно. При повышении силы сварочного тока увеличивается глубина проплавления основного металла и длина сварочной ванны, в результате могут появиться прожоги при наплавке тонкостенных деталей, нежелательное разбавление наплавленного металла основным и отекание жидкого металла и шлака при наплавке цилиндрических деталей. Поэтому применяются следующие разновидности наплавки под флюсом: наплавка электродной лентой, многоэлектродная и многодуговая наплавка (рис.). Характерной особенностью наплавки электродной лентой является малая глубина проплавления основного металла и возможность получения за один проход широкого валика (практически до 100 мм). При многоэлектродной наплавке в зону дуги одновременно подаются несколько электродов, которые подключаются к одному полюсу сварочного преобразователя или к одной фазе сварочного трансформатора. Дуга периодически перемещается с одного электрода на другой, при этом получается общая сварочная ванна с небольшой глубиной проплавления основного металла и широкий валик. Результаты наплавки зависят от правильного выбора расстояния между центрами соседних электродов. При наплавке электродной лентой и при многоэлектродной наплавке повышение производительности достигается за счет применения большой силы сварочного тока без значительного увеличения глубины проплавления основного металла.

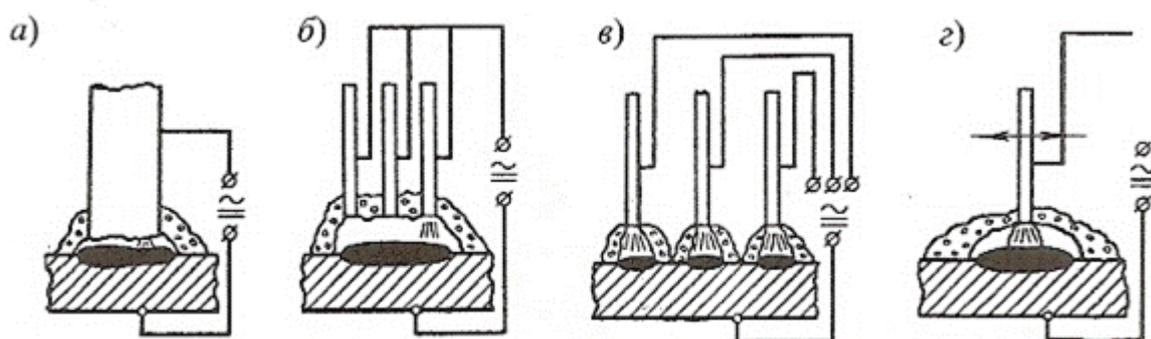


Рис.58. Способы наплавки под флюсом: а -наплавка электродной лентой; б— многоэлектродная; в - многодуговая; г - с возвратно-поступательным движением электрода.

При многодуговой наплавке применяется одновременно несколько наплавочных аппаратов или один аппарат с несколькими электродами; каждый электрод питается от отдельного источника тока. Образуется несколько отдельных дуг и отдельные сварочные ванны. Производительность наплавки повышается за счет одновременного применения нескольких сварочных дуг сравнительно небольшой мощности.

Качество наплавленного металла, форма валиков, глубина проплавления металла изделия зависят от режима наплавки. Основными параметрами (составляющими) режима наплавки являются: сила сварочного тока, напряжение дуги, сечение электродного материала, скорость

наплавки, вылет электрода, скорость подачи электрода, высота слоя флюса, угол наклона электрода.

Режим наплавки. Скорость подачи проволоки, а следовательно, и силу сварочного тока, выбирают в зависимости от диаметра и формы изделия, подлежащего наплавке. Для ориентировочного выбора режима можно использовать графики (рис.59 и 60). Желательна максимальная скорость подачи проволоки, поскольку этим определяется производительность наплавки, но увеличение количества металла, наплавляемого за единицу времени, допустимо только при хорошем формировании валиков.

Напряжение дуги следует выбирать с таким расчетом, чтобы очертания наплавляемого валика были плавными. Слишком малое напряжение дуги приводит к образованию высоких узких валиков, при небольшой скорости наплавки нередко появляются подвороты, краевые непровары. Чрезмерное увеличение напряжения способствует отекаанию металла.

Практически при наплавке напряжение дуги выбирают в пределах от 25 до 35 В. Чем больше сила тока, тем выше должно быть напряжение, необходимое для хорошего формирования валика.

Колебания напряжения в процессе наплавки должны быть минимальными, поэтому наплавку рекомендуется выполнять на постоянном токе. Напряжение дуги при наплавке на переменном токе зависит от колебаний напряжения сети. Поэтому переменный ток применяется только при наплавке крупных изделий, когда его величина превышает 500 А, однако и в этом случае использование постоянного тока дает лучшие результаты.

Смещение электрода с зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали, позволяет в определенных пределах предупредить отекаание металла. В зависимости от длины ванны величина смещения обычно составляет от 15 до 40 мм. Величину смещения выбирают с таким расчетом, чтобы не ссыпался флюс и не стекал жидкий металл и шлак. По очертаниям образующегося валика можно судить о том, правильно ли был смещен электрод.

Скорость вращения изделия не оказывает влияния на производительность наплавки и выбирается по возможности малой, чтобы облегчить удаление шлаковой корки. Но слишком малая скорость нарушает формирование валика: образуются подвороты, ванна растекается неравномерно. Окружную скорость наплавляемой поверхности выбирают при наплавке одним электродом в пределах от 12 до 40 м/ч. Чем меньше диаметр наплавляемого изделия, тем меньше должна быть скорость наплавки.

Величина вылета электрода влияет на качество наплавки. При увеличении вылета электрода получают извилистые валики, так как проволока «виляет». При наплавке порошковой проволокой диаметром 3,5 мм расстояние от среза мундштука до наплавляемой поверхности не должно превышать 30—40 мм. При наплавке сплошной проволокой вылет может быть несколько больше.

Шаг наплавки выбирают в зависимости от диаметра изделия требуемой толщины слоя, а также от величины тока и напряжения. Слишком малый шаг может привести к образованию подворотов и непроваров основного металла, слишком большой — к чрезмерному увеличению доли основного металла в наплавленном слое.

Шаг наплавки выбирают в зависимости от диаметра изделия и принятой силы тока в пределах от 3 до 9 мм.

Припуск на обработку при нормальном формировании валика составляет 1,5—2 мм на сторону, при тщательном выполнении наплавки величину припуска можно уменьшить до 1 мм.

Наплавка цилиндрических изделий малого диаметра (от 50 до 200 мм) вызывает затруднения из-за стекания металла. Если длина сварочной ванны слишком велика, то металл вытекает в конце ванны, образуя наплывы. Для уменьшения длины ванны следует применять малый ток и низкое напряжение. Скорость перемещения дуги (в данном случае скорость вращения изделия) мало влияет на длину ванны, но при малой скорости облегчается удаление шлака и толщина слоя, наплавленного за один проход, увеличивается. В табл. 17 приведены рекомендуемые режимы

наплавки под флюсом цилиндрических деталей сплошной проволокой, а в табл. 18 — порошковой проволокой.

Табл.17. Режимы наплавки цилиндрических деталей сплошной проволокой

Диаметр детали, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Шаг наплавки, мм
200	2,0	220—260	27—30	28—32	6,0
160	2,0	200—240	27—30	24—28	5,0
120	2,0	170—220	26—29	20—24	4,0
90	1,6	150—180	26—29	16—20	3,5
90	1,6	150—180	26—29	16—20	3,5
60	1,2	110—130	25—28	14—18	3,0

Табл.18. Режимы наплавки цилиндрических деталей сплошной проволокой

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Подача, мм/об	Сила тока, А
ПП-АН124	3	50—65	22—24	35—40	4—4,5	200—230
		60—75	24—26	30—35	4,5—5,6	240—250
		70—85	26—28	25—30	5,5—6	260—280
ПП-АН106	2	45—55	22—24	25—35	2,5—3	160—180
		50—65	22—24	20—25	3,5—4	160—180
		60—75	24—26	15—20	4,5—5	200—220
ПП-3Х5Г2М-0	2,2	50—65	22—24	35—40	4—5	160—180
		60—75	24—26	25—30	5—6	200—220
ПП-3Х13-0	2	50—65	22—24	30—40	4—5	160—200
		60—75	24—26	25—30	5,5—6	200—220
ПП-ТН2050-0	3	50—65	23—25	50—60	4,5—5,5	240—260
		60—75	23—25	40—50	5,5—6	250—270
ПП-25Х5ФМС-С	2,25	50—65	22—24	30—40	5	200—220
		60—75	24—26	25—35	5	240—270

Выбор марки флюса имеет немалое значение при наплавке изделий диаметром менее 100 мм. Легкоплавкие флюсы АН-20 для этой цели мало пригодны, так как отекание флюса влечет за собой отекание металла. Наиболее подходящим флюсом является в таких случаях АН-348А (для низколегированного наплавленного металла) или АН-70 (для высоколегированного металла).

Данные, приведенные в табл.18, относятся к деталям сплошного сечения. Чтобы избежать перегрева изделия и увеличения длины ванны при наплавке пустотелых изделий, приходится уменьшать и ток, и напряжение.

Чем меньше диаметр изделия, тем более точно должен соблюдаться выбранный режим наплавки. Поэтому детали малого диаметра наплавляют при постоянном токе обратной полярности. В настоящее время автоматической наплавкой под флюсом восстанавливают цилиндрические детали диаметром не менее 40—50 мм. Детали меньших диаметров целесообразно восстанавливать с помощью вибродуговой наплавки или в углекислом газе.

В среде защитных газов.

Наплавка в углекислом газе. Наплавка в углекислом газе позволила заметно расширить номенклатуру деталей, восстанавливаемых механизированными способами. В CO_2 можно восстанавливать детали малых диаметров (10 мм), наплавлять тонкие слои металла (около 1 мм), восстанавливать детали сложной конфигурации, производить наплавку полуавтоматом в разных пространственных положениях, а также наплавлять глубокие внутренние поверхности.

При наплавке в CO_2 наблюдается заметное окисление легирующих примесей. Поэтому проволоки, применяемые для наплавки под флюсом, не всегда могут быть использованы для наплавки в углекислом газе.

На окисление легирующих примесей значительно влияет режим наплавки и в наибольшей степени — напряжение дуги.

Для наплавки в CO_2 могут применяться следующие стандартные электродные проволоки: Св-08ГС, Нп-30ХГСА, Св-10Х13, Св-08Г2С, Св-18ХГС, Св-08ХЗГ2СМ, Св-08ХНГТ и др. Эти проволоки предназначены преимущественно для восстановления деталей. При наплавке на сталь 45 проволокой Св-10Х13 обеспечивается твердость наплавленного металла в среднем HRC 55, проволокой Св-08ГС — HB 160, а проволокой Св-18ХГС — HRC 40.

Техника газозлектрической наплавки мало отличается от техники наплавки под флюсом. На рис. 61 показана установка для газозлектрической наплавки цилиндрических деталей. Установка состоит из используемого для вращения детали старого токарного станка, оборудованного редуктором, понижающим число оборотов шпинделя, механизма подачи электродной проволоки, установленного на суппорте станка, шкафа с приборами управления и сварочного преобразователя.

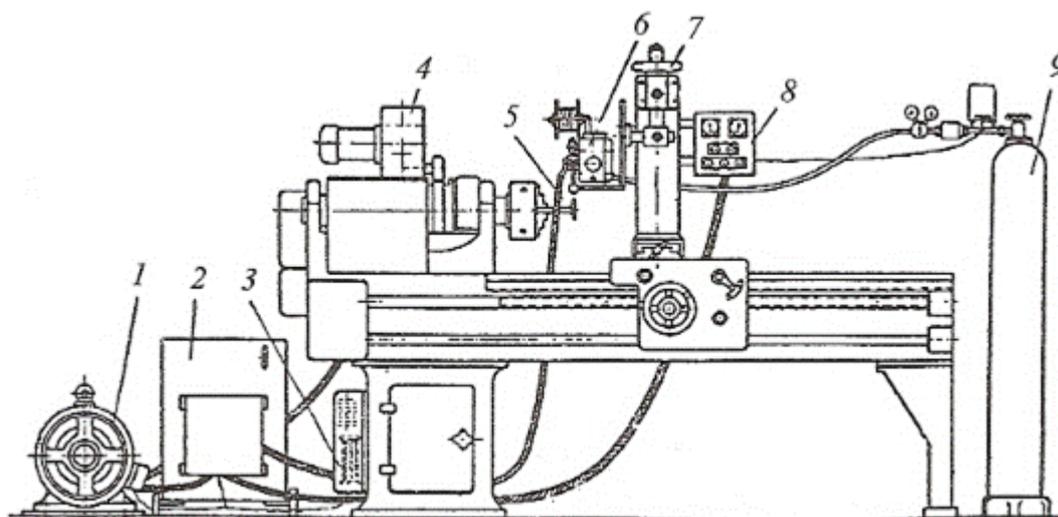


Рис. 61. Установка для газозлектрической наплавки; 1 — преобразователь ЗП—7,5/30; 2— аппаратный ящик; 3— реостат возбуждения; 4— привод станка; 5— наплавляемая деталь; 6— наплавочный аппарат; 7 — вертикальный суппорт;

8 — пульт управления; 9 - баллон с углекислотой и газовая аппаратура

В комплект газовой аппаратуры входят баллон с газом, расходомер, влагоотделитель, подогреватель газа, а также резиновые шланга для подвода газа.

Расходомер газа представляет собой понижающий редуктор с манометром низкого давления и дополнительной дроссельной шайбой с калиброванным отверстием в 1 мм. Расход газа отмечается показаниями манометра.

Осушитель поглощает влагу, находящуюся в углекислом газе. Он представляет собой коробку с отверстием для ввода и вывода газа, в которую помещено влагопоглощающее вещество: силикагель или медный купорос.

Подогреватель газа нужен для предупреждения замерзания редуктора. Он представляет собой электрическую печь с нагревательными спиралями, в которую помещен змеевик. Газ, проходя через змеевик, нагревается до температуры 40—60 °С.

Наплавка производится на постоянном токе и обычно при обратной полярности. При прямой полярности устойчивость дуги недостаточна, вследствие чего часть металла разбрызгивается и хуже формируется.

В зависимости от требуемого режима наплавки для питания дуги могут применяться сварочные преобразователи различных типов. При наплавке проволокой диаметром 1,6—2,5 мм на токе более 200 А можно применять обычные сварочные преобразователи с падающей, пологопадающей и жесткой внешней характеристиками, а также сварочные выпрямители ВС-300 и ВС-600.

При наплавке проволокой диаметром 0,5—1,2 мм на токе до 200 А применяются низковольтные генераторы АЗД-4/30 (ток до 130 А), АЗД-7,5/30 (ток до 250 А).

Режим наплавки оказывает большое влияние на состав наплавленного металла, формирование валика, образование пор, потери металла, разбрызгивание и пр. При выборе режима необходимо учитывать диаметр наплавляемой детали, толщину наплавляемого слоя и условия, обеспечивающие стабильное горение дуги. Напряжение дуги не должно быть очень большим, так как при этом ухудшается защита металла и в нем могут появиться поры. Так, например, при наплавке валика на сталь МСт.3 проволокой Св-10Г2СА током силой 360—380 А при напряжении дуги 26—28 В содержание азота в металле составляет 0,007 % и поры отсутствуют, а при напряжении 43—45 В содержание азота повышается до 0,055 % и наплавленный металл получается пористым.

Для хорошей защиты металла сварочной ванны необходимо в зону дуги подавать соответствующее количество углекислого газа. Обычно при наплавке проволокой диаметром 0,5—1,2 мм расход углекислоты составляет 5—12 л/мин, а диаметром 1,6—3 мм — 14—25 л/мин. При увеличении напряжения дуги, силы тока и вылета электрода расход углекислоты увеличивается.

В табл.19 приведены данные о расходе углекислоты в зависимости от режима наплавки.

Табл.19. Расход углекислоты в зависимости от режима наплавки

Диаметр электродной проволоки	Режим наплавки			
	сила тока, А	напряжение дуги, В	вылет элект- рода, мм	расход CO ₂ , л/мин
0,6	40—100	17—19	6—12	6—7
0,8	60—150	18—21	6—12	7—8
1,0	80—180	18—22	7—13	7—10
1,2	110—250	19—23	8—15	8—12
1,6	140—300	24—28	12—20	14—17
2,0	200—500	27—36	15—25	15—22
2,5	300—650	28—37	16—28	18—24

В табл. 20 приведены сведения о режимах наплавки деталей малых диаметров.

Таблица 13.10. Режимы однослойной наплавки деталей

Диаметр детали, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость наплавки, м/ч
10—20	0,8—1,0	70—95	18—19	20—60
20—30	0,8—1,8	90—120	18—19	30—60
30—40	0,8—1,0	110—140	18—19	40—60
40—50	1—1,2	130—160	18—20	40—70
50—70	1,2—1,4	140—175	19—20	50—70
70—90	1,4—1,6	170—195	20—21	60—80
90—120	1,6—2,0	195—225	20—22	60—90

Наплавка в CO_2 крупных деталей менее производительна, чем наплавка под флюсом, поэтому ее следует применять только в необходимых случаях.

Для сварки, наплавки в среде защитных газов используют специальные автоматы АДПГ-500, АТП-2, АДСП-2, УДС-1-58, АСА-500 и полуавтоматы А-547Р, ПШП-10, ПГШ-2М, ПДПГ-300, А-537, ПГД-2М; преобразователи ПСГ-350, ПСГ-500, сварочные выпрямители ВС-300, ВС-600, ВДГ-301 и др. Для восстановления деталей наплавкой в среде защитных газов служат установки ОКО11232, О11-1-100 и У-465.

Ремонт деталей способом вибродуговой наплавки.

Вибродуговая наплавка является разновидностью наращивания поверхности с использованием тепла от электрического тока. В этом случае возбуждение дуги происходит вибрирующим электродом под струей охлаждающей жидкости или защитного газа. Основное достоинство этого процесса наплавки — небольшой нагрев детали, малая зона термического влияния и возможность получения наплавленного металла с требуемыми твердостью и износостойкостью без термообработки после наплавки. Кристаллизация и охлаждение наплавленного металла при вибродуговой наплавке происходят почти моментально, поэтому восстановленная поверхность может иметь множество микротрещин, в результате чего значительно снижается предел усталостной прочности детали.

Вибродуговая наплавка менее производительный процесс, чем наплавка под флюсом, ее следует применять только в тех случаях, когда использование наплавки под флюсом затруднено. Этим способом целесообразно наплавливать детали малых диаметров (до 40 мм), термообработанные детали, наносить тонкие слои металла (0,3—1 мм) и др.

Структура и твердость наплавленного металла зависят от количества подаваемой в зону наплавки охлаждающей жидкости и от места ее подачи. При подаче жидкости на некотором расстоянии от зоны наплавки, а также при использовании подогретой жидкости структурная неоднородность, а также разброс значений твердости наплавленного слоя, меньше. Однако при этом наплавленный металл обладает меньшей твердостью, что способствует снижению его износостойкости.

Ограничение количества охлаждающей жидкости и подача ее на деталь на некотором расстоянии от зоны наплавки позволяют во многих случаях предупредить образование трещин в наплавленном металле. При вибродуговой наплавке под флюсом или в среде защитных газов деталь можно подвергать предварительному подогреву и этим повышать качество наплавленного металла. Естественно, что в этом случае наплавленный металл будет обладать более низкой твердостью. Схема вибродуговой наплавки приведена на рис.62. Для наплавки применяются электродные проволоки Св-08, Св-08ГА, Св-ЮГ2, Св-18ХГСА, Св-18ХМА, Нп-30ХГСА, а также проволоки из конструкционной стали марок 40, 50, 70, 65Г, пружинной углеродистой стали марок ОВС, ВС, П-1, ПК-1 и др. Наиболее часто используют проволоку диаметром 2,0—2,4 мм.

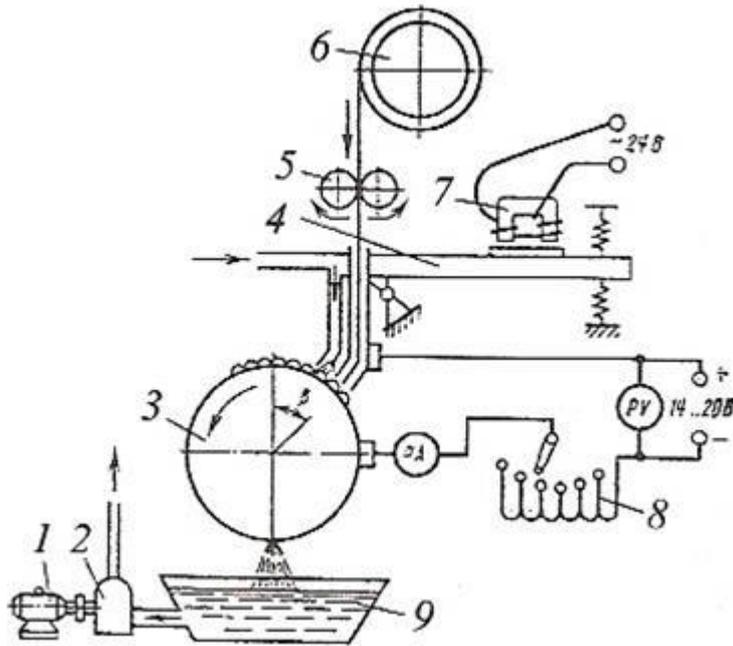


Рис. 62. Схема вибродуговой наплавки: 1— электродвигатель; 2— насос; 3 - наплавляемая деталь; 4 —вибрирующий мундштук; 5 - механизм подачи проволоки; 6— кассета; 7— вибратор; 8— индуктивное сопротивление; 9 -ванна для охлаждающей жидкости

Твердость наплавленного металла зависит от химического состава и скорости охлаждения. Химический состав определяется преимущественно составом электродной проволоки, а скорость охлаждения зависит от среды, в которой выполняется наплавка, от количества и места подвода охлаждающей жидкости, режима наплавки и прочих условий.

В табл. 21 приведены сведения о твердости наплавленного металла в зависимости от марки электродной проволоки и применяемой при вибродуговой наплавке защитной среды.

Табл.21. Твердость наплавленного металла в зависимости от марки электродной проволоки и защитной среды при вибродуговой наплавке

Марка стали, из которой изготовлена проволока	Твердость металла при наплавке в жидкости, HRC	
	при наплавке в углекислом	газе или на воздухе, HB
ОВС	39—54	240—300
П-1	39—52	240—300
ВС	39—54	240—300
65Г	36—52	240—300
45, 30ХГСА	35—48, 32—44	230—280, 230—280
30	22—30	210—240

Получение наплавленного металла без трещин, пор и других дефектов, усталостная прочность восстановленной детали, толщина и твердость наплавленного слоя, а также производительность процесса определяются преимущественно режимом и условиями наплавки.

При вибродуговой наплавке, кроме силы тока, напряжения дуги, скорости наплавки, шага наплавки и смещения электрода с зенита, важнейшими параметрами режима являются: частота и амплитуда колебаний электрода, количество подаваемой жидкости, угол подвода электродной проволоки к детали, сила тока короткого замыкания, индуктивность контура сварочной цепи и длительность электрических разрядов между электродом и изделием.

При наплавке на постоянном токе необходима обратная полярность, так как при наплавке на прямой полярности резко увеличиваются потери металла на разбрызгивание, а также возникает опасность несплавления наплавленного слоя с основным металлом.

При вибродуговой наплавке в среде жидкости применяют напряжение дуги 12—22 В. При более низком напряжении дуги могут образоваться непровары и другие дефекты, а при более высоком заметно увеличивается разбрызгивание электродного металла. Если вибродуговая наплавка производится с использованием флюса, то напряжение дуги должно составлять 25—30 В.

С повышением силы тока увеличиваются потери электродного металла на угар и разбрызгивание и ухудшается чистота поверхности наплавленного слоя, поэтому наплавку выполняют на токе не более 200 А. Величины тока изменяются в зависимости от скорости подачи электродной проволоки.

При наплавке цилиндрической детали проволока может подводиться к детали сбоку или в верхней точке, немного смещенной с зенита, как это показано на рис.63. При этом колебания электрода должны быть направлены перпендикулярно касательной в точке А, т.е. в месте подвода проволоки к детали. При несоблюдении этого условия происходит «размазывание» дуги и ухудшение чистоты наплавленного слоя. При наплавке слоя толщиной 1,5—3 мм угол между осевыми линиями детали и электрода должен составлять 65—75°, при меньшей толщине слоя 75—90°; вылет электрода за контактные поверхности мундштука — 8—12 мм.

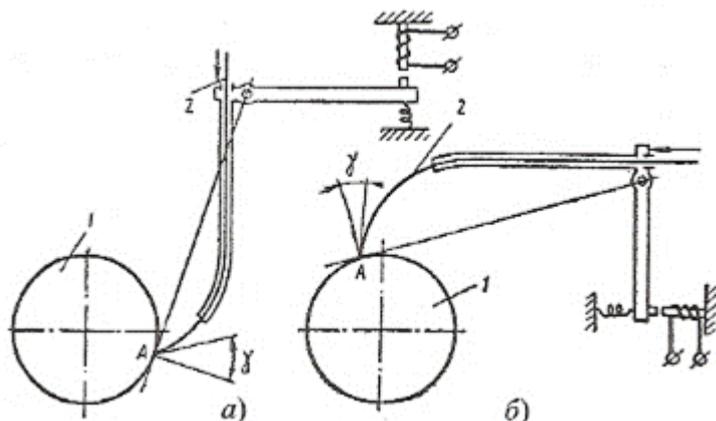


Рис.63. Схема бокового (а) и верхнего (б) подвода проволоки к детали: 1 — деталь, 2 — электрод

Наиболее производительной является наплавка в один слой с минимальным припуском на механическую обработку.

При расчете требуемой толщины наплавленного слоя необходимо учитывать, что припуск на механическую обработку должен составлять от 0,6 до 1,2 мм.

Обычно величину шага наплавки при напряжении 10—12 В принимают равной 1,2—1,5 диаметра используемой электродной проволоки, при напряжении 15—22 В — 1,2—2,0 диаметра электродной проволоки.

В качестве охлаждающей жидкости наиболее часто применяют 3—5 %-ный водный раствор кальцинированной соды. Иногда к этому раствору добавляют немного машинного масла и технического глицерина или применяют 20—25 %-ный раствор технического глицерина.

Средняя величина тока при диаметре проволоки от 1,4 до 1,8 мм составляет от 100 до 200 А. При наплавке проволокой марки ОВС можно применять напряжение 12—14 В, а малоуглеродистой проволокой — 16—18 В.

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки приведены в табл.22

Табл.22. Ориентировочные режимы вибродуговой автоматической наплавки в струе жидкости (4 %-ный водный раствор кальцинированной соды)

Диаметр проволоки, мм	Напряжение дуги, В	Сила тока*, А	Скорость подачи проволоки, м/ч	Амплитуда вибрации, мм	Производительность наплавки, кг/ч
0,5—0,8	12—15	80—90	54	1,0—1,2	0,8—0,9
1,0—1,6	12—18	90—100	57	1,2—1,6	0,8—1,0
1,8—2,2	18—19	100—110	61,2	1,8—2,0	0,9—1,1
2,2—2,5	20—21	110—130	72	2,0—2,5	1,2—1,3
2,5—3,0	22—24	130—180	82	2,0—2,5	1,3—1,5
3,0—4,0	24—26	210—240	82	2,5—3,0	1,8—2

* *Примечание.* Ток постоянной и обратной полярности.

Ремонт деталей машин методом наращивания поверхности металлизацией, электролитическим наращиванием.

Электролитическое осаждение металлов основано на явлении электролиза. При прохождении тока через электролит из него выделяются положительно заряженные атомы хрома, меди или никеля, которые ровным слоем осаждаются на детали (катоде). В качестве анодов используют свинцовые, угольные, платиновые или железные и медные пластины. Силу тока при гальванических покрытиях устанавливают в зависимости от площади покрываемых деталей и объема электролита. Плотность тока (сила тока, отнесенная к площади покрываемой детали) 3—70 А/дм². Концентрация тока ванны (сила тока, отнесенная к объему электролита) для хромовой ванны 3,5 А/л, для медной ванны 0,1 А/л, для никелевой ванны 0,08 А/л. Теоретическое количество вещества, г, выделяющегося при электролизе на катоде, согласно закону Фарадея определяется по формуле:

$$G_T = cII, \quad (82)$$

где c — электрохимический эквивалент, г/(А·ч); I — сила тока, А; T — время протекания электрического тока через электролит, ч.

Фактическая масса осажденного металла $G_{\text{ф}}$ всегда меньше теоретической, так как в электролите одновременно протекают другие процессы, на что расходуется часть энергии. Отношение фактической массы осажденного металла к теоретической называется выходом по току. Оно характеризует коэффициент полезного действия ванны:

$$\alpha = (G_{\text{ф}}/G_{\text{т}})100, \quad (83)$$

При хромировании выход по току составляет 12—18 %, для других процессов гальванического наращивания — 60—90 %. Среднюю толщину слоя металла, мм, осажденного на катоде, определяют по формуле:

$$h = cD_{\text{к}}T\alpha/(1000\rho), \quad (84)$$

где ρ — плотность осаждаемого металла, г/дм³; α — выход по току, %; $D_{\text{к}} = IF$ — плотность тока, А/дм³ (F — плотность покрываемой детали).

Электрохимические эквиваленты для некоторых металлов приведены в табл. 23.

Табл.23. Электрохимические эквиваленты и выход по току некоторых металлов при электролизе

Металл	Электрохимический эквивалент, г/(А·ч)	Плотность металла, г/см ³	Толщина, мкм осадка		Выход по току, %
			теоретическая	практическая	
Хром	0,323	7,1	4,96	4,6	13—18
Железо	1,043	7,8	13,34	13,0	85—95
Никель	1,095	8,8	12,44	10,6	90
Медь	1,186	8,9	13,33	13,0	98
Цинк	1,220	7,0	17,43	16,0	92

Технологический процесс восстановления деталей нанесением покрытий включает три этапа: подготовка поверхностей деталей; осаждение покрытий; обработка нанесенного покрытия.

Подготовка поверхности к нанесению покрытий

Подготовка деталей к покрытию состоит из механической обработки поверхностей, обезжиривания обработанной поверхности и декапирования.

Механическая обработка включает пескоструйную обработку, шлифование и полирование. Выбор способа механической обработки зависит от назначения покрытия. При нанесении покрытия с целью восстановления изношенной поверхности для получения правильной геометрической формы производят шлифование и полирование для достижения необходимой шероховатости поверхности. Шлифование выполняют на шлифовальных станках с использованием шлифовальных или войлочных кругов, накатанных абразивным порошком. Полирование производят бязевыми кругами, на которые наносят полировальные пасты.

Обезжиривание проводится для удаления жировых загрязнений с поверхности детали с целью достижения высокой прочности сцепления. Применяют различные способы обезжиривания: в органических растворителях, а также химическое и электрохимическое обезжиривание.

Электрохимическое обезжиривание деталей является наиболее эффективным. Оно осуществляется при помощи постоянного тока на катоде и на аноде или комбинированным способом: сначала на катоде (2—7 мин), затем на аноде (4—10 мин).

Составы электролитов и режимы электрохимического обезжиривания приводятся в табл. 24.

Табл.24. Составы электролитов и режимы электрохимического обезжиривания

Компоненты и режимы обработки	ГОСТ, ТУ	Единицы измерения	Номер электролита		
			1	2	3
Натрий едкий (сода каустическая)	2263—79	г/л	50	40	30
Натрий углекислый (сода кальцинированная)	1460—81	г/л	50	50	20
Тринатрийфосфат	201—76	г/л	20	10	55
Стекло жидкое	13078—81	г/л	—	5	6
Средство моющее МС-8, МС-52	806—72	г/л	20	—	—
Температура		°С	60—80	70—80	80
Плотность тока		А/дм ²	10—12	5—10	5—8
Продолжительность процесса		мин	6—9	3—6	5—6

В качестве электродов в ванну для электрохимического обезжиривания помещаются стальные или никелевые пластины. Поверхности деталей, не подлежащие восстановлению, необходимо изолировать. Перед нанесением изоляционного покрытия поверхности обезжиривают ацетоном или каким-либо другим растворителем.

Удобен способ защиты непокрываемых поверхностей изоляционной хлорвиниловой лентой, резиновыми трубочками, полиэтиленовой пленкой и другими кислотостойкими материалами.

При хромировании используют токонепроводящие материалы — лаки и синтетические материалы: полихлорвиниловый пластик, цапонлак и др. Затем детали монтируются на подвесное приспособление.

Обезжиривание деталей производят одним из следующих способов:

—проводят обработку поверхности растворителями (бензином, уайт-спиритом, ацетоном и другими растворителями);

—проводят механическую очистку венской известью (кашицеобразным раствором кальцемагниевого извести):

—обезжиривают в растворах щелочей путем погружения деталей в горячий щелочной раствор ($t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$), выдерживая в нем 5—60 мин; проводят электромеханическое обезжиривание в растворах щелочей, которое заключается в погружении деталей в горячий ($t = 60\text{—}80\text{ }^{\circ}\text{C}$) щелочной раствор, через который пропускают ток (катод — детали, а анод — пластины из малоуглеродистой стали). Плотность тока 5—10 А/дм², длительность процесса — 1—2 мин. Выделяющийся на поверхности детали водород в виде пузырьков срывает с поверхности жировую пленку.

Декапирование(анодная обработка деталей) — это удаление тончайших окисных пленок с обрабатываемой поверхности детали, которые образуются во время обезжиривания и промывки, а также обнажение структуры металла детали.

При хромировании обработку ведут в основном электролите, при этом детали сначала выдерживаются 1 -2 мин без тока для нагрева детали до температуры электролита, а затем в течение 30—45 сек проводят сам процесс при анодной плотности тока 25—35 А/дм². После этого, не вынимая детали из ванны, переключают деталь на катод и хромируют ее. При железнении анодную обработку ведут не в основном электролите, а в специальном.

Хромирование

Хромирование применяют для восстановления изношенных поверхностей деталей — нанесения защитно-декоративного покрытия, повышения износостойкости поверхностей деталей и т.д. Электролитом при хромировании служит раствор хромового ангидрида, к которому добавляется химически чистая серная кислота.

В зависимости от концентрации хромового ангидрида электролиты делят на три группы: низкой (140—150 г/л), средней (230— 250 г/л) и высокой (350—500 г/л) концентрации. При восстановлении деталей можно рекомендовать электролит двух составов:

а) хромового ангидрида 150 г/л, серной кислоты 1,5 г/л;

б) хромового ангидрида 250 г/л, серной кислоты 2,5 г/л.
Процесс хромирования заключается в следующем.

В ванну, наполненную указанным раствором, опускают деталь и свинцовую пластину (рис.64).К детали (катоде) и пластине (аноду) присоединяют источник постоянного тока. При пропускании электрического тока на поверхности детали ровным слоем осаждается хром. Время хромирования определяют по формуле:

$$T = h \cdot 4000 / (cD_{\text{H}} \alpha) \quad , (85)$$

где T — время хромирования, ч; h — толщина слоя, мм; γ — плотность хрома; c — химический эквивалент хрома (0,324); D — плотность тока, А/дм²; α — выход по току, %.

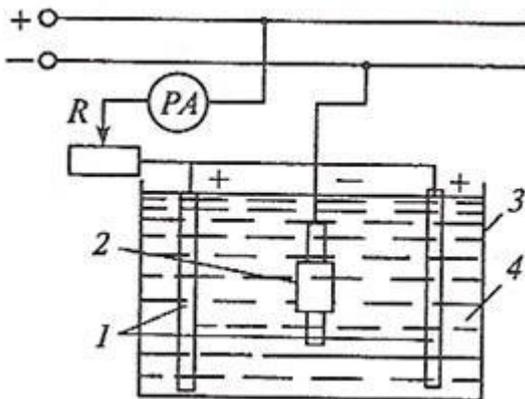


Рис. 64. Схема установки для электролитического осаждения металла: 1 — анод; 2 — катод (деталь); 3 — ванна; 4 — электролит

Большое влияние на процесс хромирования и качество осадка оказывают плотность тока и температура электролита ванны. Изменяя эти параметры, получают блестящий, молочный и матовый осадки. Блестящие осадки получаются при средних плотностях тока ($30\text{--}50\text{ А/дм}^2$) и $45\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$. Для них характерны достаточные твердость и вязкость. Осадки молочного цвета получаются при низких плотностях тока ($20\text{--}30\text{ А/дм}^2$) и $60\text{--}65\text{ }^\circ\text{C}$. Они относительно мягкие и вязкие.

Матовые осадки получаются при высоких плотностях тока ($50\text{--}70\text{ А/дм}^2$ и выше) и $30\text{--}50\text{ }^\circ\text{C}$. Матовым осадками свойственны высокая твердость и хрупкость. В табл.25 приведены данные о влиянии режимов хромирования на вид осадка хрома. В зависимости от условий работы деталей выбирают осадок с требуемыми свойствами; например, для изнашиваемых деталей, работающих при небольших удельных нагрузках (до $0,5\text{ МПа}$), следует рекомендовать блестящие осадки, а при больших контактных давлениях и знакопеременных нагрузках — молочные осадки. Наиболее высокие физико-механические свойства хромового покрытия достигаются при толщине слоя $h < 0,25\text{ мм}$.

Табл.25. Влияние режимов хромирования на вид и свойства электролитического осадка

Режим хромирования		Осадок	Толщина покрытия, мм	Прочность покрытия при сдвиге, МПа
температура электролита, $^\circ\text{C}$	плотность тока, А/дм^2			
65	25	молочный	0,1	505
			0,3	276
			0,5	163
55	35	блестящий	0,1	625
			0,3	398
			0,5	308
45	40	матовый	0,1	600
			0,3	366
			0,5	257

Если деталь работает при статических удельных нагрузках $q \leq 800\text{ МПа}$, рекомендуется толщина слоя h — $0,1 \pm 0,13\text{ мм}$ и матово-блестящий цвет покрытия. При динамических удельных нагрузках $q \leq 50\text{ МПа}$ толщина слоя должна быть $h = 0,05\text{--}0,11\text{ мм}$, а при $q \leq 200\text{ МПа}$, а при повышенных температурах рекомендуется толщина слоя $h = 0,03\text{--}0,05\text{ мм}$. В последнем случае применяется покрытие молочное и молочно-блестящее.

Поверхности восстанавливаемых деталей, подвергаемые хромированию, в основном можно свести к двум группам: поверхности трения и неподвижных соединений. Поверхности деталей, работающих на трении при различных удельных давлениях и окружных скоростях, должны обладать высокой износостойкостью, что достигается применением блестящих или молочно-блестящих покрытий. Толщина слоя хрома для различных деталей, работающих на трении, может быть $0,03\text{--}0,3\text{ мм}$. На детали, работающие без перемещения рабочих поверхностей взаимосоприженных пар (шейки валов под обоймы шарико- и роликоподшипников и др.), рекомендуется наносить покрытия блестящего вида, а режим электролиза должен обеспечивать высокую скорость наращивания осадков хрома, т.е. плотность тока должна быть $45\text{--}50\text{ А/дм}^2$, а температура электролита — $50\text{ }^\circ\text{C}$. При хромировании изношенных деталей, работающих с различной плотностью, лучшие результаты дают электролиты следующего состава: Cr_2O_3 150 г/л ; H_2SO_4 $1,5\text{ г/л}$. Источником тока для гальванического процесса является низковольтный

агрегат постоянного тока, который обеспечивает большую силу тока и низкое напряжение. Для хромирования деталей применяют ванны, изготовленные из листовой стали толщиной 3—4 мм. Ванна представляет собой два сварных бака, вставленных один в другой. Внутреннюю поверхность ванны (внутреннего бака) облицовывают кислотостойким материалом — винипластом или рольным свинцом толщиной 3 мм. Наружный бак служит кожухом водяной рубашки, предназначенной для регулирования температуры электролита. Воду подогревают паром, пропускаемым через расположенный на дне кожуха змеевик, или при помощи электронагревателей. На бортах ванны на специальных изоляторах крепятся анодные и катодные продольные штанги (латунные стержни). Ванны оборудованы бортовыми отсосами.

Технологический процесс восстановления включает нижеследующие операции.

1. Шлифование. Цель шлифования — устранить неравномерную выработку поверхности деталей.
2. Электролитическое обезжиривание или промывка. Применяется катодное электролитическое обезжиривание в электролите, состоящем из 50—100 г едкого натра или едкого калия и 1 л воды. Температура электролита 70—80 °С. Плотность тока 3—10 А/дм². Химическое обезжиривание проводят в растворе: едкий натр (или едкое кали) 50—100 г/л, мыло и жидкое стекло 2—3 г/л. Температура раствора 70—80 °С.
3. Промывка в горячей воде для удаления щелочи.
4. Изолирование мест, которые не подлежат хромированию, цапон-лаком, листовым целлулоидом или полихлорвиниловым пластиком.
5. Электролитическое обезжиривание для удаления с поверхности детали мелких частиц грязи.
6. Промывка в горячей и холодной воде.
7. Декапирование. Для получения прочных хромовых отложений детали подвергают легкому протравливанию (декапированию). Декапирование может быть химическим и анодным. Химическое декапирование можно проводить в 5—7 %-м растворе серной кислоты. Анодное декапирование выполняют непосредственно в хромовой ванне или в специально установленной ванне при анодной плотности тока 5—10 А/дм² с температурой электролита 50—60 °С. Продолжительность процесса 0,5—1 мин.
8. Хромирование в ванне указанного ранее состава при соответствующем режиме работы.
9. Шлифование деталей.

Пористое хромирование. Пористым хромированием называется слой хрома, на поверхности которого имеется большое количество пор и каналов. В порах удерживается смазка, что улучшает притирку трущихся поверхностей. Различают два вида поверхностей пористости: канальчатую и точечную. Процесс пористого хромирования состоит из тех же операций, что и гладкое хромирование, но для получения пористого хромирования поверхность подвергают анодной обработке. При анодной обработке хромового покрытия (обычно блестящих осадков) путем реверсирования тока происходит растворение хрома и проникновение его в глубину осажденного слоя, вследствие чего имеющиеся микроскопические каналы и трещины быстро развиваются, образуя в верхнем слое хромового покрытия систему пор глубиной в несколько сотых миллиметра. Анодная обработка хромовых покрытий уменьшает остаточные напряжения в слое хрома, вследствие чего его эксплуатационная работоспособность возрастает. Для получения хрома с пористостью канальчатого вида применяют: состав электролита — 250 г/л Cr₂O₃; режим хромирования — D_K - 50 А/дм², температура — 58—60 °С; режим анодного травления — D_a - 40 А/дм², температура — 58—60 °С, t = 6 + 8 мин. Для получения пористости точечного вида хрома применяют: состав электролита — 250 г/л Cr₂O₃ и 2,5 г/л H₂SO₄, режим хромирования — D_K = 45 А/дм², температура — 50 °С, режим анодного травления — D_a = 40 А/дм², температура — 50 °С, t = 10 + 12 мин. Для пористого хромирования толщина хромового осадка должна быть не менее 0,1 мм, в противном случае поры дойдут до основного металла, что значительно ухудшит свойство покрытия.

Размерное хромирование. Размерным хромированием называется точное равномерное покрытие хромом без последующей доводки. Преимуществом размерного хромирования является то, что слой хрома наносится такой толщины, которая на несколько микрон превышает предельный размер износа. Подвергать размерному хромированию деталь большой толщины затруднительно, поэтому для большинства деталей толщина размерного осаждения хрома не превышает 25—35 мкм на диаметр. Состав ванны для размерного хромирования такой же, как и для твердого хромирования: 150 г/л хромового ангидрида, 1,5 г/л серной кислоты, 1 л воды. Температура электролита — 55 °С (отклонение температуры допускается не более ± 1 °С), плотность тока — 40—45 А/дм², расстояние между анодом и катодом должно быть не менее 10 мм.

Железнение

При восстановлении деталей железнением получают покрытие высокой твердости и износостойкости, хорошо сцепленное с основным металлом детали.

Технологический процесс железнения состоит из следующих операций: предварительная подготовка, электролитическая обработка, железнение и окончательная обработка.

Применяемые электролиты. Для электролитического осаждения железа можно применять сернокислые, хлористые и смешанные электролиты.

В практике ремонта применяют в основном хлористые электролиты из хлористого закисного железа. Раствор хлористого железа получают травлением стальных стружек в соляной кислоте.

В зависимости от концентрации солей железа различают три типа хлористых электролитов: высококонцентрированные (600—680 г/л); среднеконцентрированные (400—450 г/л) и малокоцентрированные (200—220 г/л).

При железнении применяют растворимые аноды в виде стержней из малоуглеродистых сталей марок Ст. 3; Ст. 10; Ст. 20. Соотношение площадей анодов S_a и катодов S_k должно быть $S_a : S_k = 2 : 1$

Хлористые электролиты имеют ряд важных преимуществ: недефицитность и низкая стоимость применяемых материалов; высокая производительность; простота контроля и большая универсальность, позволяющая в одном и том же электролите получать как мягкие, так и твердые покрытия.

Свойства покрытий, получаемых на катоде, зависят от условий электролиза — концентрации и температуры электролита, плотности тока. «Мягкие» условия электролиза — высокая концентрация (680 г/л) $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ электролита, его высокая температура ($\sim 100^\circ$), малая плотность тока (5 А/дм²) — обеспечивают получение на деталях мягких осадков железа (НВ 120—150) толщиной до 3 мм и более.

При «жестких» условиях электролиза — малая концентрация электролита, невысокая его температура и высокая плотность тока — могут быть получены покрытия твердостью до 6 500—7 000 МПа и толщиной до 1,2 мм (рис.65).

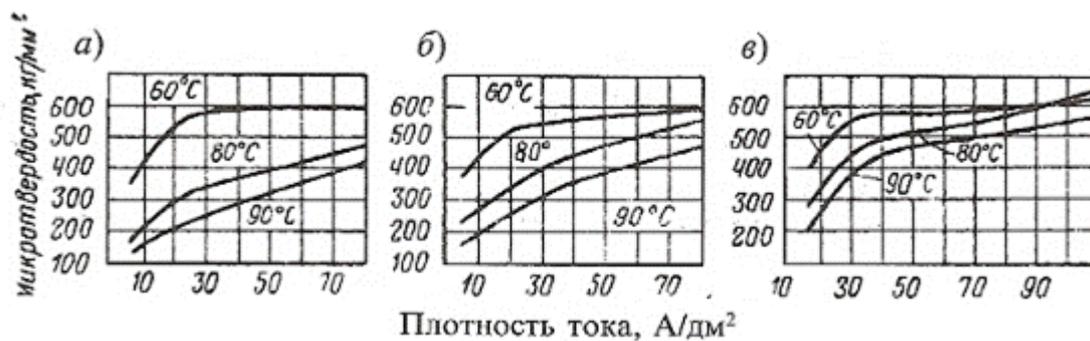


Рис.65. Влияние плотности тока и температуры электролита на микротвердость железных покрытий: а — электролит типа I; б — электролит типа II; в — электролит типа III

Основные свойства покрытий - структура, твердость, внутренние напряжения изменяются в широких пределах в зависимости от условий электролиза.

Наиболее пригодным для условий ремонтных предприятий является малоцентрированный электролит следующего состава: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 200 г/л, HCl — 0,6—0,8 г/л.

Этот электролит при температуре 50—83 °С и плотности тока 20—100 А/дм² обеспечивает получение плотных, гладких покрытий высокой твердости (до 4 500—6 500 МПа) толщиной 0,8—1,2 мм.

Толщина получаемых покрытий ограничивается появлением на поверхности осадка шероховатости и дендритов, которые возникают тем быстрее, чем выше плотность тока и ниже температура электролита.

В процессе электролиза можно допускать значительное колебание кислотности. Изменение содержания соляной кислоты в электролите от 0,5 до 1,5 г/л незначительно отражается на механических свойствах покрытий и может не приниматься во внимание.

При более высокой кислотности происходит снижение выхода железа по току.

Приготовление электролита в производственных условиях производится травлением в соляной кислоте стружек из малоуглеродной стали.

Расход соляной кислоты при электролизе пропорционален количеству ампер-часов электрического тока, пропущенного через электролит. Расход соляной кислоты при электролизе определяется по формуле:

$$X = \frac{100K}{\alpha} I_r, \quad (86)$$

где K (0,20—0,22 г) — расход HCl на 1 А-ч тока, пропущенного через электролит; I_r — количество затраченного при электролизе электричества, А-ч; α — процентное содержание HCl в кислоте.

Оборудование для железнения. Для восстановления деталей применяется следующее оборудование:

- установка для железнения с паровым или электрическим нагревом через водяную рубашку;
- ванны: анодного травления в горячем растворе хлористого железа, анодной очистки в растворе серной кислоты, электрического обезжиривания с холодной проточной водой, с горячей водой;
- отстойные баки для электролита, насос для перекачки электролита, источники питания ванн постоянным током и щиты управления ваннами.

Внутренние размеры травильных, очистных и промывочных ванн составляют 600x800x1 400 мм — в зависимости от длины восстанавливаемых деталей. Количество бортовых отсосов, устанавливаемых на одну ванну, определяется ее габаритами. Обычно на ванне железнения устанавливаются четыре бортовых отсоса, на остальных — по одному. Бортовой отсос изготавливается из винипласта. Для футеровки ванн железнения, анодной очистки и анодного травления применяется однотипный материал: антегмит АТМ-1 или полуэбонит-1751.

Ванны, облицованные антегмитом, имеют следующие недостатки:

- большой расход материалов и, как следствие этого, высокую стоимость облицовки (на 1 м поверхности расходуется около 40 кг антегмита и 12 кг замазки);

— повышенные требования к электроизоляции корпуса ванн для ликвидации утечки постоянного тока;

— более низкий катодный выход металла по току. Указанные недостатки отсутствуют при использовании для футеровки полуэбонита-1751.

Полуэбонит не электропроводен, но имеет низкую теплопроводность, поэтому время нагрева таких ванн несколько больше. Стоимость гуммирования ванн полуэбонитом в 4—5 раз ниже стоимости футеровки антегмитом.

В качестве источников постоянного тока применяются выпрямительные агрегаты (кремневые и германиевые) типа ВАКГ и ВАГГ с ручной регулировкой силы тока и автоматической регулировкой плотности тока, а также селеновые маслонаполненные выпрямители типа ВСМР, не требующие изолированного помещения.

Технологический процесс. Процесс железнения включает в себя предварительную подготовку, электролитическую обработку, железнение и окончательную обработку.

Предварительная подготовка состоит из мойки и очистки от грязи, зачистки наждачным полотном, изоляции участков, не подлежащих железнению, обезжиривания восстанавливаемых поверхностей венской известью и монтажа в подвески.

Электролитическая обработка включает анодную обработку деталей в электролите: 365 г/л 30%-ного раствора серной кислоты и 10—25 г/л сернокислого железа при температуре 18—25 °С и плотности тока 60—70 А/дм² в течение 0,5—3 мин и промывку в холодной воде (детали большого веса промывают водой, имеющей температуру около +50 °С).

Крупногабаритные детали сложной формы, изготовленные из легированных сталей (и закаленные до высокой твердости) или чугуна, перед анодной обработкой в сернокислом электролите рекомендуется подвергнуть анодному травлению в хлористом электролите в течение 1—5 мин.

Хлористый электролит состоит из $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 200—220 г/л и HCl — 0,8—1,0 г/л при температуре 20–80 °С и плотности тока не более 40—100 А/дм² (для деталей из чугуна плотность тока не более 20 А/дм², а выдержка 1—2 мин).

Процесс железнения производится поэтапно: детали в подвесках выдерживаются в ванне железнения без включения тока в течение 10—50 сек; затем включают ток плотностью 1—5 А/дм² и постепенно, за 5—10 мин, повышают ее до расчетного значения; производят железнение до получения осадка необходимой толщины.

После железнения детали в подвесках промывают в горячей и холодной воде, производят нейтрализацию в щелочном растворе, демонтаж из подвесок, снятие изоляции и необходимую механическую обработку.

Холодное железнение на асимметричном переменном токе

Одним из важных факторов, влияющих на свойства осадка и на его сцепление с основным металлом, является характер подаваемого на электролизер тока.

Применение при электролизе железа асимметрично переменного тока промышленной частоты делает процесс железнения более стабильным, а также позволяет вести электролиз при температуре электролита 18—25 °С и получать осадок железа с заданными механическими свойствами.

Намного упрощается конструкция установки для железнения: не требуется футеровки ванны кислотостойким материалом, нагревательного устройства, а также мощной системы вытяжной вентиляции.

Схема установки железнения на асимметричном переменном токе показана на рис. 66.

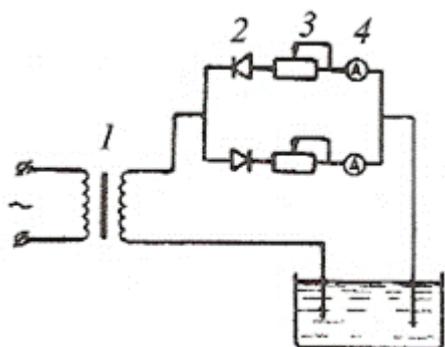


Рис. 66. Принципиальная схема установки для электролиза: 1 - однофазный трансформатор; 2 — однополупериодные выпрямители; 3 - реостаты; 4 — амперметры переменного тока

Источником переменного тока служит трансформатор.

Один конец вторичной обмотки подключается непосредственно к анодным штангам ванны, другой — к двум противоположно направленным, параллельно подключенным выпрямителям. К каждому выпрямителю подключен реостат. Регулируя силу тока одного и другого направления, можно добиться любого их отношения, т.е. асимметрии.

Раздельное регулирование катодной и анодной составляющих тока позволяет пользоваться двумя параметрами для задания режимов электролиза: плотностью тока катодного полупериода i_k (отношение силы тока в катодный полупериод к площади катода) и катодно-анодным отношением β , показывающим, во сколько раз плотность тока катодного полупериода больше плотности тока анодного полупериода. Величина β выражает величину асимметрии переменного тока.

С увеличением катодно-анодного отношения увеличивается твердость и износостойкость покрытия, что дает возможность вести процесс электролиза более гибко, чем на постоянном токе. Наибольшая износостойкость достигается при $\beta = 8$.

При периодическом изменении направления силы тока на электроде наряду с ростом кристаллов металла создаются условия, благоприятствующие их периодическому растворению в моменты, когда направление тока соответствует анодному процессу. Скорость осаждения железа зависит от величины катодно-анодного отношения (рис. 67) и плотности тока.

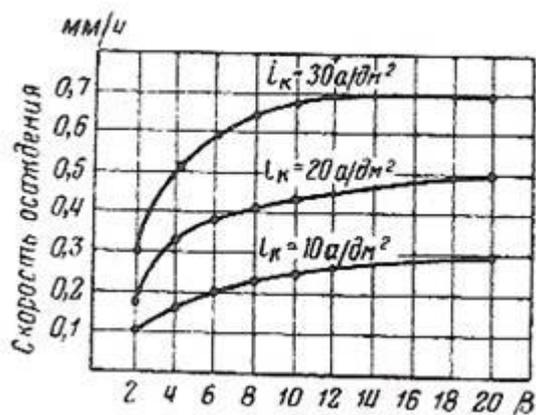


Рис. 67. Зависимость скорости осаждения от величины катодно-анодного отношения

Процессы железнения выгодно отличаются от процессов хромирования более высокой производительностью (скорость осаждения примерно в 10 раз больше, чем при хромировании), возможностью получения ровных качественных покрытий толщиной до 0,8—1,0 мм и регулирования твердости покрытия в широких пределах.

Восстановление посадочных поверхностей вневанными железнением

Сущность способа вневанного железнения состоит в следующем: поверхность отверстия, подлежащая наращиванию, при помощи дополнительных устройств (*рис. 15.5*) превращается в замкнутую электролитическую ячейку, через которую прокачивается электролит. Вневанное железнение успешно применяют для восстановления посадочных поверхностей чугунных и стальных корпусных деталей, блоков, картеров, корпусов и т.д.

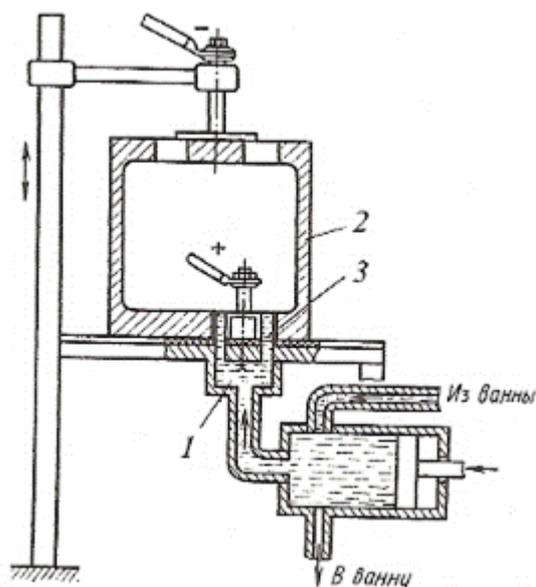


Рис. 68. Схема установки для вневанного железнения: 1 — электролит; 2 — деталь; 3 — восстанавливаемая поверхность

Вневанное железнение характеризуется высокими плотностями тока, большой производительностью и возможностью получения покрытия толщиной до 1,0—1,2 мм.

Последовательность технологического процесса: дефектовка отверстий; зачистка наждачным полотном, обезжиривание бензином; монтаж электролитической ячейки; анодное травление в течение 3 мин в 30%-ном растворе серной кислоты при анодной плотности тока 14—16 А/дм²; промывка водой; выдержка без тока в течение 50 сек; включение тока плотностью 1 А/дм² и доведение за 8 мин до плотности 30 А/дм²; железнение; промывка водой, демонтаж ячейки; нейтрализация в нейтрите натрия и механическая обработка.

Состав электролита для железнения: хлористое железо — 500—550 г/л; хлористый марганец — 10 г/л; хлористый натрий — 100 г/л; соляная кислота — 1,5—2 г/л. Температура электролита — 80—83 °С; скорость осаждения металла из электролита — 0,28 мм/ч.

Ремонт типовых деталей машин: валов, осей, подшипников скольжения, зубчатых колес, восстановление зубьев и посадочных мест зубчатых колес и шестерен, ремонт шкивов, муфт, цепных передач.

Валы и оси. Наиболее характерные дефекты осей и валов: прогиб, срыв или смятие резьбы, износ или смятие шпоночных пазов, трещины и поломка, износ посадочных поверхностей под подшипники.

Размеры и направление прогиба валов и осей определяют на токарном станке по радиальному биению или на поверочной плите по просвету между плоскостью плиты и поверхностью вала. При проверке на токарном станке вал устанавливают в патроне, подводят к нему индикатор и определяют место, направление и размер прогиба.

Валы с небольшим прогибом (2—5 мм на 1 м длины) правят под прессом в холодном состоянии статическим нагружением. Для этого вал устанавливают прогибом вверх на призмы стола прессы и, нажимая штоком на выпуклую часть, деформируют на двойной размер первоначального прогиба. Допускаемое радиальное биение для большинства валов составляет 0,1—0,15 мм.

Валы больших размеров, а также с большими прогибами, правят в нагретом состоянии (800—900 °С) молотом, применяя кузнечную обжимку соответствующего диаметра. Удары наносятся легкие, чтобы не нарушить геометрическую форму вала и не вызвать вмятины.

Высоконагруженные детали целесообразно править наклепом. Правку наклепом осуществляют нанесением легких ударов молотка по нерабочим поверхностям деталей. От наносимых ударов поверхностей слой металла как бы вытягивается и стремится занять большую поверхность, а в поверхностном слое возникают сжимающие остаточные напряжения, которые вызывают выпрямление изогнутого участка детали. Для нанесения ударов применяют ручные молотки с закругленными бойками или пневматические молотки и дополнительные устройства (наставки).

Изношенные посадочные места валов и осей рекомендуется наплавлять при помощи сварочного полуавтомата в специальном вращателе проволокой Св-08Г2С, Св-10ГС диаметром 1—2 мм в среде углекислого газа.

В тех случаях, когда использование механизированных способов невозможно или нецелесообразно, применяют ручную наплавку покрытыми электродами. При ручной дуговой сварке возбуждение дуги, поддержание примерно постоянной ее длины в процессе сварки, передвижение и манипулирование дугой выполняет рабочий-сварщик. Для получения минимальной глубины проплавления основного металла электрод наклоняют в сторону, обратную направлению наплавки.

Наплавку необходимо вести на минимально возможной силе тока и напряжении, но при этом должно обеспечиваться сплавление наплавленного и основного металлов. Выполняют ручную наплавку электродами диаметром 2—6 мм на постоянном токе силой 80—300 А обратной полярности («+» на электроде), напряжение сварки 25—40 В. Для наплавки используются электроды Э-42, Э-50 и др. Чтобы избежать коробления валов в результате неравномерного нагрева, изношенные места следует наваривать попеременно с противоположных сторон шейки вала.

Перед наплавкой поверхность очищают стальной щеткой. Наплавленные поверхности обтачивают на токарном станке и обкатывают шариком в размер.

Способ восстановления резьбы зависит от ее расположения на валу, нагрузки и характера дефектов. При неполных витках вследствие износа, срыва или смятия резьбу, если она находится на конце вала, обтачивают под следующий меньший диаметр и нарезают новую резьбу.

Диаметр, полученный после срезания изношенной резьбы заготовки, должен быть больше диаметра заготовки, необходимого для нарезания ремонтной резьбы (или равен ему), т.е. должно соблюдаться условие:

$$d_p - 1,73t \geq d_s, \quad (87)$$

где d_p — номинальный диаметр изношенной резьбы, мм; t — шаг изношенной резьбы, мм; d_s — диаметр заготовки под ремонтную резьбу, мм.

Нарезание ремонтных резьб приводит к необходимости изготовления и ремонтной гайки, а в отдельных случаях может вызвать ослабление крепления деталей. С учетом этого нарезание ремонтных резьб следует применять в исключительных случаях; если нельзя уменьшить размер резьбы, ее восстанавливают до первоначальных размеров наплавкой с последующей проточкой и нарезанием резьбы нормального размера:

$$d_3 = d - kt \quad (88)$$

где d — номинальный диаметр резьбы, мм; t — шаг резьбы, мм; k — коэффициент, увеличивающий вспучивание витков у пластичных металлов ($k = 0,1$ — при нарезании резьбы резцом, $k = 0,3$ — при нарезании резьбы плашкой).

Если резьба расположена на конце вала и ее диаметр на 15—16 мм меньше диаметра вала, то применяют свертыш. При повреждении свертыш можно заменить новым. При незначительных забоинах, вмятинах резьбу поправляют плашками или трехгранным напильником.

В шпоночных соединениях валов изнашиваются боковые грани пазов и шпонок. Предельным износом шпоночного паза считается увеличение его по ширине на 15 %. Если износ небольшой (0,4—0,6 мм), то паз увеличивают под шпонку ремонтного размера. Если износ паза велик, то его заваривают и зачищают на уровне с основным металлом. Затем вал поворачивают на 120° и фрезеруют паз в новом месте на фрезерном или токарном станке с применением специального приспособления. В деталях, работающих с малой нагрузкой, паз можно наплавлять с последующей обработкой. Отдельные забоины на гранях паза исправляют напильником.

Зубчатые колеса. Дефектами зубчатых колес (шестерен) являются износ зубьев по толщине и длине (непостоянного зацепления), выкрашивание, скалывание и поломка зубьев. Менее интенсивно изнашиваются кольцевые канавки шлиц ступицы под вилки переключения передач. Допускается износ шлицев 1,5—2,0 мм. Шестерни с предельно изношенными зубьями, имеющими обломы, сколы, трещины, выбраковываются. Износ зубьев по толщине определяют штангензубомером или шаблоном, а по длине — штангенциркулем. Допускается износ зубьев по толщине 0,2—0,5 мм и выкрашивание цементированного слоя на двух несмежных зубьях не более $1/4$ их длины или на двух смежных зубьях — меньше $1/5$ их длины. При большем износе шестерни выбраковывают.

В тихоходных передачах сломанные зубья ремонтируют установкой «новых зубьев», прикрепленных к ободу винтами (рис.69,а) или сваркой (рис.69,б). Обод в месте крепления «нового зуба» отжигают; места, не подлежащие отжигу, покрывают замазкой, состоящей из огнеупорной глины (50 %), асбестового порошка (45 %) и жидкого стекла (5 %).

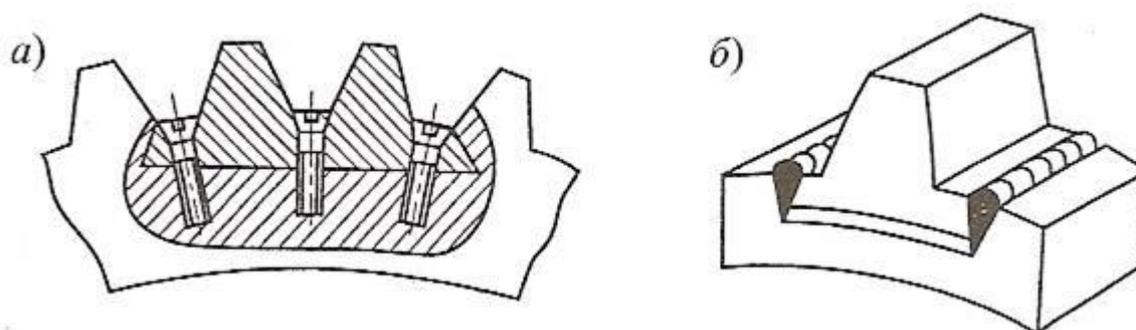


Рис. 69. Схема ремонта зубчатого колеса при помощи: а — винта; б — сварки

При тонком ободу колеса, когда его ослабление установкой «новых зубьев» недопустимо, вместо сломанного зуба устанавливают специальный башмак (рис.70), крепление которого не вызывает значительного ослабления обода колеса. Для установки башмака делают небольшое углубление (3—5мм) в ободу на месте сломанного зуба, а на торцах обода — неглубокие пазы размером от

0,4 до 1 модуля зуба. По размерам зуба, углубления и пазов изготавливают заготовку башмака 1, которую крепят к ободу колеса болтами 3 и распорными втулками 2.

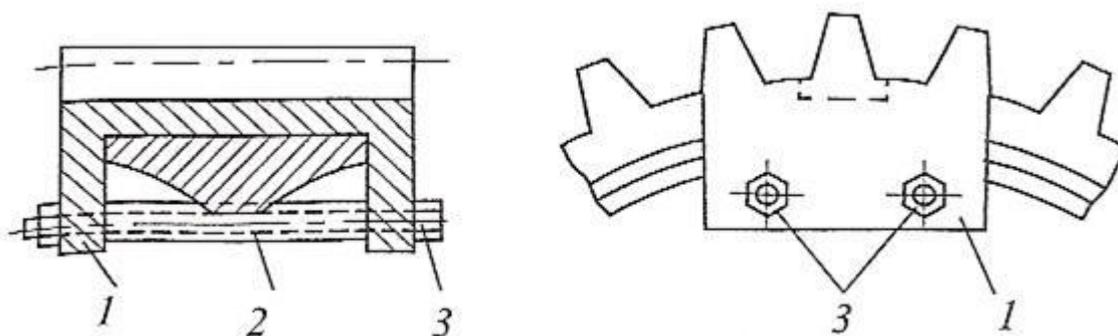


Рис. 70. Схема ремонта зубчатого колеса при помощи башмака: 1 - башмак; 2— распорная втулка; 3— болт

Окончательно обрабатывают профиль зуба после фиксации (приварки) его на колесе. Слесарные способы ремонта зубчатых колес применяют в качестве временной меры, если невозможно заменить поврежденное колесо новым или отремонтировать его более совершенным методом.

Изношенные до 40 % толщины стальные зубья, особенно большого модуля, могут быть восстановлены наплавкой. Во избежание коробления колес зубья наплавляют не подряд, а через 5—10 зубьев. До наплавки рекомендуется подвергать колеса предварительному отжигу для снятия внутреннего напряжения и предотвращения образования трещин. Непосредственно перед наплавкой колеса подогревают, а после наплавки вторично отжигают или нормализуют.

Шестерни из углеродистых и легированных сталей после наплавки и механической обработки зубьев подвергают дополнительной термической обработке — цементации, цианированию, нормализации, закалке.

Изношенные шестерни небольшого диаметра и малых модулей (до 5—6) восстанавливают сплошной круговой наплавкой металла с последующей механической нарезкой зубьев. Зубчатые колеса большого диаметра и с модулем более 10 наплавляют по профилю зуба последовательным наложением валиков сначала по краям, а потом в середине. Каждый валик после наплавки тщательно очищают металлической щеткой от окалины и шлака.

Профиль наплавленного зуба обрабатывают на зубофрезерных и зубодолбежных станках, а при их отсутствии — на горизонтально-фрезерном станке дисковой или пальцевой модульной фрезой при помощи делительной головки.

Имеющиеся в зубьях уступы (в шестернях, не находившихся во время работы в полном зацеплении по длине) удаляют абразивным кругом. Симметричные шестерни и венцы при одностороннем износе зубьев переворачивают или переставляют с одной стороны на другую. В шестернях с несимметричной ступицей при одностороннем износе обрезают часть ступицы, а с другой стороны ступицы приваривают кольцо соответствующей толщины. Затем шестерню устанавливают так, чтобы она работала неизношенной стороной зубьев.

У шестерен непостоянного зацепления износ зубьев со стороны устраняют шлифованием их до одинаковой длины. После чего торцы зубьев закругляют. Допускается укорачивать зубья не более 10 % по длине. Продольно изношенные торцы зубьев восстанавливают до номинальной длины наплавкой порошковой проволокой с принудительным формированием наплавленного металла в медной охлаждаемой форме и последующим электрохимическим шлифованием торцов.

Источником питания при наплавке служит преобразователь ПСО-500. Параметры режима наплавки следующие; напряжение 28—30 В, сила тока 120—149 А. Наплавочная проволока ПП-6Х5 с шихтой на основе твердых сплавов имеет большую ударную вязкость.

Замену венца в блоке шестерен, когда один из них сильно изношен, а остальные находятся в хорошем состоянии, выполняют следующим образом. Изношенный венец отжигают, затем отрезают, а это место протачивают до размера, обеспечивающего посадку с натягом нового венца. Новый венец изготавливают или используют венец с другой шестерни. После запрессовки венец стопорят винтами или обваривают электродуговой сваркой. Изношенные шлицевые отверстия ступицы растачивают (при необходимости предварительно отжигают), запрессовывают новую шлицевую втулку и обваривают ее торцы электросваркой.

Меры безопасности при сварочных работах.

В процессе сварки металлов выделяется лучистая энергия, большое количество различных газов и мелкой пыли, которые могут травмировать глаза, дыхательные органы и вызывать серьезные отравления всего организма. Кроме того, во время этих работ возможны ожоги и поражение электрическим током.

Электросварочные и наплавочные работы выполняют в отдельном огнестойком помещении, обеспеченном приточно-вытяжной вентиляцией. Световой поток электрической дуги в 15 тысяч раз превышает допусковые нормы для незащищенных глаз и может вызвать серьезные заболевания не только у сварщика, но и у лиц, находящихся поблизости. От лучистой энергии глаза и лицо защищают шлемами и щитками со специальными стеклами, а на руки надевают брезентовые рукавицы.

На постоянных сварочных постах или участках, кроме непрерывно действующей общей вентиляции, применяют передвижные местные отсосы загрязненного воздуха, пылегазоприемники местной вентиляции устанавливают над местом сварки на высоте 200—300 мм. Стены сварочного поста или участка окрашивают в светло-серый цвет краской, содержащей цинковые или титановые белила, хорошо поглощающие ультрафиолетовые лучи. Вблизи участка размещают противопожарные средства: огнетушитель, бочку с водой, ведро, ящик с песком и лопатой. Легковоспламеняющиеся или горючие материалы должны находиться не менее чем за 5 м от места сварки.

Чтобы не получить серьезных ожогов от брызг расплавленного металла, сварщик и его подручные должны работать в рукавицах и спецодежде из плотного брезента. Рекомендуется брюки носить навыпуск, куртку не заправлять под пояс брюк, наружные карманы закрыть клапанами и работать в головном уборе.

Топливные баки, бочки и различные резервуары из-под нефтепродуктов заваривают при открытых пробках.

При выполнении электросварочных работ нередко случаи поражения электрическим током. В сухих помещениях считается безопасным напряжение до 36 В, а в сырых — 12 В и ниже. Сварщик должен быть всегда в сухой и исправной одежде, работать в калошах или подстилать под ноги изолирующий коврик. Запрещается прикасаться голыми руками к токоведущим проводам и частям сварочного оборудования. Монтажные работы в процессе сварки выполняют только при выключенном токе. Корпуса электросварочной аппаратуры должны быть надежно заземлены.

При механизированных способах наплавки принимают такие же меры предосторожности, как и при ручной электросварке. Все работы по установке и смене деталей на станке, а также регулировку выполняют при выключенном рубильнике.

Газовая сварка. Повышенная опасность при газосварочных работах обуславливается применением открытого пламени высокой температуры, выделением вредных газов и наличием горючих газов под высоким давлением.

Передвижные генераторы для получения ацетилена обычно устанавливают на открытых площадках не менее чем в 10 м от места сварки.

Запрещается устанавливать генераторы в горячих цехах, котельных, вулканизационных, а также вблизи воздухозаборников, вентиляторов, компрессоров и воздуходувок. Необходимо помнить, что ацетилен в смеси с воздухом взрывается при температуре 450—500 °С. Кроме того, ацетилен может взорваться при повышении его давления сверх 0,15 МПа. Поэтому перед загрузкой и пуском ацетиленового генератора в работу необходимо убедиться в исправности предохранительного устройства.

При установке генератора в помещении необходимо предусмотреть огнестойкие стены и легкую крышу; все электрические устройства размещаются снаружи.

Помещение следует освещать лампами, установленными снаружи, или применять взрывобезопасную осветительную арматуру. Воздухообмен в помещении обеспечивают хорошей естественной вентиляцией.

Барабаны с кислородом кальция хранят на складах из огнестойких материалов без устройства водопроводов и отопительных трубопроводов. На складе не должно быть электропроводки, выключателей, предохранителей и других электроустройств. Вскрывают барабаны вне склада, вдали от огня, специальными ножами или латунным зубилом. При вскрытии барабанов курить запрещается.

Баллоны с кислородом, ацетиленом и другими горючими газами хранят в отдельных помещениях или под навесом только в вертикальном положении. Склады для хранения 50 баллонов сооружают на расстоянии не менее 25 м от цехов и не менее 100 м от жилых зданий. Для транспортировки баллонов применяют специальные тележки или носилки (на близкое расстояние), а при транспортировке на автомобилях оборудуют специальные приспособления, предохраняющие баллоны от перекачивания и ударов.

Спецодежда газосварщика такая же, как у электросварщика, только вместо щитков и шлемов при газовой сварке применяют защитные очки со специальными светофильтрами.

Помещение для проведения газосварочных работ должно быть обеспечено общей приточно-вытяжной и местной вытяжной вентиляцией и средствами тушения пожара.

При сварке цветных металлов и особенно сплавов цинка, меди или свинца необходимо работать в противогазе.

При газосварочных работах запрещается:

- отогревать замерзшие ацетиленовые генераторы, сборочные единицы сварочных установок открытым пламенем или нагретыми предметами — для этой цели используют воду и пар;
- пользоваться открытым огнем на расстоянии ближе чем 10 м от ацетиленовых и кислородных баллонов и ацетиленовых генераторов;
- хранить в сварочных кабинетах одежду, горючую жидкость или другие легковоспламеняющиеся материалы;
- продувать ацетиленовый шланг кислородом или кислородный шланг ацетиленом, взаимно заменять их, использовать шланги длиной менее 10 или более 40 м, прокладывать шланги вблизи источников теплоты и электропроводов, перекручивать их, заламывать или зажимать;
- выпускать из рук включенную горелку, передавать ее другому лицу или оставлять на рабочем месте.

Упрочнение пластическим деформированием: дробеструйная обработка деталей, обкатка деталей стальными и шариками, наклеп.

Обкатывание и раскатывание поверхностей вращения производится для повышения эксплуатационных свойств деталей и замены шлифования незакаленных поверхностей после чистового точения. Эта обработка способствует улучшению наваренных поверхностей.

Обкатывание роликами производится на токарных или револьверных станках, а раскатывание — на токарных, револьверных и радиально-сверлильных станках в специальных приспособлениях (рис. 71 и 72).

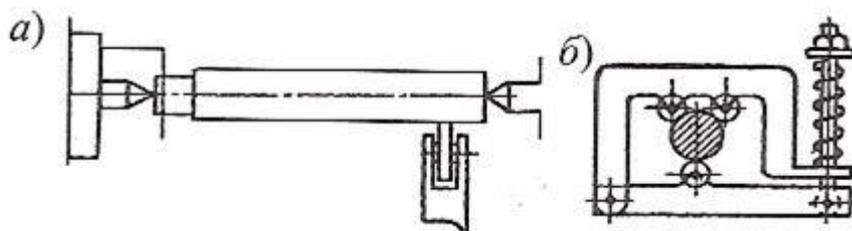


Рис. 71. Приспособление для обкатывания цилиндрических поверхностей: а — с одним роликом; б — с тремя роликами

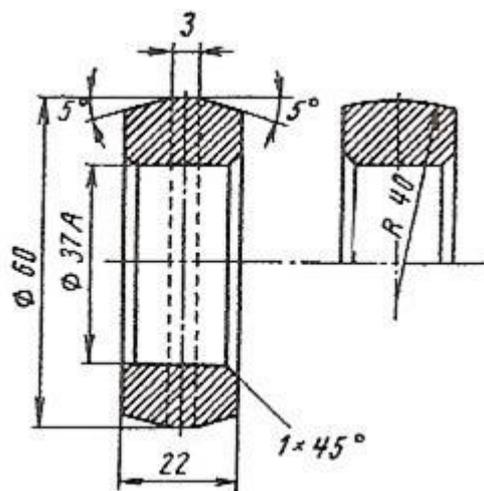


Рис. 72. Ролики для обкатывания цилиндрической поверхности

Величина изменения размеров деталей при обкатывании и раскатывании зависит от металла детали, усилия обкатывания, числа проходов, подачи, диаметра ролика и ширины цилиндрического пояса на ролике. При ширине пояса 3 мм и диаметре ролика 100 мм давление на ролик в зависимости от металла детали принимают от 50 до 200 Н при числе проходов от 2 до 4.

После обкатывания высота микронеровностей уменьшается примерно вдвое, т.е. чистота поверхности повышается примерно на один класс.

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности деталей, работающих в условиях переменных нагрузок. В отличие от обкатывания этот способ обработки применим для деталей различной конфигурации.

В результате дробеструйной обработки изменяются физические свойства поверхностного слоя металла. Для мягких металлов твердость повышается на 20—40 %, благоприятнее распределяются напряжения по сечению детали, в результате чего повышается усталостная прочность. Эюра распределения напряжения металла по сечению при изгибе и поверхностном наклепе показана на рис. 73.

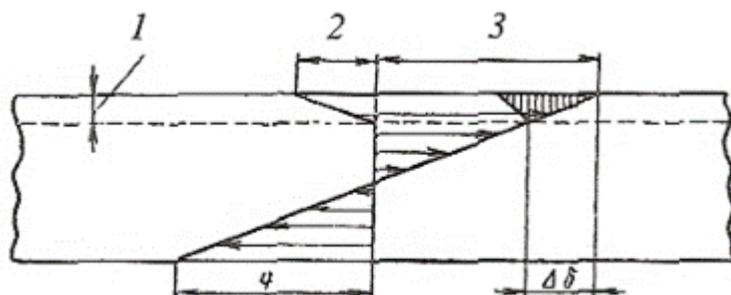


Рис. 73. Эпюра распределения напряжений металла по сечению при изгибе и поверхностном наклепе: 1 - наклепанный слой; 2 — напряжения сжатия от наклепа; 3 — напряжения растяжения по сечению при изгибе; $\Delta\delta$ - снижение максимальных напряжений растяжения

При обработке стальных деталей применяют чугунную и реже, стальную дробь. Размер дроби должен быть 0,4x2 мм. Мелкая дробь применяется для обработки мелких деталей, крупная — для крупных. Глубина наклепа не превышает 1 мм.

Дробеструйный наклеп деталей производят на пневматических или механических дробеметах. В пневматических дробеметах дробь через форсунку выбрасывается под давлением до 50—60 Н/см². В механических дробеметах дробь выбрасывается вращающимся с большой скоростью ротором.

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности рессорных листов, пружин, осей, червяков и других деталей, работающих в тяжелых условиях при переменной нагрузке.

Покрывтие (наплавка) поверхностей трения износостойкости материалами — твердыми сплавами.

Многие быстроизнашивающиеся детали оборудования имеют большой вес, хотя в работе участвует только их тонкий наружный слой, вес которого часто не превышает 10—15 % общего веса. Такие детали экономически целесообразно восстанавливать наплавкой изношенных поверхностей электродами и сплавами с повышенной твердостью.

Специальные электроды марок ОЗН-250, ОЗН-300, ОЗН-350, ОЗН-400 и У-340 (табл.26) применяются для получения наплавки средней твердости деталей из углеродистых и среднелегированных сталей (цифровые индексы показывают среднюю твердость третьего слоя наплавки по Бринеллю).

Табл.26. Электроды для наплавки средней твердости

Марка электрода	Рекомендуемый род тока	Химический состав наплавленного металла, %					
		C	Mn	Si	Cr	Ti	B
ОЗН-250	постоянный, обратная полярность	0,13—0,16	2,3—2,6	следы	—	—	—
	переменный						
ОЗН-300	то же	0,13—0,17	3,0—3,5	то же	—	—	—
ОЗН-350	»	0,16—0,20	3,5—4,0	»	—	—	—
ОЗН-400	»	0,18—0,22	4,0—4,6	»	—	—	—
У-340	постоянный, обратная полярность	0,15—0,17	2,6—2,9	0,3—0,5	—	—	—
Т-540	постоянный и переменный	1,5—1,7	—	—	7—9	0,2—0,4	—
Т-590	то же	3,4—3,8	—	—	24—26	—	1,2—1,4
Т-620	»	4,8—5,0	—	—	19—22	0,55—0,60	1,0—1,2

Заданная твердость наплавки достигается введением в наплавленный металл через покрытие одного или нескольких легирующих элементов (Mn, Cr, Si и др.). Это способствует образованию закалочных структур и упрочнению феррита. Покрытие наносится на обычную сварочную проволоку. Углерод в таких электродах не является ведущим легирующим элементом. В зависимости от марки электрода содержание углерода в наплавленном металле колеблется в пределах 0,12—0,3 %.

Попытки использовать углерод как основной ведущий легирующий элемент (увеличение содержания его в наплавке более 0,3 %) приводили к образованию трещин и пор в наплавленном металле.

Следует отметить, что углеродистые стали с $C = 0,3—0,7$ % склонны к образованию закалочных структур, снижающих прочность стали, и образованию трещин при обычных методах сварки, применяемых для малоуглеродистых сталей.

Опыт применения электродов ОЗН и У-340 свидетельствует о высоком качестве электродов со шлакообразующим покрытием основного типа (мрамор, плавиковый шпат) и с марганцем, введенным в качестве ведущего легирующего элемента. Основное преимущество указанных электродов заключается в меньшей склонности к образованию трещин.

Износостойкость закаленного металла, наплавленного электродом ОЗН-300, в 1,5 раза выше, чем закаленной стали марки 40X. Электроды ОЗН-300 и ОЗН-250 следует рекомендовать для наплавки закаленных деталей из среднеуглеродистых сталей марок 40 и 45, из хромистых сталей марок 30X, 35X, 40X и др. Эти электроды применимы для наплавки деталей из малоуглеродистых сталей и сталей марок 35 и 40.

Металл, наплавленный электродами ОЗН-250, хорошо обрабатывается режущими инструментами. Твердость металла, наплавленного электродом ОЗН-300 и др., может быть снижена отжигом при 850° и охлаждением вместе с печью.

При закалке наплавленный металл достигает твердости HB 400—460.

Электродами Т-540, Т-590 и Т-620 (см. табл. 26) для получения высокой твердости наплавляют детали, изготовленные из цементируемых и закаливаемых сталей, а также детали рабочих органов дорожных машин.

Высокая твердость металла, наплавленного этими электродами, получается в результате введения в состав покрытия легирующих элементов: феррохрома, ферротитана, ферробора, карбида, бора и графита.

Ввиду отсутствия первичных карбидов и сравнительно невысокой степени легирования аустенита хромом и титаном металл, наплавленный электродом Т-540, снижает твердость при отжиге и допускает механическую обработку резанием. Твердость металла, наплавленного электродами Т-540, непосредственно после наплавки равна 35—45 HRC; после отжига при 900—950° она снижается до 24—28 HRC, а после закалки при той же температуре и отпуске при 200—250° составляет 57—60 HRC. Этим электродом можно наплавливать изношенные зубья шестерен.

Металл, наплавленный электродами Т-590 и Т-620, характеризуется повышенной хрупкостью и склонностью к образованию трещин, поэтому при большом износе рекомендуется наплавлять только верхние рабочие слои. Нижние слои наплавляют более мягкими электродами. Рекомендуемые средние значения электрического тока: для диаметра электрода 4 мм — 200—200 а, для диаметра 5 мм — 250—270 а.

Указанными электродами можно наплавлять щеки и валки камнедробилок, зубья ковшов экскаваторов и др.

Стойкость щек камнедробилок увеличивается после наплавки электродом Т-590 в 2 раза.

Железо-хромистые электроды— литые твердые сплавы (стеллиты) типа сормайт и порошкообразного сплава — сталинита (табл.27).Применяя сормайт, получают хорошие результаты при наплавке небольших изношенных поверхностей цементованных и закаленных деталей.

Табл.27. Железо-хромистые электроды

Марка электрода	Рекомендуемый род тока	Химический состав наплавленного металла, %				
		С	Mn	Si	Cr	Ni
ЦС-1	постоянный и переменный	2,5—3,3	≥ 1,5	2,8—4,2	25—31	3—4
ЦС-2	то же	1,5—2,0	≥ 1	1,5—2,2	13,5—17,5	1,5—2,5
Сталинит	постоянный т.в.ч.	8—10	13—17	3,0	16—20	—

Наплавка сормайтом производится газовой или электродуговой сваркой. Сормайт изготавливается прутками диаметром 5, 6 и 7 мм. При наплавке применяются электроды марок ЦС-1 и ЦС-2. Поверхность, наплавленная электродом ЦС-1 без термической обработки, имеет твердость 48—54 HRC, а электродом ЦС-2— 39—45 HRC. Эти электроды различаются между собой тем, что слой, наплавленный электродом ЦС-1, не воспринимает последующей термической обработки, а слой, наплавленный электродом ЦС-2, принимает закалку, после которой твердость наплавки повышается до 56—60 HRC. Этими электродами производят наплавку постоянным и переменным током при короткой дуге. При постоянном токе применяют обратную полярность и толщину наплавленного слоя не более 2,5—4,0 мм с учетом припуска на последующую механическую обработку 1,0—1,5 мм.

Сталинит— порошкообразный сплав, который расплавляется угольным или стальным электродом на постоянном токе при прямой полярности и наносится на деталь слоем 3—4 мм. В качестве флюса применяется бура.

Сталинит можно замешивать на жидком стекле и в виде пасты наносить на поверхность детали, расплавляя его т.в.ч.

Вследствие высокого содержания углерода в наплавке охлаждать деталь следует медленно. Несмотря на это, наплавленная поверхность имеет значительное количество неглубоких трещин и пор.

Для уменьшения образования трещин применяют наплавку шихты стальным электродом или заменяют порошкообразную шихту 0,65—0,80 мм, наполненную порошкообразной смесью из ферромарганца, сталинита или др. составов.

Вследствие малого электрического сопротивления трубки весь сварочный ток практически идет по ней, и дуга возбуждается между трубкой и деталью. Трубка расплавляется от непосредственного действия электрической дуги, а порошкообразная смесь внутри нее плавится под воздействием излучаемой теплоты дуги.

Температура плавления ферромарганца - около 1 250°, поэтому порошкообразная смесь в электроде быстро расплавляется. Трубка на конце электрода защищает плавящийся порошок от окислительного действия наружного воздуха, что обеспечивает выгодное использование легирующих элементов. Из порошкообразной смеси в наплавку переходят 80—85 % марганца, 90 % углерода и 90 % хрома.

Другой, более слабой защитой является электродная наружная обмазка толщиной 0,6—0,8 мм, которая ионизирует электрическую дугу.

Глубокий провар, необходимый при сварке, приносит вред при наплавке, так как вызывает лишний расход марганца, хрома и других легирующих элементов. Для достижения прочной связи наплавленного слоя с деталью достаточно иметь глубину провара 0,1—0,2 мм, но такой малый провар получить трудно. Обычно при ручной наплавке трубчатым электродом глубина провара составляет 0,7—1,0 мм.

Наплавку литых деталей из стали марки 13ГЛ (щеки камнедробилок, бандажки валковых дробилок, била, облицовка шаровых мельниц) производят трубчатыми электродами, изготовленными из стальной ленты толщиной 0,8 мм и наполненными доменным ферромарганцем. Для наплавки бил молотковых дробилок и деталей дробилок ударного действия в наполнение этих электродов рекомендуется добавлять никель в количестве 6—7 % от веса наполнения.

Трубчатые электроды изготовляют из мягкой стальной ленты марки 10 и 08 с содержанием углерода 0,1 %. Применяют электроды двух диаметров: 6,2—6,3 мм из ленты шириной 18 мм и 8,2—8,4 мм из ленты шириной 24 мм.

Недостатком высокохромистой наплавки является ее малая ударная вязкость (в 2—3 раза меньшая, чем у марганцовистой наплавки). Нанесение на марганцовистую сталь и чугун высокохромистой наплавки является затруднительным.

Хромомарганцовистые покрытия, получаемые наплавкой трубчатыми электродами, наполненными сталинитом, содержат 2,5—3,0 % углерода, 5,5—6,0 % марганца и 5,2—7,0 % хрома. Такая наплавка трубчатыми электродами обладает коэффициентом износостойкости 5,5—7,0, прочно удерживается на стали и чугуне и придает высокую износостойкость шнекам, ножам, вальцам и другим деталям, работающим на истирание без ударов или с небольшими ударами. Поэтому в большинстве случаев хромистая наплавка может быть заменена марганцовистой или хромомарганцовистой.

Наплавка трубчатыми электродами с ферромарганцем. Рассмотренные выше электроды для получения твердых наплавки имеют в своем составе такие дефицитные и дорогостоящие составляющие элементы как Cr, Ni, Ti, В.

Лаборатория сварки ВНИИСтройдормаша в качестве основной легирующей составляющей электродов предложила марганец, являющийся дешевым материалом. Твердость сложных (комплексных) карбидов железа—марганца в 1,5—2 раза выше твердости кварца, который является одним из самых твердых абразивов, соприкасающихся с рабочими органами дорожных машин. Твердость основы марганцовистой наплавки также высокая, а при наклепе (нагартовке) становится близкой к твердости кварца. Марганцовистая наплавка прочно удерживается на

стали и чугуна и хорошо переносит удары. Эти качества марганцовистых наплавов делают их наиболее пригодными для защиты быстроизнашивающихся деталей дорожных машин.

В результате многочисленных опытов и проверки на производстве установлено, что наиболее выгодным составом марганцовистой наплавки является тот, в котором содержится 1,9—2,3 % углерода и 19—23 % марганца. При этом важно, чтобы карбиды занимали не менее 20 % и не более 35 % от общего объема наплавки.

Содержание углерода в наплавке выгодно увеличивать до определенного предела; если углерода будет больше 2,3 %, то даже при содержании 20—23 % марганца в наплавке выделяются зерна ледебурита, содержащие 4,2 % углерода, твердость которых равна 800—1000 кг/мм², в то время как твердость комплексных карбидов железа—марганца составляет 1200—1600 кг/мм².

Кроме преимуществ, марганцовистые наплавки имеют и недостаток: их коэффициент расширения в 2,5 раза больше, чем у малоуглеродистой стали. Поэтому при остывании в наплавке возникают трещины, которые даже на щеках камнедробилок не приводят к отслоению наплавки и не отражаются на сроке службы детали. В некоторых случаях, например при наплавке полос для лезвий ножей, эти трещины можно полностью устранить.

Феррохром, так же как и ферромарганец, является сырьем, обеспечивающим износостойкие покрытия. Карбиды хрома обладают высокой твердостью — 1 570 кг/мм² и выше. Твердость основы хромистой наплавки — 500—675 кг/мм²; коэффициент износостойкости хромистой наплавки 6,5—6,8. Следовательно, эта наплавка является даже несколько более износостойкой, чем марганцовистая, в тех случаях, когда при работе детали не происходит наклепа, что делает ее пригодной для защиты деталей, работающих без ударов.

Для восстановления щек камнедробилок применяют трубчатые электроды, наполненные доменным ферромарганцем или доменным ферромарганцем с никелем. Щеки для дробления известняка или других пород малой прочности наплавляют трубчатыми электродами, наполненными сталинитом.

При наплавке щек возможно их коробление (*рис. 74, а*) в результате большой усадки наплавленного металла. Поэтому следует одновременно производить наплавку 3—4 щек короткими участками, постепенно переходя от одной щеки к другой, чтобы за это время успевал остыть участок, наплавленный первым (*рис. 74 б* — цифры на рисунке указывают последовательность наплавки отдельных участков при одновременной наплавке трех щек).

Для уменьшения коробления между наплавленными участками ребер следует оставлять незаполненные промежутки, заправляя их после окончания наплавки и полного остывания щеки, но не все подряд, а согласно цифрам, обозначенным на *рис. 74 б*, чтобы щека успевала остывать.

Щеки следует укладывать для наплавки так, чтобы их вес способствовал уменьшению коробления (*рис. 74 в*). Однако даже при соблюдении всех перечисленных мер предосторожности все же происходит некоторое коробление, для устранения которого на обратной стороне щеки наплавляют усиливающие ребра (*рис. 74 г*). Поверхность щек проверяют линейками по ребрам и по диагоналям. Толщина слоя, наплавленного на дробящие ребра за один проход, не должна превышать 6 мм. При наплавке каждого следующего слоя следует тщательно удалять шлак.

Форму наплавленных ребер проверяют шаблоном (*рис. 74 д*). Ребра неправильной формы, подобно ослабленному ребру, быстро изнашиваются. Недопустимы впадины, которые должны быть обязательно заправлены. Необходимо особенно тщательно очищать от шлака места, подлежащие наплавке.

Вследствие большой усадки наплавленного слоя в нем образуются мелкие трещины, расположенные поперек ребер.

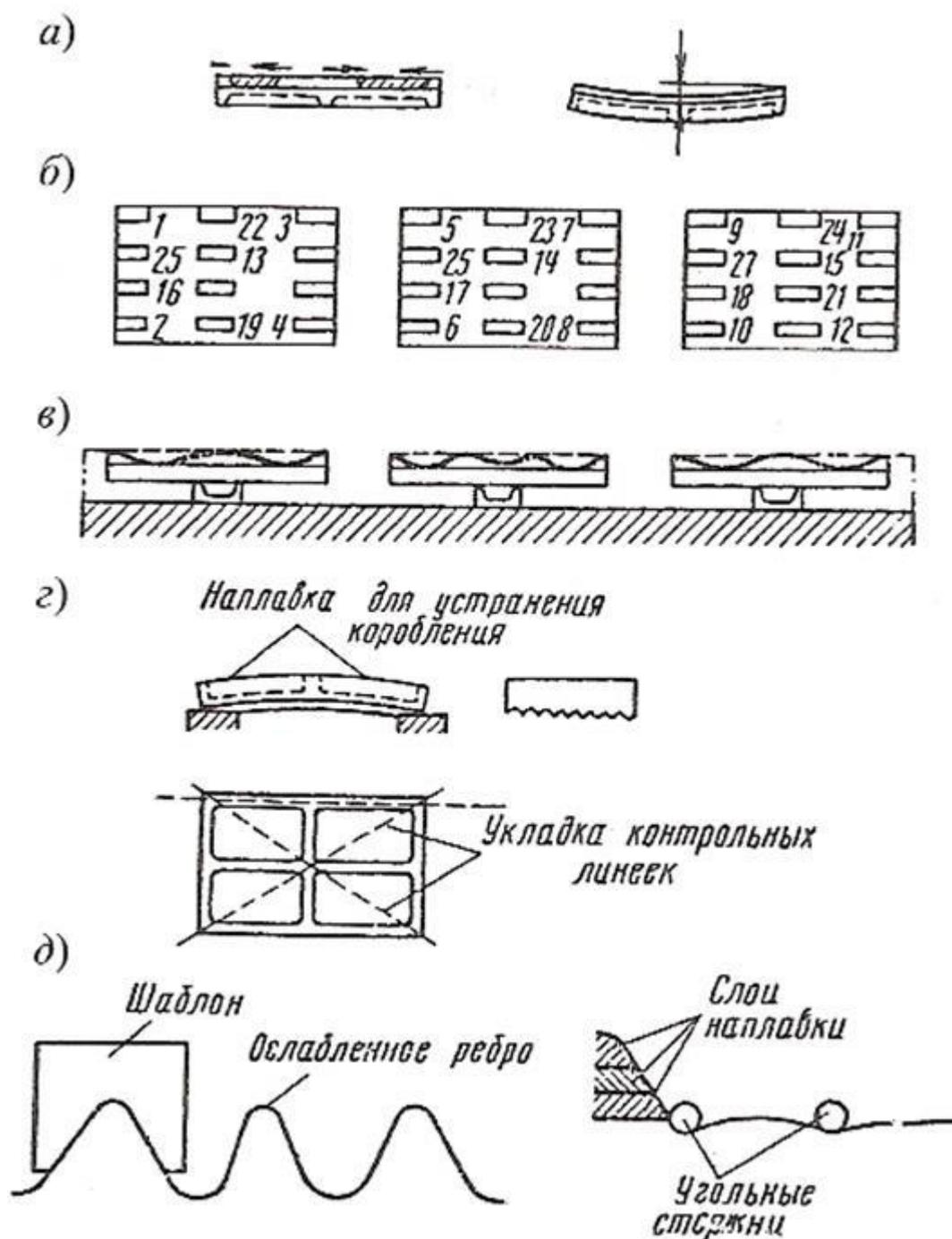


Рис.74. Наплавка щек камнедробилок

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСТОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ

Упрочнение деталей обкатыванием, раскатыванием и дробеструйным наклепом

Обкатывание и раскатывание поверхностей вращения производится для повышения эксплуатационных свойств деталей и замены шлифования незакаленных поверхностей после чистового точения. Эта обработка способствует улучшению наваренных поверхностей.

Обкатывание роликами производится на токарных или револьверных станках, а раскатывание — на токарных, револьверных и радиально-сверлильных станках в специальных приспособлениях (рис. 75 и 76).

Величина изменения размеров деталей при обкатывании и раскатывании зависит от металла детали, усилия обкатывания, числа проходов, подачи, диаметра ролика и ширины цилиндрического пояска на ролике. При ширине пояска 3 мм и диаметре ролика 100 мм давление на ролик в зависимости от металла детали принимают от 50 до 200 Н при числе проходов от 2 до 4.

После обкатывания высота микронеровностей уменьшается примерно вдвое, т.е. чистота поверхности повышается примерно на один класс.

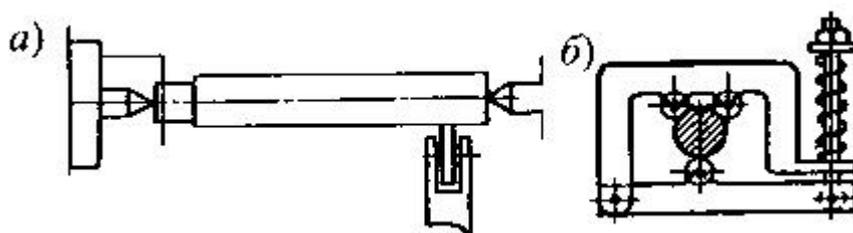


Рис. 75. Приспособление для обкатывания цилиндрических поверхностей: а — с одним роликом; б — с тремя роликами

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности деталей, работающих в условиях переменных нагрузок. В отличие от обкатывания этот способ обработки применим для деталей различной конфигурации.

В результате дробеструйной обработки изменяются физические свойства поверхностного слоя металла. Для мягких металлов твердость повышается на 20—40 %, благоприятнее распределяются напряжения по сечению детали, в результате чего повышается усталостная прочность. При обработке стальных деталей применяют чугунную и, реже, стальную дробь. Размер дроби должен быть 0,4х2 мм. Мелкая дробь применяется для обработки мелких деталей, крупная — для крупных. Глубина наклепа не превышает 1 мм.

Дробеструйный наклеп деталей производят на пневматических или механических дробеметах. В пневматических дробеметах дробь через форсунку выбрасывается под давлением до 50—60 Н/см². В механических дробеметах дробь выбрасывается вращающимся с большой скоростью ротором.

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности рессорных листов, пружин, осей, червяков и других деталей, работающих в тяжелых условиях при переменной нагрузке.

Наплавка поверхностей трения твердыми сплавами

Многие быстроизнашивающиеся детали оборудования имеют большой вес, хотя в работе участвует только их тонкий наружный слой, вес которого часто не превышает 10—15 % общего веса. Такие детали экономически целесообразно восстанавливать наплавкой изношенных поверхностей электродами и сплавами с повышенной твердостью.

Специальные электроды марок ОЗН-250, ОЗН-300, ОЗН-350, ОЗН-400 и У-340 (табл.28) применяются для получения наплавки средней твердости деталей из углеродистых и среднелегированных сталей (цифровые индексы показывают среднюю твердость третьего слоя наплавки по Бринеллю).

Заданная твердость наплавки достигается введением в наплавленный металл через покрытие одного или нескольких легирующих элементов (Mn, Cr, Si и др.). Это способствует образованию закалочных структур и упрочнению феррита. Покрытие наносится на обычную сварочную проволоку. Углерод в таких электродах не является ведущим легирующим элементом. В зависимости от марки электрода содержание углерода в наплавленном металле колеблется в пределах 0,12—0,3 %.

Попытки использовать углерод как основной ведущий легирующий элемент (увеличение содержания его в наплавке более 0,3 %) приводили к образованию трещин и пор в наплавленном металле.

Следует отметить, что углеродистые стали с $C = 0,3—0,7$ % склонны к образованию закалочных структур, снижающих прочность стали, и образованию трещин при обычных методах сварки, применяемых для малоуглеродистых сталей.

Опыт применения электродов ОЗН и У-340 свидетельствует о высоком качестве электродов со шлакообразующим покрытием основного типа (мрамор, плавиковый шпат) и с марганцем, введенным в качестве ведущего легирующего элемента. Основное преимущество указанных электродов заключается в меньшей склонности к образованию трещин.

Износостойкость закаленного металла, наплавленного электродом ОЗН-300, в 1,5 раза выше, чем закаленной стали марки 40Х. Электроды ОЗН-300 и ОЗН-250 следует рекомендовать для наплавки закаленных деталей из среднеуглеродистых сталей марок 40 и 45, из хромистых сталей марок 30Х, 35Х, 40Х и др. Эти электроды применимы для наплавки деталей из малоуглеродистых сталей и сталей марок 35 и 40.

Металл, наплавленный электродами ОЗН-250, хорошо обрабатывается режущими инструментами. Твердость металла, наплавленного электродом ОЗН-300 и др., может быть снижена отжигом при 850° и охлаждением вместе с печью.

При закалке наплавленный металл достигает твердости НВ 400—460.

Электродами Т-540, Т-590 и Т-620 (см. табл. 9.1) для получения высокой твердости наплавляют детали, изготовленные из цементируемых и закаливаемых сталей, а также детали рабочих органов дорожных машин.

Высокая твердость металла, наплавленного этими электродами, получается в результате введения в состав покрытия легирующих элементов: феррохрома, ферротитана, ферробора, карбида, бора и графита.

Ввиду отсутствия первичных карбидов и сравнительно невысокой степени легирования аустенита хромом и титаном металл, наплавленный электродом Т-540, снижает твердость при отжиге и допускает механическую обработку резанием. Твердость металла, наплавленного электродами Т-540, непосредственно после наплавки равна 35—45 HRC; после отжига при $900—950^{\circ}$ она снижается до 24—28 HRC, а после закалки при той же температуре и отпуске при $200—250^{\circ}$ составляет 57—60 HRC. Этим электродом можно наплавлять изношенные зубья шестерен.

Металл, наплавленный электродами Т-590 и Т-620, характеризуется повышенной хрупкостью и склонностью к образованию трещин, поэтому при большом износе рекомендуется наплавлять только верхние рабочие слои. Нижние слои наплавляют более мягкими электродами. Рекомендуемые средние значения электрического тока: для диаметра электрода 4 мм — 200—200 а, для диаметра 5 мм — 250—270 а.

Указанными электродами можно наплавлять щеки и валки камнедробилок, зубья ковшов экскаваторов и др.

Стойкость щек камнедробилок увеличивается после наплавки электродом Т-590 в 2 раза.

Железо-хромистые электроды — литые твердые сплавы (стеллиты) типа сормайта и порошкообразного сплава — сталинита (табл.29). Применяя сормайт, получают хорошие результаты при наплавке небольших изношенных поверхностей цементованных и закаленных деталей.

Наплавка сормайтот производится газовой или электродуговой сваркой. Сормайт изготавливается прутками диаметром 5, 6 и 7 мм. При наплавке применяются электроды марок ЦС-1 и ЦС-2. Поверхность, наплавленная электродом ЦС-1 без термической обработки, имеет твердость 48—54 HRC, а электродом ЦС-2—39—45 HRC. Эти электроды различаются между собой тем, что слой, наплавленный электродом ЦС-1, не воспринимает последующей термической обработки, а слой, наплавленный электродом ЦС-2, принимает закалку, после которой твердость наплавки повышается до 56—60 HRC. Этими электродами производят наплавку постоянным и переменным током при короткой дуге. При постоянном токе применяют обратную полярность и толщину наплавленного слоя не более 2,5—4,0 мм с учетом припуска на последующую механическую обработку 1,0—1,5 мм.

Табл.29. Железо-хромистые электроды

Марка электрода	Рекомендуемый род тока	Химический состав наплавленного металла, %				
			C	Mn	Si	Cr
ЦС-1	постоянный и переменный	2,5—3,3	> 1,5	2,8—4,2	25—31	3—4
ЦС-2	то же	1,5—2,0	> 1	1,5—2,2	13,5—17,5	1,5—2,5
Сталинит	постоянный т.в.ч.	8—10	13—17	3,0	16—20	—

Сталинит — порошкообразный сплав, который расплавляется угольным или стальным электродом на постоянном токе при прямой полярности и наносится на деталь слоем 3—4 мм. В качестве флюса применяется бура.

Сталинит можно замешивать на жидком стекле и в виде пасты наносить на поверхность детали, расплавляя его т.в.ч.

Вследствие высокого содержания углерода в наплавке охлаждать деталь следует медленно. Несмотря на это, наплавленная поверхность имеет значительное количество неглубоких трещин и пор.

Для уменьшения образования трещин применяют наплавку шихты стальным электродом или заменяют порошкообразную шихту 0,65—0,80 мм, наполненную порошкообразной смесью из ферромарганца, сталинита или др. составов.

Вследствие малого электрического сопротивления трубки весь сварочный ток практически идет по ней, и дуга возбуждается между трубкой и деталью. Трубка расплавляется от непосредственного действия электрической дуги, а порошкообразная смесь внутри нее плавится под воздействием излучаемой теплоты дуги.

Температура плавления ферромарганца — около 1 250°, поэтому порошкообразная смесь в электроде быстро расплавляется. Трубка на конце электрода защищает плавящийся порошок от окислительного действия наружного воздуха, что обеспечивает выгодное использование легирующих элементов. Из порошкообразной смеси в наплавку переходят 80—85 % марганца, 90 % углерода и 90 % хрома.

Другой, более слабой защитой является электродная наружная обмазка толщиной 0,6—0,8 мм, которая ионизирует электрическую дугу.

Глубокий провар, необходимый при сварке, приносит вред при наплавке, так как вызывает лишний расход марганца, хрома и других легирующих элементов. Для достижения прочной связи

наплавленного слоя с деталью достаточно иметь глубину провара 0,1—0,2 мм, но такой малый провар получить трудно. Обычно при ручной наплавке трубчатым электродом глубина провара составляет 0,7—1,0 мм.

Наплавку литых деталей из стали марки 13ГЛ (щеки камнедробилок, бандажки валковых дробилок, била, облицовка шаровых мельниц) производят трубчатыми электродами, изготовленными из стальной ленты толщиной 0,8 мм и наполненными доменным ферромарганцем. Для наплавки бил молотковых дробилок и деталей дробилок ударного действия в наполнение этих электродов рекомендуется добавлять никель в количестве 6—7 % от веса наполнения.

Трубчатые электроды изготовляют из мягкой стальной ленты марки 10 и 08 с содержанием углерода 0,1 %. Применяют электроды двух диаметров: 6,2—6,3 мм из ленты шириной 18 мм и 8,2—8,4 мм из ленты шириной 24 мм.

Недостатком высокохромистой наплавки является ее малая ударная вязкость (в 2—3 раза меньшая, чем у марганцовистой наплавки). Нанесение на марганцовистую сталь и чугун высокохромистой наплавки является затруднительным.

Хромомарганцовистые покрытия, получаемые наплавкой трубчатыми электродами, наполненными сталинитом, содержат 2,5—3,0 % углерода, 5,5—6,0 % марганца и 5,2—7,0 % хрома. Такая наплавка трубчатыми электродами обладает коэффициентом износостойкости 5,5—7,0, прочно удерживается на стали и чугуне и придает высокую износостойкость шнекам, ножам, вальцам и другим деталям, работающим на истирание без ударов или с небольшими ударами. Поэтому в большинстве случаев хромистая наплавка может быть заменена марганцовистой или хромомарганцовистой.

Наплавка трубчатыми электродами с ферромарганцем. Рассмотренные выше электроды для получения твердых наплавки имеют в своем составе такие дефицитные и дорогостоящие составляющие элементы как Cr, Ni, Ti, В.

Лаборатория сварки ВНИИСтройдормаша в качестве основной легирующей составляющей электродов предложила марганец, являющийся дешевым материалом. Твердость сложных (комплексных) карбидов железа—марганца в 1,5—2 раза выше твердости кварца, который является одним из самых твердых абразивов, соприкасающихся с рабочими органами дорожных машин. Твердость основы марганцовистой наплавки также высокая, а при наклепе (нагартовке) становится близкой к твердости кварца. Марганцовистая наплавка прочно удерживается на стали и чугуне и хорошо переносит удары. Эти качества марганцовистых наплавки делают их наиболее пригодными для защиты быстроизнашивающихся деталей дорожных машин.

В результате многочисленных опытов и проверки на производстве установлено, что наиболее выгодным составом марганцовистой наплавки является тот, в котором содержится 1,9—2,3 % углерода и 19—23 % марганца. При этом важно, чтобы карбиды занимали не менее 20 % и не более 35 % от общего объема наплавки.

Содержание углерода в наплавке выгодно увеличивать до определенного предела; если углерода будет больше 2,3 %, то даже при содержании 20—23 % марганца в наплавке выделяются зерна ледебурита, содержащие 4,2 % углерода, твердость которых равна 800—1000 кг/мм², в то время как твердость комплексных карбидов железа—марганца составляет 1200—1600 кг/мм².

Кроме преимуществ, марганцовистые наплавки имеют и недостаток: их коэффициент расширения в 2,5 раза больше, чем у малоуглеродистой стали. Поэтому при остывании в наплавке возникают трещины, которые даже на щеках камнедробилок не приводят к отслоению наплавки и не отражаются на сроке службы детали. В некоторых случаях, например при наплавке полос для лезвий ножей, эти трещины можно полностью устранить.

Феррохром, так же как и ферромарганец, является сырьем, обеспечивающим износостойкие покрытия. Карбиды хрома обладают высокой твердостью — 1 570 кг/мм² и выше. Твердость основы хромистой наплавки — 500—675 кг/мм²; коэффициент износостойкости хромистой наплавки 6,5—6,8. Следовательно, эта наплавка является даже несколько более износостойкой,

чем марганцовистая, в тех случаях, когда при работе детали не происходит наклепа, что делает ее пригодной для защиты деталей, работающих без ударов.

Для восстановления щек камнедробилок применяют трубчатые электроды, наполненные доменным ферромарганцем или доменным ферромарганцем с никелем. Щеки для дробления известняка или других пород малой прочности наплавляют трубчатыми электродами, наполненными сталинитом.

При наплавке щек возможно их коробление (*рис. 78 а*) в результате большой усадки наплавленного металла. Поэтому следует одновременно производить наплавку 3—4 щек короткими участками, постепенно переходя от одной щеки к другой, чтобы за это время успевал остыть участок, наплавленный первым (*рис. 78 б*— цифры на рисунке указывают последовательность наплавки отдельных участков при одновременной наплавке трех щек).

Для уменьшения коробления между наплавленными участками ребер следует оставлять незаполненные промежутки, заплавливая их после окончания наплавки и полного остывания щеки, но не все подряд, а согласно цифрам, обозначенным на *рис. 78 б*, чтобы щека успевала остывать.

Щеки следует укладывать для наплавки так, чтобы их вес способствовал уменьшению коробления (*рис. 78 в*). Однако даже при соблюдении всех перечисленных мер предосторожности все же происходит некоторое коробление, для устранения которого на обратной стороне щеки наплавляют усиливающие ребра (*рис. 78 г*). Поверхность щек проверяют линейками по ребрам и по диагоналям.

Толщина слоя, наплавляемого на дробящие ребра за один проход, не должна превышать 6 мм. При наплавке каждого следующего слоя следует тщательно удалять шлак.

Форму наплавленных ребер проверяют шаблоном (*рис. 78 д*). Ребра неправильной формы, подобно ослабленному ребру, быстро изнашиваются. Недопустимы впадины, которые должны быть обязательно заплавлены. Необходимо особенно тщательно очищать от шлака места, подлежащие наплавке.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ремонто-механические предприятия промышленности строительных материалов

Типы ремонтно-механических предприятий

В зависимости от вида выполняемых работ, объема и характера производства в промышленности строительных материалов ремонт оборудования производится в ремонтно-механических цехах, на специализированных ремонтно-механических предприятиях, ремонтно-механических заводах.

Ремонтно-механический цех (РМЦ) имеется на каждом заводе промышленности строительных материалов и выполняет, как правило, все виды ремонта, включая капитальный. Ремонтно-механические цехи занимаются также изготовлением нестандартного оборудования и выполняют заказы предприятий по изготовлению несложных запчастей.

Изготовление крупных деталей и деталей, требующих обработки на специальных станках, а также различных отливок передается на соответствующие механические или литейные заводы. На заводах, где установлено крупногабаритное оборудование (например, на цементных), ремонтно-механические цехи не производят капитальные ремонты основного технологического и подъемно-транспортного оборудования, а передают эти работы специализированным ремонтным предприятиям.

Ремонтно-механические цехи имеют отделения: слесарно-сборочные, механические, электроремонтное (при отсутствии самостоятельного электроцеха), кузнечно-термическое, электрогазосварочное, отделение восстановления деталей.

Слесарно-сборочное отделение выполняет разборочные, сборочные и слесарные работы при ремонте машин, а также работы, связанные с изготовлением специального оборудования. В

механическом отделении производят механическую обработку восстанавливаемых и вновь изготавливаемых деталей, используемых в качестве запасных частей.

В кузнечно-термическом отделении выполняют мелкие поковки, связанные с изготовлением новых и ремонтом изношенных деталей. В этом же отделении производят термическую обработку деталей и инструмента.

Электроремонтное отделение осуществляет работы по ремонту электрооборудования и электросетей промышленного предприятия.

В электрогазосварочном отделении выполняют сварочные работы, а также работы по восстановлению деталей наплавкой и сваркой.

В отделении восстановления деталей осуществляют ремонт деталей. Отделение оборудовано установками для наплавки, хромирования, поверхностной закалки и других методов восстановления деталей.

Специализированные ремонтно-механические предприятия

Специализированные ремонтно-механические предприятия осуществляют на договорных началах капитальные ремонты технологического оборудования определенной отрасли промышленности строительных материалов. Кроме того, они осуществляют ремонт узлов и деталей этого оборудования, изготавливают для него запасные части, а также, в отдельных случаях, монтаж оборудования.

В состав специализированного ремонтного предприятия входят производственная ремонтно-механическая база (ремонтно-механический завод, мастерская и т.п.) и ремонтные участки (или бригады).

Ремонтно-механическая база специализированного ремонтного предприятия осуществляет все виды работ, связанные с восстановлением деталей, ремонтом узлов, изготовлением запасных частей и специального оборудования, а также приспособлений и стенов, применяемых при ремонте и монтаже оборудования.

На ремонтно-механической базе специализированного предприятия имеются те же отделения или участки, что и в ремонтно-механическом цехе завода, с той лишь разницей, что видов работ на специализированных предприятиях значительно больше, чем в ремонтных цехах завода.

Ремонтные участки специализированных ремонтных предприятий осуществляют разборку машины, замену и установку отремонтированных узлов, сборку машины, обкатку, испытание и сдачу ее в эксплуатацию. Как правило, ремонт технологического оборудования ремонтные участки (бригады) осуществляют на месте работы самой установки. В ремонте могут принимать участие и слесари ремонтно-механического цеха завода.

Ремонтно-механические заводы

Ремонтно-механические заводы в зависимости от назначения и характера выполняемых работ подразделяют на две основные группы: ремонтно-механические заводы общего назначения и специализированные ремонтные заводы.

Ремонтно-механические заводы общего назначения изготавливают запасные части, а также специальное оборудование и машины отдельных видов для производства строительных материалов по заказам предприятий. В некоторых случаях эти заводы производят ремонт различного технологического, подъемно-транспортного и других видов оборудования, применяемого при производстве строительных материалов, а также ремонт их узлов. Заводы общего назначения производят ремонт оборудования широкой номенклатуры различных отраслей промышленности строительных материалов.

Специализированные ремонтно-механические заводы предназначены для проведения капитальных ремонтов машин определенного вида (например, бульдозеров) или близких по конструкции и технологии ремонта машин нескольких видов. Кроме того, эти предприятия могут

ремонтить отдельные агрегаты и узлы, изготавливать запасные части для отдельных видов машин. Специализация ремонтных заводов дает существенные преимущества. Серийный характер производства позволяет применять передовую организацию и технологию ремонта с помощью производительного оборудования. Это дает возможность значительно повысить производительность труда, снизить себестоимость и сократить сроки ремонта.