

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет химической технологии и техники

Кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ И МОНТАЖ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Курс лекций по одноименному курсу для студентов очной формы обучения
специальности 1 – 36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и
предприятий строительных материалов»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Эксплуатационные свойства механического оборудования

Показатели качества механического оборудования делят на следующие группы:

- 1) эксплуатационно-технические, характеризующие эффект от использования машин по назначению и обуславливающие область их применения;
- 2) надежности, характеризующие свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости;
- 3) технологические, характеризующие эффективность конструкторско-технологических решений с точки зрения обеспечения высокой производительности труда при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте;
- 4) экономические, характеризующие затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию оборудования
- 5) стандартизации и унификации, отражающие степень стандартизации машин и уровень унификации их составных частей;
- 6) патентно-правовые, характеризующие степень защиты модели от копирования другими производителями;
- 7) эргономические, характеризующие систему «человек - машина - среда» и учитывающие комплекс гигиенических, антропологических, физиологических, психологических свойств человека;
- 8) эстетические, отражающие выразительность, оригинальность, гармоничность, целостность.

Качество механического оборудования характеризуется комплексом эксплуатационных свойств, которые определяют эффективность использования этого оборудования в определенных условиях эксплуатации.

Эксплуатационные свойства являются оценочными параметрами, позволяющими решать практические вопросы:

- 1) возможность применения данного оборудования при различных технологических процессах и режимах (качество и вид перерабатываемого сырья, требования к готовому продукту и т.д.);
- 2) экономическую целесообразность замены одного типа оборудования другим;
- 3) создание нового высокопроизводительного оборудования.

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

Производительность оборудования – это количество продукции, выпускаемой им в единицу времени. Производительность оборудования зависит от эффективности его использования:

- по времени – экстенсивное использование;
- по режимам работы – интенсивное использование.

Различают три вида производительности:

- теоретическую (конструкторскую, нормативную);
- техническую (номинальную);
- эксплуатационную (действительную, фактическую).

Теоретическая производительность (Π_K) является максимально возможной (расчетной) производительностью оборудования, полученной при данных конструктивных параметрах, полном отсутствии простоев в работе в определенных условиях эксплуатации. Для оборудования с рабочим органом периодического действия теоретическая производительность ($\text{м}^3/\text{с}$ или $\text{кг}/\text{с}$) может быть определена зависимостями

$$\Pi_K = n G, \text{ м}^3/\text{с} \quad \text{или} \quad \Pi_K = n G \gamma, \text{ кг}/\text{с},$$

где n – число циклов рабочего органа ($n = 1 / t_{\text{Ц}}$);

G – количество продукции, выдаваемое рабочим органом за один цикл работы, м^3 или кг ;

γ – плотность продукции (материала), $\text{кг}/\text{м}^3$;

$t_{\text{Ц}}$ – продолжительность одного цикла, с.

Для оборудования с рабочим органом непрерывного действия теоретическая производительность равна

$$\Pi_K = F v, \text{ м}^3/\text{с} \quad \text{или} \quad \Pi_K = F v \gamma, \text{ кг}/\text{с},$$

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 (Π_T) 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 продукта, 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.

Для оборудования непрерывного действия

$$\Pi_K = F v K_1 K_2, \text{ м}^3/\text{с},$$

где K_1 и K_2 коэффициенты, характеризующие разрыхление материала, загруженность или затупленность рабочих органов, степень использования ширины рабочего органа и др.

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

Эксплуатационная производительность (Π_3) определяется реальными условиями использования оборудования с учетом неизбежных технологических и организационных перерывов в работе

$$P_э = P_г K_и,$$

где $K_и$ – коэффициент использования машины за определенный промежуток времени.

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

Анализ приведенных формул производительности показывает, что она определяется прежде всего геометрическими размерами рабочего органа, объемом камеры переработки материала или продукта, скоростью движения рабочего органа, качеством исходного продукта и затратами времени при простоях. Кроме указанных показателей рабочий орган может характеризоваться: номинальными размерами, коэффициентом использования емкости или объема, удельной емкостью, представляющей собой отношение номинальной емкости к массе оборудования или мощности двигателя.

Надежность механического оборудования

Надежность – свойство изделия выполнять свои функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Она может быть выражена качественно и количественно в виде различных показателей. Допустимыми пределами эксплуатационных показателей могут быть определенные отклонения от номинальных размеров изделия, заданной производительности, мощности и др.

При разработке оборудования для обеспечения его надежности необходимо обеспечить надежность каждой ее детали. Для серийного оборудования обязательны отработка, создание и испытание опытных образцов. Поскольку на надежность деталей оказывают влияние условия эксплуатации, то повышение надежности требует получения информации от предприятий, эксплуатирующих оборудование, и анализа причин выхода оборудования из строя. Кроме того, для определения надежности используются специальные ускоренные испытания на стендах.

Надежность оборудования закладывается на стадии его проектирования, изготовления и эксплуатации. Основные проблемы обеспечения надежности могут быть сформулированы следующим образом.

1. На стадии проектирования – обеспечение равной прочности всех деталей машины или аппарата, выявление наиболее изнашиваемых узлов и деталей, исключение мест концентрации напряжений, обеспечение ремонтпригодности машин, разработка предохранительных устройств.

2. На стадии изготовления – использование эффективных средств упрочнения поверхностных слоев трущихся пар, соблюдение точности и чистоты обработки деталей, совершенствование методов контроля изготовления и сборки, повышение требований к сварке и испытанию машин, качественное выполнение обкатки оборудования.

3. На стадии эксплуатации – выполнение рекомендаций по смазке, техосмотрам, соблюдение сроков ремонтов, температурных режимов и т.д.

Требования надежности оказывают влияние на конструкцию машины.

При уменьшении количества конструктивных элементов надежность машины увеличивается. В машине сложной конструкции не удастся достичь равной прочности всех деталей. В конечном итоге надежность является экономическим параметром. При повышении затрат на изготовление машины с целью повышения ее надежности уменьшаются затраты на ремонт в течение всего срока службы машины. Суммарные затраты имеют некоторое минимальное значение, соответствующее оптимальной надежности. Поэтому необходимо добиваться не просто надежности, а оптимальной надежности.

Надежность является сложным свойством, включающем, в свою очередь, такие свойства, как безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность. Для конкретных объектов и условий их эксплуатации эти свойства могут иметь различную значимость. Например, для неремонтируемых объектов важнейшим свойством является безотказность; для ремонтируемого оборудования важны все свойства.

1. Безотказность – свойство оборудования непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или наработки.

Безотказность оборудования характеризуется следующими показателями:

- а) наработка на отказ – отношение наработки к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки;
- б) вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет;
- в) параметр потока отказов – это плотность вероятности возникновения отказа.

Работоспособность – состояние оборудования, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в установленных пределах.

Неработоспособность – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного из заданных параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, не соответствуют установленным требованиям.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности оборудования.

2. Ремонтпригодность – свойство оборудования, заключающееся в предупреждении, обнаружении и устранении отказов и неисправностей путем проведения технических обслуживаний и ремонтов. Показателями ремонтпригодности являются:

- а) среднее время восстановления или среднее время простоя оборудования в ремонте определяется как среднее время восстановления работоспособности оборудования; $T_B = 1/n \sum t_B$;
- б) вероятность восстановления определяется как вероятность восстановления работоспособности, не превышающей заданного значения;
- в) периодичностью технического обслуживания или ремонта является среднее время его проведения; $T_{TO} = 1/n \sum t_{TO}$;
- г) удельная трудоемкость технического обслуживания или ремонта – это отношение трудоемкости мероприятий к средней наработке за определенный период;

д) удельная стоимость технического обслуживания или ремонта – это отношение средней стоимости мероприятия к определенному периоду эксплуатации оборудования.

3. **Сохраняемость** – свойство оборудования непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после его хранения и транспортировки. К показателям сохраняемости относится средний срок сохраняемости – календарная продолжительность хранения или транспортировки оборудования, в течение которой сохраняются заданные показатели исправного состояния оборудования в установленных пределах.

4. **Долговечность** – свойство изделия сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе ТО и ремонтов. Показателями долговечности оборудования являются:

а) ресурс – наработка изделия от начала эксплуатации или после капитального ремонта до наступления предельного состояния;

б) срок службы – календарная продолжительность эксплуатации оборудования от начала или после капитального ремонта до наступления нового предельного состояния;

в) срок службы до списания – средний срок службы от начала эксплуатации до его списания.

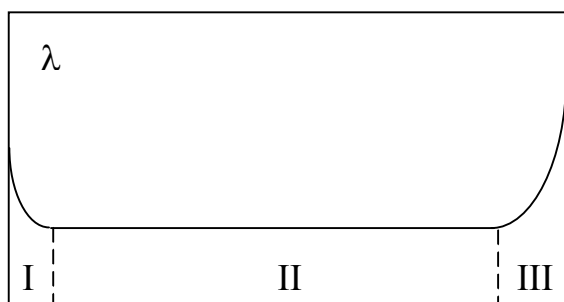
Предельное состояние – это состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения требований безопасности, выхода заданных параметров за установленные пределы, снижения эффективности работы ниже допустимой или необходимости проведения текущего или капитального ремонта.

Ремонтируемый объект – это объект, исправность которого подлежит восстановлению в случае возникновения отказа или повреждения.

Вторичный ресурс, т.е. ресурс, приобретенный после первого капитального ремонта, не всегда равен первичному ресурсу, т.е. техническому ресурсу новой машины. В машине как бы накапливается усталость и старение, не устраняемые при капитальном ремонте. Однако основной причиной низкого вторичного ресурса является более низкое качество ремонтных работ по сравнению с качеством работ, проводимых при изготовлении машины на специализированном машиностроительном заводе.

Отказы оборудования

Выход деталей из строя чаще всего происходит не из-за недостаточной прочности, а вследствие износа рабочих поверхностей.



Кривую, характеризующую износ деталей, можно представить в виде следующего рисунка. Участок I этой кривой характеризует изменение интенсивности отказов λ в период приработки, участок II – интенсивность отказов в период нормальной работы, участок III – изменение интенсивности

отказов в период повышенного износа. Приработочные отказы являются следствием несовершенства технологии изготовления деталей. Они исключаются путем обкатки оборудования.

Внезапные отказы имеют место при внезапной концентрации нагрузки, превышающей расчетную. Они возникают случайно и предсказать их невозможно, но можно определить вероятность их возникновения. Внезапные отказы могут произойти в любой момент времени с равной вероятностью.

Отказы, вызываемые износом деталей, являются результатом старения машины. Средством их предупреждения служат своевременные осмотры, смазка, ремонт и замена изношенных деталей.

На практике желательно работать в области внезапных отказов, не доводя состояние оборудования до износных отказов.

При расчете надежности разрабатываемого аппарата анализируется надежность отдельных узлов и деталей. Интенсивность отказов всего аппарата является суммой интенсивностей отказов отдельных узлов. Аналогично, интенсивность отказов узла является суммой отказов деталей

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots = \sum \lambda_i$$

Надежность технологических линий

Особенностью большинства производств в химической промышленности и промышленности стройматериалов, является то, что все технологическое оборудование связано в единую технологическую линию. Поэтому вопросы надежности приобретают особое значение, т.к. выход из строя одного аппарата грозит остановкой всей технологической цепочки.

Для крупных аппаратов надежность должна быть выше, поскольку их простой в ремонте особенно дорог. Для оборудования, связанного в единую технологическую цепочку, надежность всей схемы может быть рассчитана по надежности отдельных аппаратов.

При последовательном соединении аппаратов надежность технологической схемы равна произведению надежности аппаратов



$$P = P_1 P_2 P_3 \dots$$

Иногда для обеспечения надежности непрерывной технологической линии ставятся дублирующие (резервные) аппараты, которые в технологическом процессе не участвуют, но при отказе основного аппарата включаются в технологическую схему, заменяя отказавший аппарат. $P = (1 + \lambda \tau) \times \exp(-\lambda \tau)$.

Метод резервирования неприемлем для крупногабаритного оборудования вследствие его высокой стоимости и занимаемой производственной площади. Наиболее часто резерв предусматривается для насосного оборудования.

Рассмотренный способ резервирования называется ненагруженным резервом, т.к. резервный аппарат включается в работу только после отказа основного аппарата. При нагруженном резерве резервный аппарат работает все время вместе с основным аппаратом. Основной и резервный аппараты работают параллельно, но в половину своей производительности. При отказе одного из аппаратов нагрузка полностью переходит на другой аппарат, а отказавший аппа-

рат отключается для ремонта.

Нагруженный резерв, как и ненагруженный повышает надежность узла. Вероятность отказа для нагруженного резерва равна произведению вероятностей отказов обоих аппаратов $Q = Q_1 Q_2$.

Произведение вероятностей означает, что отказ в узле возможен лишь при отказе обоих аппаратов. Надежность узла из двух аппаратов, работающих по способу нагруженного резерва, равна

$$P = 1 - Q = 1 - Q_1 Q_2.$$

Так, при надежности каждого аппарата $P_1 = P_2 = 0,9$ надежность узла составит

$$P = 1 - 0,1^2 = 0,99.$$

Нагруженный резерв используется в тех случаях, когда недопустима даже кратковременная остановка аппарата. Резервирование может производиться для одного аппарата, для группы аппаратов и для всей технологической системы. При ненагруженном резерве резервный аппарат находится в неработающем состоянии и поэтому сохраняет свой ресурс, тогда как при нагруженном резерве ресурс резервного аппарата расходуется.

Комплексные показатели надежности

Коэффициент готовности – это вероятность того, что оборудование окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых его использование не предусматривается

$$K_G = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{раб}} + T_{\text{рем}}},$$

где $T_{\text{раб}}$ – продолжительность нахождения в работоспособном состоянии, час;
 $T_{\text{рем}}$ – продолжительность нахождения в ремонте и ТО, час.

Для машин, эксплуатируемых в непрерывном режиме, одновременно с K_G рассчитывают также коэффициент технического использования $K_{ТИ}$ – это отношение суммарного времени пребывания оборудования в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме времени пребывания в работоспособном состоянии и времени простоев из-за технического обслуживания и ремонтов за тот же период времени.

$$K_{ТИ} = \frac{\Sigma T'_{\text{раб}}}{T'_{\text{раб раб}} + T_{\text{рем}}}.$$

где $T'_{\text{раб}}$ – продолжительность работы оборудования, час.

Для большинства теплообменников, например, основные показатели надежности следующие:

- наработка на отказ – 15 – 20 тыс. часов;
- среднее время восстановления – 25 – 45 час;
- коэффициент технического использования – 0,935 – 0,970;
- коэффициент готовности – 0,975 – 0,999.

Под обеспечением надежности оборудования понимается совокупность организационно-технических и научно-методических мероприятий, направленных

ных на достижение и поддержание в заданных пределах показателей надежности на всех стадиях его создания и эксплуатации.

Эргономические свойства оборудования

Удобство использования относится к эргономическим свойствам оборудования, которое определяется легкостью управления, показателями безопасности работы оборудования, технической эстетикой, показателями среды, в которой находится машинист. Длительная работа машины на полной производительности обеспечивается только в том случае, если не будут превышены возможности человека, управляющего этой машиной. При управлении оборудованием в ряде случаев возникает необходимость в приложении значительных усилий к рычагам или педалям при их неудобном расположении, что вызывает утомление машиниста и ведет к снижению производительности.

Простота управления определяет затраты труда, необходимого для управления оборудованием, которое зависит от количества рычагов управления, их расположения и величины прилагаемых усилий. В отдельных случаях трудоемкость управления работой оборудования можно оценить по числу включений рычагов и длинам их хода.

Удобство обзора места работы с поста управления оборудованием зависит от конструкции оборудования, конструкции пульта управления и места машиниста или оператора. Условия работы требуют, чтобы оператор, не меняя обычной рабочей позы, мог наблюдать за работой оборудования при выполнении всех элементов рабочего процесса.

Безопасность работы всех типов оборудования определяется прочностью деталей, особенно движущихся или вращающихся, и наличием ограждений на них. Для оборудования, перемещающегося во время работы, параметром, определяющим безопасность, является его устойчивость при выполнении рабочих операций.

Специальные требования безопасности к конструкции оборудования определяют защиту рабочего от пыли, пара, высокой температуры агрегатов. Для защиты рабочего или оператора от внутренних шумов, превышающих 75 – 80 дБ при частоте 800 Гц, вредно отражающихся на здоровье людей, необходимо устанавливать глушители, применять различные звукоизолирующие материалы или выносить управление в места, защищенные от шума. Для большинства оборудования достижение указанных норм стало возможно за счет введения централизованного дистанционного управления с частичной или полной автоматизацией.

Удобство рабочего места оператора, его защита от атмосферных явлений (дождя, снега, ветра и др.), воздействия шума и вибраций, а также достаточное освещение рабочего места и оборудования в значительной мере влияют на удобство и легкость управления машиной, в результате чего повышается эффективность использования механического оборудования. Эти условия должны также выполняться при выполнении ремонтных и монтажных работ. Перед проведением ремонта или монтажа оборудования необходимо подготовить рабочие места при соблюдении требований эргономики и техники безопасности.

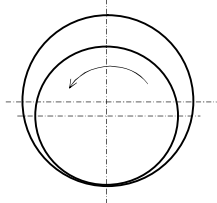
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Трение в деталях оборудования

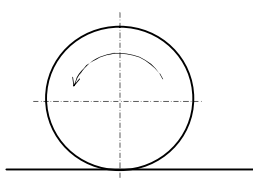
Трением называют явление сопротивления относительно перемещению двух деталей в зоне соприкосновения их поверхностей. Сила трения – это сила сопротивления относительно перемещению двух тел, а работа трения – это преодоление силы трения на пути перемещения тел

Трение покоя представляет собой трение двух тел при предварительном смещении, а трение движения – трение двух тел, находящихся в относительном движении. В свою очередь, трение движения подразделяется на скольжение, качение и качение с проскальзыванием.

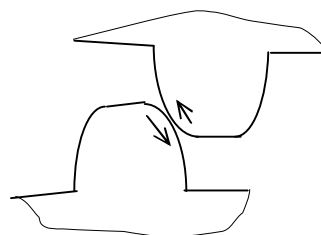
Трение скольжения – это трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точке касания различны.



а) скольжение



б) качение



в) качение с проскальзыванием

Трение качения – это трение движения двух соприкасающихся твердых тел, при котором их скорости в точках касания одинаковы по величине и направлению.

Трение качения с проскальзыванием – это трение движения двух соприкасающихся твердых тел при одновременном качении и скольжении

В зависимости от наличия смазки различают сухое, граничное и жидкостное трения скольжения.

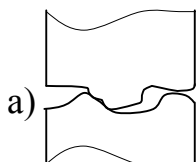
Сухим трением называется трение двух твердых тел при отсутствии на их поверхностях смазочных материалов всех видов, например, трение в фрикционных муфтах.

Граничное трение – трение двух твердых тел при наличии на поверхности слоя смазки, но полностью их разделяющего, например трение в зубчатых передачах, шариковых подшипниках, т.е. при высоких удельных нагрузках.

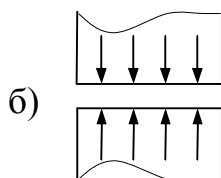
Жидкостное трение – явление сопротивления относительно перемещению, возникающее между двумя телами, полностью разделенными слоем жидкости, например, в подшипниках скольжения.

Теории трения

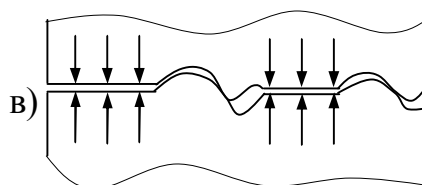
Механическая теория трения рассматривает внешнее трение как чисто механический процесс и объясняет его шероховатостью поверхности соприкасающихся тел. При относительном движении тел происходит их механическое сцепление, сдвиг микронеровностей, деформация и возникает сила трения.



а)



б)



в)

Сила трения пропорциональна нормально силе и не зависит от размера поверхности соприкосновения тел и скорости их взаимного перемещения. Она зависит от свойств трущихся материалов и от взаимного состояния трущихся поверхностей. Сила сухого трения скольжения равна

$$T_1 = f_1 N + A,$$

где f_1 – коэффициент трения скольжения;

N – нормальная сила, Н;

A – сопротивление от сцепляемости или прилипания поверхностей. Не зависит от нормальной силы.

Сила сухого трения качения

$$T_2 = f_2 N / R,$$

где f_2 – коэффициент трения качения;

R – радиус катка, м.

Величина коэффициента трения зависит и от других факторов (давления, скорости перемещения, наличия на поверхности пленки), не предусмотренных этой теорией.

Молекулярная теория трения объясняет явления трения исходя из сил молекулярного взаимодействия, возникающих между соприкасающимися поверхностями, вследствие чего происходит взаимное притяжение этих поверхностей. Чем выше чистота обработки поверхностей, тем сильнее молекулярное взаимодействие. Сила молекулярного трения

$$T_{\text{МОЛ}} = f_3 S_K (P_0 + P),$$

где S_K – площадь фактического контакта, м²;

P_0 – удельное давление молекулярного взаимодействия, Н/м²;

$P = N / S_K$ – удельное давление нормального взаимодействия, Н/м².

Молекулярная теория трения больше соответствует действительности, но и она не может дать полного объяснения о возрастании силы трения с увеличением шероховатости и об увеличении коэффициента трения в начале процесса и последующем его уменьшении при увеличении скорости скольжения.

В молекулярно-механической теории трение обусловлено механическим и молекулярным взаимодействием. Механическое взаимодействие происходит только на ограниченных микрообластях, составляющих примерно 0,0001 – 0,0002 фактической области касания. На остальной площади происходит молекулярное взаимодействие. Сила трения согласно этой теории

$$T = T_{\text{МЕХ}} + T_{\text{МОЛ}}.$$

Гидродинамическая теория трения. В условиях полной смазки поверхностей деталей между подшипником и валом создается масляный клин и трение между деталями заменяется трением между слоями смазки. Сила трения равна

$$T_{\text{Ж}} = f_{\text{Ж}} P,$$

где $f_{\text{Ж}}$ – коэффициент жидкостного трения.

Жидкостное трение имеет место, когда толщина слоя смазки в узком месте зазора между деталями больше суммарной высоты микронеровностей, т.е. при $h > \delta_1 + \delta_2$. При пусковых режимах, циклических нагрузках эта зависимость нарушается и жидкостное трение заменяется граничным или даже сухим, в результате чего происходит повышенный износ деталей.

Классификация видов изнашивания

Изнашивание – процесс постепенного изменения размеров детали при трении с отделением от поверхности трения материала детали. Износ – результат изнашивания.

1. Механическое изнашивание – результат механического воздействия на деталь и включает следующие виды:

а) абразивное изнашивание возникает в результате режущего или царапающего действия твердых тел или частиц, попадающих в смазку извне или отделившихся от трущихся деталей;

б) гидроабразивное изнашивание происходит в результате воздействия твердых тел, увлеченных потоком жидкости;

в) эрозионное изнашивание происходит в результате непосредственного воздействия потока жидкости или газа;

г) усталостное изнашивание является результатом многократного деформирования микрообъема материала, приводящего к появлению трещин и отделению частиц материала;

д) кавитационное изнашивание происходит при относительном движении твердого тела в жидкости в условиях кавитации.

2. Молекулярно-механическое изнашивание – это изнашивание в результате одновременного механического воздействия и воздействия молекулярных или атомарных сил, при котором происходит перенос металла с одной поверхности на другую.

3. Коррозионно-механическое изнашивание наблюдается при трении материала, вступающего в химическое взаимодействие со средой. Под действием агрессивной окислительной среды на поверхности трущихся деталей образуются пленки окислов, которые при механическом трении снимаются, а обнаженные поверхности металла вновь окисляются.

Факторы, влияющие на изнашивание деталей

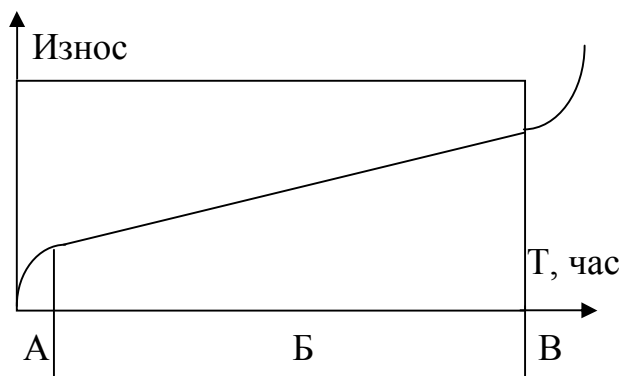
Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания деталей делятся на три основных группы.

Конструктивные факторы: 1) форма и размеры деталей; 2) зазоры и посадки деталей; 3) материал деталей и система их смазки; 4) конструкция деталей и узлов, обеспечивающих оптимальный тепловой режим; 5) величина и характер нагрузки, скорость взаимного перемещения деталей, режимы работы; 6) условия доступа к деталям для технического обслуживания и ремонта.

Технологические факторы: 1) качество материала; 2) качество механической обработки поверхностей; 3) вид и качество термообработки; 4) соблюдение технологических процессов изготовления и сборки.

Эксплуатационные факторы: 1) соблюдение режима работы (нагрузка, рабочие скорости, продолжительность работы, температура, запыленности среды и т.д.); 2) качество сортов смазочных материалов и топлива; 3) соблюдение режима и технологии смазки; 4) своевременность и качество технических обслуживаний и ремонтов.

Закономерность изнашивания деталей оборудования



Закономерность изнашивания деталей можно представить следующим графиком. Участок А соответствует периоду приработки деталей или сопряжений, участок Б — длительному периоду нормальной работы, участок В — периоду форсированного изнашивания. Первые два участка (А + Б) являются периодами естественного изнашивания поверхностей,

а участок В — периодом аварийного изнашивания, когда эксплуатация детали экономически нецелесообразна или опасна. В период приработки деталей износ нарастает очень быстро и происходит интенсивное сглаживание неровностей поверхности, оставшихся после механической обработки. После правильной приработки устанавливается наиболее благоприятная для данных условий трения шероховатость.

Предельный износ деталей — это достижение таких размеров и состояния, при которых дальнейшая эксплуатация невозможна, т.к. может привести к аварии, т.е. деталь выработала ресурс.

Допустимый износ деталей — это такой износ, при котором сопряженные детали могут работать весь межремонтный период. Допустимыми называются размеры и другие технические характеристики детали, при которых она может использоваться в машине без ремонта.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Система планово-предупредительных ремонтов

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) предусматривает следующие виды обслуживания и ремонтов:

- техническое (межремонтное) обслуживание;
- текущий ремонт;
- капитальный ремонт.

Техническое обслуживание — это комплекс работ для поддержания оборудования в работоспособном состоянии в промежутках между ремонтами. В объем технического обслуживания входят:

1. Эксплуатационный уход — наружный осмотр, обтирка, чистка, смазка, проверка системы охлаждения подшипников, проверка крепежных деталей.
2. Мелкий ремонт оборудования — подтяжка креплений и контактов, частичная регулировка, замена предохранителей, контактов, проверка и правка состояния изоляции

Текущий ремонт — это ремонт, проводимый в процессе эксплуатации для гарантированного обеспечения работоспособности оборудования и состоящий в замене и восстановлении отдельных частей оборудования и их регулировке. Текущий ремонт проводится в неработающие смены, в выходные дни, а при

непрерывной работе – в плановые дни, специально выделенные для этого вида ремонта.

Капитальный ремонт – это ремонт, выполняемый с целью восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования с заменой или ремонтом любых его частей, включая базовые, и их регулировку. Этот вид ремонта характеризуется одновременной сменой большого количества деталей, узлов и комплексов. В состав капремонта могут быть включены работы по модернизации машины, ее автоматизации и механизации.

Ремонтный цикл – наименьший повторяющийся период эксплуатации оборудования, в течение которого выполняются в определенной последовательности установленные виды ТО и ремонтов.

Структура ремонтного цикла – количество, периодичность и последовательность выполнения всех видов ТО и ремонтов. Структура ремонтного цикла может быть представлен в виде графика или формулы.



$K - 4TO - T - 4TO - T - 4TO - T - 4TO - T - 4TO - T - 4TO - K$

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

Методы организации ремонта оборудования в системе ППР

1. Послеосмотровый ремонт оборудования – это осмотры оборудования с целью выявления состояния его деталей и узлов и решения вопроса о необходимости проведения ремонтов определенного объема в намечаемые сроки. В этом случае планируются только осмотры, а все остальные вопросы решаются по потребности. Недостатком метода является то, что планирование ремонтных работ возможно только на ближайшее время.

2. Стандартный метод ремонта – это обязательное периодическое обновление элементов машины путем одновременной замены в заранее запланированные сроки ее деталей или узлов независимо от того, в каком бы состоянии они ни находились в момент очередного ремонта. Ремонт осуществляется по заранее разработанной технологии, в которой определены объем, сроки и способы выполнения работ. Рассчитывается потребность в рабочей силе, оборудовании и запасных частях. Этим методом широко пользуются при ремонте двигателей, транспортного и другого оборудования, когда остановка машины полностью нарушает работу всего предприятия или угрожает жизни человека. Этот метод организации ремонта требует большого количества запасных частей и значительных денежных затрат.

3. Метод периодических ремонтов – это проведение ремонта в строго определенных, заранее намеченные сроки. Допускается изменение объема ремонтных работ в зависимости от состояния деталей, если они могут проработать без

ущерба до следующего планового ремонта. Этот метод ремонта получил наибольшее распространение в промышленности.

В зависимости от величины завода и типа производства руководством устанавливается один из следующих видов организации ремонта оборудования.

1. При централизованном виде ремонта все работы по ремонту и монтажу оборудования, а иногда и межремонтное (техническое) обслуживание выполняются силами РМЦ. В этом цехе образуются ремонтные бригады во главе с бригадиром, за которыми закрепляются участки с оборудованием для выполнения его ремонта. Централизованный вид ремонта применяют на небольших заводах, а также на предприятиях с большим числом однотипного оборудования.

2. При децентрализованном виде ремонта все плановые ремонты, техническое и дежурное обслуживание производится ремонтными рабочими цехов под руководством механиков цехов. РМЦ в этом случае занимается изготовлением запчастей, восстановлением деталей, требующих сложной технологической оснастки и капремонтом отдельных сложных машин и агрегатов. Этот вид ремонта используют на заводах с большим количеством разнотипного оборудования.

3. При смешанном виде ремонта ТО и текущие ремонты выполняются цеховой ремонтной бригадой, а капитальный ремонт – силами РМЦ или с привлечением специалистов сторонних ремонтных или монтажных организаций. Иногда капремонт целесообразно выполнять силами РМЦ совместно с цеховыми ремонтными рабочими.

Кроме внутризаводской может быть межзаводская специализация, когда ремонт выполняется силами специализированного РМЗ или когда оборудование ремонтирует завод, изготовивший его.

Планирование ремонтных работ

Техническое обслуживание и ремонт оборудования в системе ППР планируется годовым планом (план-графиком). Его разрабатывают на 1 год. Ремонт оборудования планируется по месяцам. В основу составления годового плана закладывают фактическое состояние оборудования, а также ремонтные нормативы, действующие инструкции и положения ППР.

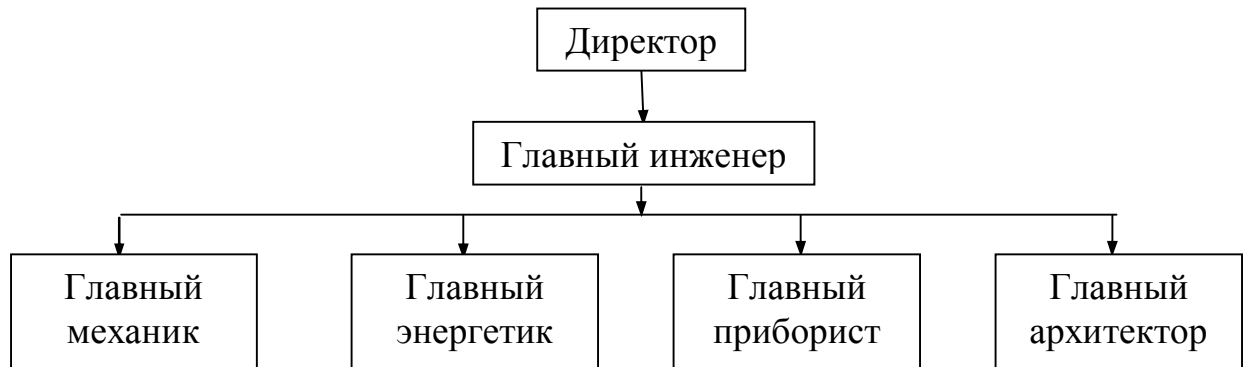
Годовой план ремонта оборудования разрабатывается в конце каждого года на последующий плановый период отделом главного механика при участии цеховых механиков и утверждается главным инженером предприятия. На основании годового плана ТО и ремонтов оборудования составляется годовой план-график капитального ремонта оборудования. Месячные планы ремонта оборудования по цехам составляются в конце каждого месяца на последующий месяц на основании годового, а иногда и квартального планов. Месячные планы ремонта оборудования служат для оперативного руководства и контроля выполнения системы ППР в цехах завода.

План ремонтно-механического, ремонтно-строительного цехов и электроцеха разрабатывается на основании общего плана ППР. Модернизацию некоторых видов оборудования выполняют по отдельному плану, увязанному с планом ремонта оборудования.

Ремонтно-эксплуатационная служба предприятия

Функции основных служб завода должны быть четко разграничены.

Служба главного механика руководит эксплуатацией и ремонтом технологического и механического оборудования, технологических сооружений, коммуникаций, металлоконструкций, эстакад. Главный механик осуществляет руководство всем ремонтно-механическим хозяйством завода и подчиняется непосредственно главному инженеру.



В обязанности службы главного энергетика входит надзор за эксплуатацией электрооборудования, паросиловых установок, водопроводных и канализационных сетей, линий связи и их ремонт. Служба главного прибориста выполняет надзор и ремонт контрольно-измерительных и регулирующих приборов, приборов сигнализации и блокирования. Служба главного архитектора следит за состоянием производственных зданий и сооружений, тепловой изоляции технологического и энергетического оборудования, обеспечивает их ремонт.

Отделы службы главного механика следующие.

1. Отдел главного механика. Составляет планы ремонта оборудования, разрабатывает планы организационно-технических мероприятий по ремонтной службе, разрабатывает план внедрения новых технологических процессов для выполнения ремонтных работ, систематически выполняет надзор за состоянием оборудования, контролирует стоимость ремонтных работ, составляет отчеты о выполнении ремонтов оборудования.

2. Отдел технического надзора. Проводит осмотры и испытание оборудования, контролирует качество ремонтных работ, проверяет правильность эксплуатации оборудования, расследует причины аварии.

3. Ремонтно-механический цех. Выполняет централизованный ремонт оборудования завода, ремонтирует отдельные виды оборудования, изготавливает запчасти, технологическую оснастку.

4. Ремонтно-строительный цех. Занимается ремонтом и строительством производственных зданий и помещений. На небольших заводах входит в состав РМЦ.

5. Конструкторское бюро. Разрабатывает чертежи, ремонтные чертежи оборудования и приспособлений. Выполняет другие работы, связанные с механизацией ремонтных работ и модернизацией оборудования.

6. В каждом технологическом цехе имеется механик и подчиненные ему ремонтные бригады. Цеховые бригады являются частью механической службы

завода. Они выполняют техническое обслуживание, текущий ремонт, а иногда и капитальный ремонт оборудования. Механик цеха в административном отношении подчиняется начальнику цеха, в техническом – главному механику.

Диагностика технического состояния оборудования

Техническая диагностика – отрасль науки, изучающая и устанавливающая признаки неисправного состояния машин, а также принципы, методы и средства, при помощи которых дается заключение о характере и существе неисправности без разборки машины.

1. Механический метод диагностики основан на измерении размеров деталей, зазоров в сопряжениях, усилий, давлений и скоростей. Метод прост и получил наибольшее распространение. В качестве мерительного инструмента используют линейки, штангенциркули, нутромеры, шаблоны, индикаторы, щупы, динамометрические ключи, манометры, вакуумметры и др.

2. Электрический метод диагностики основан на измерении токов, напряжений, мощностей, сопротивлений и других электрических параметров. Позволяет определить работу электрических схем, угловые и линейные зазоры, силы, крутящие моменты, давления и температуры. Для измерения используют амперметры, вольтметры, омметры, измерительные мосты, осциллографы, потенциометрические и тензометрические, датчики, индукционные и емкостные датчики перемещений, усилий, крутящих моментов, термодпары, термометры сопротивления и др.

3. Фотоэлектрический (оптический) метод диагностики может быть использован для измерения линейных и угловых люфтов и зазоров в сопряжениях деталей. В качестве мерительных инструментов используют фотоэлектрические датчики угловых и линейных перемещений, которые отличаются простотой конструкции и высокой чувствительностью. Методом могут проверяться качественный состав масел путем сравнения цветового состава и мутности пробы масла с эталонной пробой.

4. Акустический метод диагностики основан на измерении уровней вибрации и шума, создаваемого объектом испытания. Уровень шума оценивают специальными шумомерами. Однако наиболее полную информацию о наличии дефектов можно получить измерением частотного спектра шумов или вибраций с помощью комплекта приборов.

5. Ультразвуковой метод диагностики применяют для контроля состояния ответственных узлов металлоконструкций, сварных соединений. Сущность метода состоит в том, что направленные звуковые колебания от специального пьезоэлектрического датчика выдают соответствующие сигналы. На границе раздела двух сред, например, металл-газ, ультразвуковой луч отражается и фиксируется на экране электронно-лучевой трубки. Методом выявляются дефекты в металле.

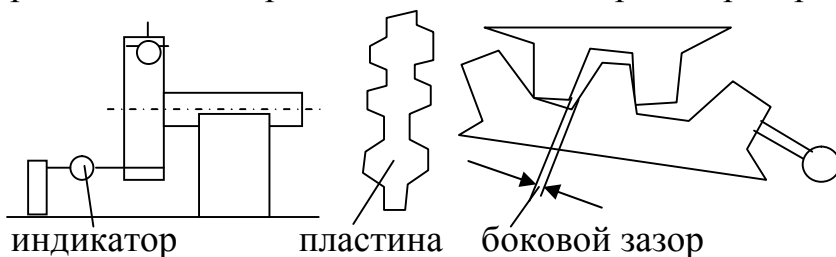
6. Радиоизотопный и рентгеновский методы позволяют определить скрытые дефекты в деталях машин путем просвечивания их с помощью рентгеновского или гамма-излучения. Методами проверяются ответственные узлы и детали машин, т.к. они небезопасны при использовании

Контрольно-регулирующие работы

В результате нарушения регулировок, приводящих к нарушению работоспособности механизма или отказу, возникает необходимость в проведении контрольно-регулирующих работ, т.е. работ по восстановлению необходимого взаимодействия деталей без их замены.

Регулировка плоских фрикционных муфт. В процессе регулировки достигается необходимый коэффициент запаса, показывающего во сколько раз момент трения, создаваемый дисками, превышает момент двигателя. Коэффициент запаса снижается из-за увеличения зазора между дисками и восстанавливается путем поджатия нажимных пружин. В различных конструкциях муфт коэффициент запаса восстанавливают по-разному.

Регулировка зубчатых передач. Проверку состояния зубчатой передачи начинают с ее осмотра и прослушивания. Изменяющийся шум, пульсации и удары между зубьями свидетельствуют о неисправности зубчатой передачи. Проверяется наличие течи масла из картера через сальники, пробки, заглушки и заклепки. Боковой зазор проверяют либо индикатором, либо пластинчатым щупом, либо свинцовой проволокой, которую закладывают между зубьями колес, а затем обжимают, проворачивая шестерни вручную. Индикатором проверяют радиальное и торцовое биение. Калибрами проверяют толщину длины зубьев.



Проверка правильности зацепления зубчатых колес выполняется при помощи пробы на краску. Для этого несколько зубьев большого колеса окрашивают тонким слоем краски. Затем колеса проворачивают и на зубьях малого колеса остается отпечатки контактов. По расположению отпечатка судят о характере касания и взаимном расположении зубьев. Начало отпечатков должно находиться не далее $1/5$ длины зуба, длина отпечатка – более $3/5$ длины зуба.

Большинство зубчатых передач регулируют изменением числа прокладок в опорных подшипниках валов.

Цепные передачи. Контроль цепных передач по существу сводится к проверке провисания холостой ветви цепи, возникающего в результате ее удлинения из-за износа пластин, втулок, пальцев, роликов. Наилучшим является такое натяжение цепи, при котором величина провисания равна межосевому расстоянию, умноженному на коэффициент, величина которого изменяется от 2 % при горизонтальном расположении цепи до 0,2 % при вертикальном. Регулировка натяжения цепи достигается передвижением одной из опор или удалением одного из звеньев цепи.

Измерение прочности цепи необходимо производить под нагрузкой, равной 30 % разрушающей нагрузки.

Ременные передачи. При работе передачи ремень вытягивается, из-за чего изменяется величина натяжения и все показатели работоспособности передачи.

Натяжение ремня является главным параметром, от которого зависит срок службы ремня, к.п.д. передачи и величина скольжения. При увеличении натяжения к.п.д. передачи падает, а интенсивность изнашивания возрастает. Новым ремням рекомендуется давать натяжение, в два раза выше нормального, и периодически контролировать и регулировать натяжение в процессе работы.

Сила натяжения ремня проверяется по отклонению ветви от первоначального положения под действием приложенной нагрузки. Регулировку натяжения ремня выполняют передвижением электродвигателя по салазкам, натяжным роликом, имеющим устройство для регулирования величины натяжения, или перешивкой ремня.

Подшипники скольжения. Контроль за состоянием подшипников скольжения заключается в проверке: 1) величины зазора между валом и подшипником, 2) положения вала, поддерживаемого подшипником; 3) состояния трущихся поверхностей и 4) наличия смазки. Зазоры в подшипниках новых машин находятся в пределах 0,02 – 0,04 мм и устанавливаются в каждом конкретном случае в соответствии с нормативной документацией.

Величину зазора контролируют свинцовой проволокой, расплющиваемой валом и подшипником. Зазор в неразъемных подшипниках измеряют щупом или индикатором. В последнем случае измеряют величину смещения шейки вала под действием специально приложенной нагрузки, например, ломиком или домкратом. Регулировка зазора производится удалением прокладок или их заменой.

Подшипники качения. Подшипники монтируют в узлах с зазорами, обеспечивающими свободное вращение и отсутствие защемления вследствие теплового расширения. Оптимальный осевой зазор в подшипниках качения достигается смещением одного кольца относительно другого путем установки прокладок в торцовых крышках, вращением регулировочных гаек или установкой прижимных крышек и коаксиальных винтовых упоров.

Проверку осевого смещения в подшипниках выполняют:

- а) индикатором, установленным в торец вала с отжимом вала по оси в противоположных направлениях и измерением величины смещения;
- б) при помощи щупа с отжимом вала по оси в противоположном направлении и вводом щупа между телами качения и дорожкой наружного кольца.

Смазка оборудования

Назначение смазки:

- 1) защита трущихся поверхностей от износа;
- 2) обеспечение необходимых параметров трения;
- 3) снижение потерь на трение;
- 4) отвод теплоты.

Смазочные материалы по происхождению подразделяются на минеральные, синтетические, растительного и животного происхождения. Наиболее распространенными, дешевыми и обладающими сравнительно высокими эксплуатационными свойствами являются минеральные смазочные материалы, которые получают из нефти и угля, а также синтетические материалы, получаемые в результате химического синтеза.

По физическому состоянию смазочные материалы делят на масла и смазки. Смазки являются более вязкими материалами. Кроме того, имеются твердые смазочные материалы (графит, слюда, тальк и др.).

Наиболее важными эксплуатационными свойствами смазочных масел являются вязкость и стабильность. Вязкость масла – это сопротивление, которое оказывают внутренние его слои сдвигающему их усилию. Вязкость зависит от температуры и наиболее качественными маслами являются те, у которых эта зависимость меньше. Стабильность – это способность масла сохранять свои характеристики в процессе эксплуатации или хранения. Главная причина потери стабильности масла – его окисление кислородом воздуха, в результате чего образуются различные смолы, кислоты и другие соединения. Потере стабильности способствует высокая температура.

Регламентируются также такие характеристики масел, как температура застывания и температура вспышки. Температура застывания характеризует возможность слива масла из емкостей, а температура вспышки определяет пожарную безопасность во время работы. Из других характеристик масел важными являются наличие механических примесей и способность растворять воду, что увеличивает химическую агрессивность масла.

Для обеспечения необходимых свойств к маслам добавляют специальные присадки. Наибольшее применение находят так называемые многофункциональные присадки, которые сочетают в себе действие нескольких отдельных присадок и одновременно могут обеспечить маслу смазывающие, моющие, антикоррозионные, антиокислительные качества, а также снижать его температуру застывания и повышать температуру вспышки.

Пластичные, густые смазки представляют собой смесь масел со специальными загустителями, в качестве которых используют литиевые, натриевые, калиевые и кальциевые мыла, а также парафин и графит. Для придания определенных свойств в смазки также добавляют присадки. Густую смазку на кальциевом мыле называют солидолом, на литиевом мыле – литолом.

При высоких температурах и при больших удельных давлениях требуются более вязкие смазочные материалы. Чем больше скорость скольжения, тем меньшая вязкость должна быть у смазки.

Для смазки оборудования используют различные 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 смазывающее устройство обслуживает несколько трущихся пар, расположенных в различных местах машины. По времени действия различают смазку периодическую и непрерывную; по способу подачи – принудительную (насосами) и без принудительной подачи (самотеком); по характеру циркуляции – проточную, циркуляционную и смешанную. При проточной системе смазка не возвращается к смазываемым поверхностям, а при циркуляционной – многократно возвращается к ним.

Для обеспечения нормальной смазки отдельных узлов или машины в целом завод-изготовитель разрабатывает карту смазки, которая входит в инструкцию по эксплуатации.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Состав ремонтно-механического цеха

РМЦ имеет следующий ориентировочный набор отделений.

1. Слесарно-сборочное отделение выполняет разборочные, сборочные и слесарные работы при ремонте машин, а также работы, связанные с изготовлением специального оборудования.
2. В механическом отделении производят механическую обработку восстанавливаемых или вновь изготавливаемых деталей, используемых в качестве запасных частей.
3. В кузнечно-котельном отделении выполняют мелкие поковки для изготовления новых и ремонта изношенных деталей. Здесь же выполняют термическую обработку деталей и инструмента.
4. Электроремонтное отделение выполняет работы по ремонту электрооборудования и электросетей завода.
5. В электрогазосварочном отделении выполняют сварочные работы, а также работы по восстановлению деталей сваркой и наплавкой.
6. В гальваническом отделении выполняют восстановление и исправление изношенных деталей, повышение их износостойкости, защиту поверхностей деталей от коррозии (хромирование, никелирование и т.п.).
7. Санитарно-техническое отделение выполняет ремонтно-восстановительные работы по санитарно-техническому оборудованию. Все указанные отделения обычно размещают в одном здании.

Последовательность проектирования ремонтных цехов

В начальной стадии проектирования разрабатывается технико-экономическое обоснование и расчеты необходимости разработки данного проекта. Эти расчеты являются основанием для подготовки задания на проектирование.

Проектирование заводов и цехов выполняется в две стадии – технический проект и рабочий проект (рабочие чертежи) или в одну стадию – техно-рабочий проект, когда технический проект совпадает с рабочими чертежами. Одностадийное проектирование сокращает затраты и сроки проектирования и выполняется по объектам, строительство которых предполагается осуществить в соответствии с типовыми проектами или проверенными на практике единичными проектами, а также по технически несложным объектам.

В задании на проектирование указывается:

- 1) основание для проектирования;
- 2) площадка строительства;
- 3) номенклатура продукции;
- 4) мощность предприятия;
- 5) основные технологические процессы и оборудование;
- 6) стадийность проектирования;
- 7) сроки строительства и др.

Технический проект включает:

- 1) пояснительную записку с изложением содержания проекта и сопостав-

лением необходимых вариантов;

- 2) технико-экономическую часть;
- 3) технологическую часть;
- 4) генеральный план и транспорт;
- 5) строительную часть;
- 6) сметную часть;
- 7) организацию труда и систему управления производством;
- 8) организацию строительства и др.

При разработке рабочих чертежей проводится уточнение и детализация решений, предусмотренных техническим проектом, в той степени, в которой это необходимо для выполнения строительно-монтажных работ. Рабочие чертежи разрабатываются по всем частям проекта.

В техно-рабочем проекте приводятся только те чертежи и данные, которых нет в типовом проекте или в применяемом повторно единичном проекте. В этом проекте должны быть решены те же вопросы, которые решаются и при двухстадийном проектировании, т.е. при разработке отдельно технического проекта и рабочих чертежей.

Определение производственной программы ремонтного предприятия

Основу проектирования ремонтного предприятия составляет его годовая производственная программа, которая задается либо в натуральном (количественном) выражении и номенклатурой ремонтируемых машин, их узлов, запасных частей, либо в денежном выражении с указанием номенклатуры ремонтируемых машин, их узлов, запасных частей.

Если производственная программа задана количеством ремонтируемых машин или составных частей в год и видом ремонта, то общая трудоемкость (чел час)

$$Q_{\Gamma} = Q_1 n_1 + Q_2 n_2 + Q_3 n_3 + \dots + Q_N n_N$$

где $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_N$ – трудоемкость ремонта машин или составных частей разных марок, чел час;

$n_1, n_2, n_3 \dots n_N$ – количество машин по программе ремонта.

Трудоемкость ремонта определяется временем, затрачиваемым для выполнения необходимых станочных, слесарных, кузнечных, сварочных и других работ. При проектировании ремонтных предприятий трудоемкость ремонта различных машин не является постоянной величиной и колеблется в зависимости от производственной программы, оснащенности предприятия оборудованием, уровня механизации и других факторов. Для расчета трудоемкости обычно принимают проверенные на действующем предприятии нормы и откорректированные с учетом передовых методов труда, нового оборудования, поточной технологии и т.п. Эти нормы времени приводятся в Инструкции по проведению планово-предупредительных ремонтов оборудования, Положении о проведении планово-предупредительных ремонтов в отрасли или в специальных нормативах.

Если ремонтное предприятие выпускает запасные части, то трудоемкость их изготовления определяют по затратам на изготовление 10 кН запасных частей (примерно 80 – 100 станко-часов и 25 чел час слесарных работ). Трудоем-

кость изготовления специального оборудования, приспособлений и инвентаря можно определить также по укрупненным нормам, которые приводятся в нормативной документации.

В общем случае определение мощности ремонтного предприятия может быть выполнено также по детальным расчетам. Определение производственной программы при детальной разработке технологического процесса путем составления технологических карт является самым точным методом и он может быть применен при подсчете трудоемкости изготовления запасных частей, нового оборудования, если эта продукция будет изготавливаться серийно и постоянно. Детальные расчеты всего технологического процесса весьма трудоемки.

Режимы работы, годовые фонды времени и расчет оборудования и рабочих постов

Режим работы ремонтного предприятия характеризуется количеством рабочих дней в году, количеством смен работы в сутках, длительностью смены и рабочей недели в часах. На ремонтном предприятии разборочно-сборочные участки обычно работают в одну смену, а участки с механическим оборудованием (механические, кузнечные и др.) – в две смены. Для крупных ремонтных предприятий работу цехов целесообразно принимать в две смены.

Годовой фонд времени рабочего – это количество часов, отработанное рабочими различных специальностей в течение года. Он разделяется на номинальный и действительный.

Номинальный годовой фонд времени рабочего учитывает полное календарное время работы в часах за год. Им пользуются при расчете явочного количества рабочих

$$T_{\text{НФ}} = [T_{\text{К}} - (T_{\text{В}} + T_{\text{ПР}})] t_{\text{СМ}},$$

где $T_{\text{К}}$ – количество календарных дней в году ($\cong 365$ дней);

$T_{\text{В}}$ – количество выходных дней в году ($\cong 104$ дня);

$T_{\text{ПР}}$ – количество праздничных дней в году ($\cong 9$ дней);

$T_{\text{СМ}}$ – длительность рабочей смены, час.

Действительный годовой фонд времени рабочего учитывает фактически отработанное рабочим время в часах за год с учетом отпуска, болезней и других потерь рабочего времени по уважительным причинам. Им пользуются при расчете списочного количества рабочих

$$T_{\text{ДФ}} = [T_{\text{К}} - (T_{\text{В}} + T_{\text{ПР}} + t_{\text{О}})] t_{\text{СМ}} \beta,$$

где $t_{\text{О}}$ – продолжительность отпуска рабочего (15 – 24 дня);

β – коэффициент потерь рабочего времени по уважительным причинам (0,94 – 0,96).

Годовой фонд рабочего места – годовое количество часов, которое может быть отработано на нем рабочими при заданной сменности

$$T_{\text{РМ}} = [T_{\text{К}} - (T_{\text{В}} + T_{\text{ПР}})] t_{\text{СМ}} m n,$$

где m – количество рабочих, одновременно работающих на рабочем посту, чел;

n – количество рабочих смен в сутках.

Действительный годовой фонд времени оборудования – это годовое количество часов, которое отрабатывается оборудованием, за вычетом времени простоя его в капитальном ремонте при заданной сменности

$$T_{\text{ДО}} = [T_{\text{К}} - (T_{\text{В}} + T_{\text{ПР}})] t_{\text{СМ}} n K_{\text{Р}},$$

где $K_{\text{Р}}$ – коэффициент, учитывающий простой оборудования в ремонте (0,97).

Количество рабочих постов для выполнения разборочно-сборочных операций

$$X_{\text{РП}} = \frac{N \cdot t}{T_{\text{РМ}} \cdot m \cdot n},$$

где N – годовая производственная программа отделения, шт;

t – норма времени для разборки и сборки одной машины на агрегаты и узлы на посту, чел час.

Количество оборудования в цехе

$$X_{\text{РП}} = \frac{N \cdot t}{T_{\text{ДО}} \cdot \eta \cdot n},$$

где η – коэффициент использования оборудования.

Для периодически действующего оборудования необходимо учитывать время загрузки и выгрузки, количество одновременно обрабатываемых деталей, особенности выполнения технологических операций. Например, при расчете сварочного оборудования время целесообразно выражать в минутах, объем выполненных работ при сварке – в метрах сварного шва, при наплавке или гальванических покрытиях – в квадратных дециметрах обрабатываемой поверхности.

Расчет количества персонала и производственных площадей

Потребное количество производственных рабочих по профессиям для каждого цеха, отделения или участка

$$P_{\text{П}} = Q_{\text{Г}} / T_{\text{ДФ}},$$

где $Q_{\text{Г}}$ – трудоемкость данного вида работ в годовой программе, чел час;

$T_{\text{ДФ}}$ – действительный годовой фонд времени рабочего, час.

Количество вспомогательных рабочих принимают равным 15 – 18 % от количества производственных рабочих.. В состав вспомогательных рабочих включаются контролеры (5 – 8 % производственных рабочих), подсобные, транспортные рабочие, кладовщики и т.п. Общее количество вспомогательных рабочих по всему предприятию, включая рабочих инструментального участка, ОГМ, межцехового транспорта не должно превышать 40 – 42 % от количества рабочих основного производства. Инженерно-технические работники составляют 13 – 15 % от числа производственных рабочих, счетно-конторский персонал – 12 – 14 %, младший обслуживающий персонал 2 – 4 %.

При составлении списочного состава устанавливают разряды рабочих и определяют средний разряд по ремонтному предприятию для производственных и вспомогательных рабочих в зависимости от соотношения работ различной сложности.

Площади производственных участков ремонтного предприятия или цеха в зависимости от стадии проектирования рассчитывают по разному. При предварительных расчетах площади производственных участков определяют по удельным площадям на одного производственного рабочего в наиболее многочисленной смене, или на одно рабочее место, или на единицу оборудования, или на один проведенный капитальный ремонт.

Механических и кузнечно-прессовый участки удобнее рассчитывать по удельной площади, приходящейся на один станок; складские помещения – по удельной площади, приходящейся на один проведенный капитальный ремонт; разборочно-сборочные отделения – по удельной площади на одно рабочее место. Чаще всего укрупненный расчет производственных площадей производится по удельной площади на одного рабочего

$$F_{\text{уч}} = P_{\text{пр}} f_{\text{пр}},$$

где $P_{\text{пр}}$ – количество производственных рабочих на участке;
 $f_{\text{пр}}$ – удельная площадь на одного рабочего (10 – 15 м²).

Для уточненных расчетов площадей участков, выполняемых на стадии технического проекта, необходимо знать площадь пола, занятую оборудованием, и соответствующих коэффициент на рабочие места, проходы, проезды, который увеличивает площадь участка в 1,5 – 2 раза. Окончательно площадь участка определяют при разработке плана расстановки оборудования. Далее, суммируя площади под оборудование по каждому участку и, используя коэффициент рабочих зон, проходов и проездов, получают площадь ремонтного предприятия.

Для рационального размещения оборудования в соответствии с принятой технологией ремонта строят схему грузопотоков и исходят из того, чтобы по возможности не было встречных потоков грузов. Лучшим является такой вариант, при котором транспортные перевозки будут наименьшими при наикратчайших транспортных маршрутах. Металлообрабатывающие станки размещают по группам (токарные, фрезерные, шлифовальные и т.д.) и детали перевозят для обработки от одной группы станков к другой.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА МАШИН

Методы ремонта оборудования

При индивидуальном методе ремонта все узлы и детали машины после ремонта устанавливают на те же машины, с которых они были сняты. Этот метод ремонта выполняется как универсальными, так и специализированными ремонтными бригадами. В первом случае ремонтная бригада разбирает машину на узлы, а затем на детали, которые направляются для ремонта в соответствующие отделения. Универсальную ремонтную бригаду комплектуют высококвалифицированными рабочими, т.к. каждый член бригады должен уметь отремонтировать любой узел.

Специализированные бригады выполняют индивидуальные ремонтные работы: разборно-сборочные, ремонт узлов и т.д. Они специализируются на ремонте определенных узлов или групп узлов, близких по технологическим признакам. Имеют более прогрессивную организацию труда, т.к. имеют повышен-

ную производительность труда, лучшее качество ремонта, машина меньше простаивает в ремонте, ремонт обходится дешевле.

Индивидуальный метод ремонта применяют для ремонта уникальных машин и для ремонта многомарочного парка оборудования. Основным недостатком этого метода является длительный простой машин в ремонте и трудность планирования ремонтного предприятия.

Обезличенный метод ремонта предусматривает ремонт узлов и машины в целом, в основном, за счет сборки из заранее отремонтированных деталей и узлов, поступающих из сборочного фонда и частично из новых деталей и узлов. При этом допускается взаимозаменяемость деталей и узлов, а снятые с ремонтируемой машины детали и узлы поступают в ремонт обезличенно. В результате сокращается пребывание машины в ремонте. Этот метод ремонта является более прогрессивным, но требует создания необходимого парка оборотных узлов и деталей.

Обезличенный метод ремонта позволяет организовать ремонт машины и узлов на потоке и имеет несколько разновидностей.

При агрегатно-узловом методе ремонта узлы обезличивают, ремонтируют и хранят как запасные. Ремонт узлов и деталей не задерживает ремонт машины, т.к. узлы и детали поступают на сборку со склада или после ремонта. По сравнению с индивидуальным этот метод значительно сокращает время ремонта, создает условия для специализации рабочих и более равномерной загрузки ремонтного предприятия.

Метод периодической замены ремонтных комплектов (ПЗРК) является разновидностью агрегатно-узлового и заключается в том, что узлы, подлежащие ремонту, заменяют по мере их изнашивания в зависимости от срока службы, а не от износа, и преимущественно в нерабочее время.

Механизация ремонтных работ

Механизация ремонтных, а также транспортных и такелажных работ значительно сокращает сроки ремонта.

При монтажных и демонтажных работах для подъема и опускания тяжеловесного оборудования широко применяют реечные, винтовые или гидравлические домкраты грузоподъемностью до 60 кН и высотой подъема груза до 2 м, ручные или приводные лебедки и тали грузоподъемностью до 75 кН. Лебедки и тали используют также для подтаскивания грузов. При ремонте и монтаже оборудования применяют краны различных конструкций (мостовые, козловые, поворотные настенные, однобалочные краны, кран-балки). Иногда краны устанавливают около или на тяжеловесном оборудовании.

Значительно ускоряет и облегчает выполнение тяжелых и трудоемких операций применение соответствующих ручных и механизированных машин: обрубочных, зачистных, опиловочных, сверлильных, резьбонарезных, шабровочных, притирочных и других машин. Наиболее экономичными являются ручные машины с электрическим приводом. Пневматические машины легче электрических, безопасны и удобны в работе, не боятся перегрузок, широко используются в сырых помещениях, в местах расположения горючих материалов.

Ручные машины с гидравлическим приводом распространены меньше и используются для наиболее трудоемких операций, например, при затяжке крупных резьбовых соединений.

Сборка резьбовых соединений выполняется ручными гайко-, шпилько- и шуруповертами. Для получения отверстий в деталях машин, их зенкования и развертывания используют электрические и пневматические сверлильные машины. Сборка и разборка заклепочных соединений выполняется клепальными и рубильными молотками. Для удаления ржавчины, снятия шлака после сварки используют ручные шлифовальные машины. Для резки листового металла применяют вырубные (долбление пуансоном) и прорезные ножницы. Резку металла можно осуществлять механизированной пилой.

Сетевое планирование при ремонте оборудования

Сетевой график – это графическое изображение комплекса работ, показывающего их логическую, временную и технологическую последовательность и взаимосвязь.

Для составления сетевого графика используют ряд условных обозначений и понятий. График состоит из кружков (или квадратов) и соединяющих их линий. Кружок обозначает конечный результат работ или событие – факт окончания одной или нескольких работ. Линия со стрелкой обозначает работу – производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов. Любая такая линия соединяет два события (начальное и конечное). Все события обозначаются цифрами. Номера позиций присваиваются такими, чтобы номер предыдущего события был меньше номера последующего события. Работа обозначается двумя цифрами – номерами предыдущего и последующего событий. Наименование работ может быть написано непосредственно над линией со стрелкой.

Работы имеют различный характер и обозначаются по разному.

1. Производственный трудовой процесс, т.е. работа, требующая затрат времени и труда, обозначается сплошной линией со стрелкой.

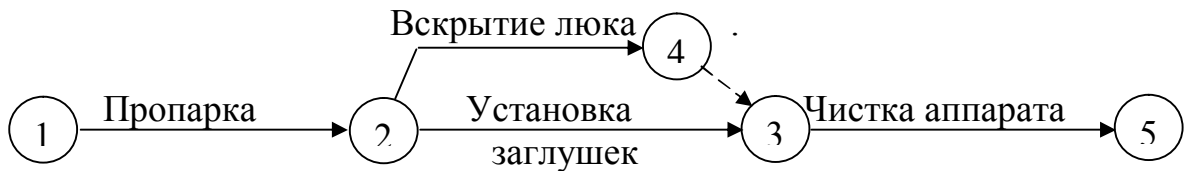
2. Ожидание – работа, не требующая затрат труда, но занимающая время, например, для застывания бетона или высыхания краски, обозначается штрих – пунктирной линией со стрелкой.

3. Зависимость или фиктивная работа – связь между событиями, не требующая затрат времени и ресурсов и указывающая, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от результатов других работ, показывает точную очередность выполнения работ и обозначается пунктирной линией со стрелкой.

4. Поставка оборудования или материалов также относится к работе.

Сетевой график строится по следующим правилам.

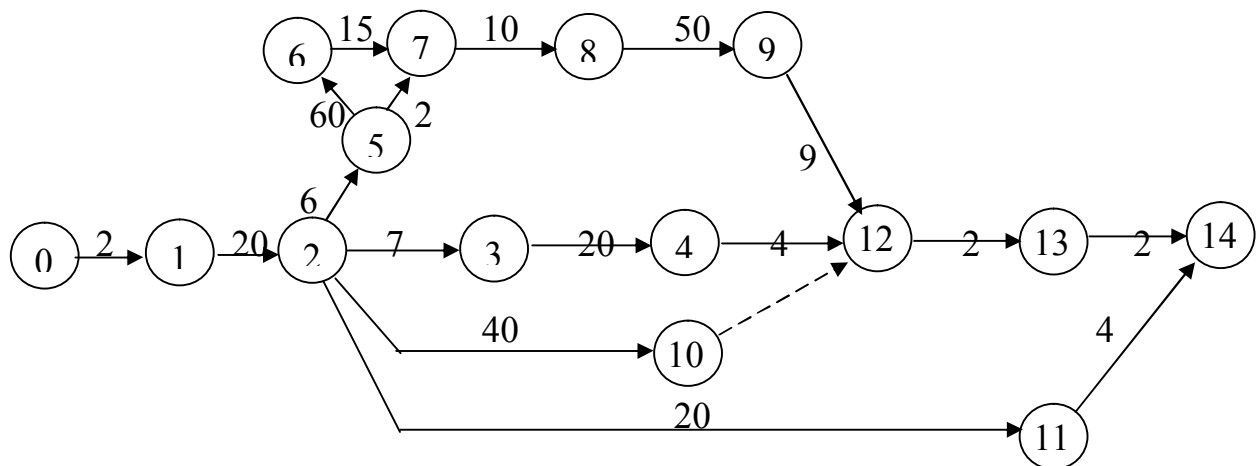
1. Обычно направление стрелок принимается слева направо. Большинство работ обозначаются горизонтальными линиями. Одновременно выполняемые работы обозначаются параллельными линиями. Кроме того, вводятся дополнительное событие или зависимость. Например, на рисунке между событиями 2 и 3 необходимо выполнить две параллельные работы: 2 – 3 и 2 – 4. Эти работы изображены параллельными линиями. Для изображения второй работы введено



дополнительное событие 4 и пунктирной линией со стрелкой обозначена зависимость 4 – 3, которая указывает, что событие 4 не наступит до тех пор, пока не наступит событие 4. То, что зависимость 4 – 3 не является действительной работой, видно по отсутствию наименования на пунктирной линии.

Непрерывная последовательность работ в сетевом графике называется путем. Длина пути определяется суммой продолжительностей работ, которые его составляют. Путь наибольшей длины между начальным и конечным событиями называется критическим. Работы, лежащие на критическом пути, называются критическими. Общая продолжительность работ зависит от критических работ. Критический путь изображается утолщенной или двойной линией. Некритические пути имеют запас времени по сравнению с критическим путем.

При составлении сетевого графика допускается любая степень его детализации. Продолжительность каждой работы и требуемое количество основных рабочих определяют на основании норм.



Сетевой график ремонта ректификационной колонны

Шифр
работы

Наименование работы

0 – 1	Отглушка аппарата
1 – 2	Пропарка, промывка
2 – 3	Демонтаж предохранительного клапана и запорной арматуры
3 – 4	Ревизия и ремонт предохранит. клапана и запорной арматуры
2 – 5	Вскрытие люка
5 – 6	Разборка тарелок
6 – 7	Чистка тарелок, сливных стаканов, куба колонны
5 – 7	Ревизия корпуса колонны
7 – 8	Ремонт штуцеров, люков, деталей тарелок
8 – 9	Сборка тарелок
9 – 12	Закрытие люков
2 – 10	Ремонт и монтаж трубопроводов и металлоконструкций

2 – 11	Ремонт изоляции
4 – 12	Установка предохранительного клапана и запорной арматуры
12 – 13	Опрессовка, устранение дефектов
13 – 14	Снятие заглушек
11 – 14	Окраска

Приемка и подготовка машин к ремонту

Перед разборкой машины для последующего ремонта необходимо проверить ее работу вхолостую и при полной нагрузке. При этом проверяют состояние машины и выявляют ее основные дефекты путем внешнего осмотра, по шумам, ударам, вибрациям, по нагреву трущихся поверхностей, по технологическим показателям, а также путем опроса рабочих, обслуживающих данную машину. Приемку машины в ремонт оформляют соответствующим актом, в котором отмечают срок службы машины после предыдущего ремонта, состояние базовых деталей, комплектность машины и выявленные дефекты.

С целью очистки машины от грязи и масел ее подвергают наружной мойке, которую выполняют в зависимости от условий эксплуатации и конструктивных особенностей насосами низкого (0,2 – 0,4 МПа) или высокого (1,5 – 2,0 МПа) давления. Первый способ применяют в тех случаях, когда оборудование ремонтируют непосредственно на рабочем месте, второй – при капитальном ремонте оборудования в условиях ремонтного производства.

Наружную мойку выполняют вручную с применением скребков, щеток и подачей воды из водопровода или от моечной машины или механизированным способом – в моечных машинах. Поступившую в ремонт машину протягивают лебедкой или напольным конвейером внутрь моечной камеры, где на нее со всех сторон подают под давлением струи горячего раствора едкого натра или чистой воды. Мойка заканчивается, когда машина будет вымыта и высушена горячим воздухом.

Разборка оборудования на узлы и детали

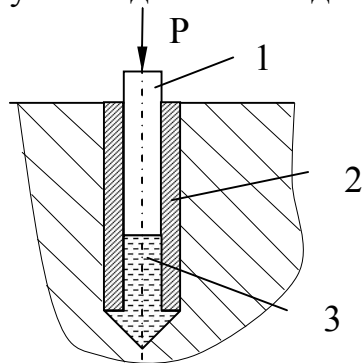
Разборочные работы составляют примерно 10 – 15 % всего объема работ при капитальном ремонте. Качество ремонта во многом зависит от качества разборки, сохранения деталей от повреждения. Порядок разборки машины зависит от ее конструктивных особенностей и выполняется в последовательности, предусмотренной технологическим процессом. Если машина сложна, то составляют схему ее разборки по узлам, а узлов – на детали по технологическим картам. Соблюдение технологических процессов сокращает время на разборку, повышает производительность труда и качество разборки, облегчает производственный процесс.

К основным работам относятся те, которые изменяют конструктивные особенности машины, ее агрегатов и узлов, т.е. сам процесс разборки. К вспомогательным относятся работы, связанные с перемещением, установкой, и креплением на стендах разбираемых агрегатов и узлов. Все соединения деталей, которые необходимо разобрать, подразделяются на неподвижные и подвижные, которые, в свою очередь, подразделяются на разъемные и неразъемные. Если

разборка подвижных соединений (поршень – цилиндр, шаровые опоры и т.п.), как правило, не вызывает никаких затруднений, то для разборки соединений других видов необходимо применять специальные приемы.

Разборочные операции соединений с гарантированным натягом нуждаются в использовании специального оборудования и приспособлений, а также специального прессового оборудования. Для выпрессовки деталей широко используют съемники, которые ускоряют разборку и предохраняют детали от повреждения. Съемники делят на специальные и универсальные. Специальные съемники предназначены для выпрессовки деталей определенного типоразмера, а универсальные – для выпрессовки различных деталей. Особенно распространены съемники с винтовыми механизмами, которые бывают следующих типов: двухтяговые (двухлапчатые), трехтяговые (трехлапчатые) и др.

Пневматические и гидравлические съемники по сравнению с винтовыми значительно облегчают труд рабочего и более производительны. Пневматические съемники работают при давлении 0,5 – 0,6 МПа, отличаются значительными габаритами и массой и в ряде случаев не могут обеспечить необходимого усилия для снятия деталей.



Значительные трудности при разборке узлов вызывает выпрессовка деталей из глухих отверстий. Соединительные детали при этом удаляют выпрессовкой, расточкой или высверливанием. При выпрессовке втулок из глухих отверстий прилагают достаточное усилие P к головке стержня 1. При этом втулка 2 выпрессовывается вследствие противодействия масла 3, находящегося в отверстии.

При горячих прессовых посадках соединения разбирают в нагретом состоянии, поливая охватываемую поверхность маслом при температуре 80 – 100 °С.

При разборочных работах широко используются гаечные, торцовые, трещоточные, шпилечные и специальные ключи. Для ускорения процесса разборки целесообразно использовать электрические и пневматические гайковерты. Для облегчения отвинчивания корродированных винтов или гаек после их длительной эксплуатации во влажной атмосфере или агрессивной среде резьбовые соединения целесообразно смочить керосином в течение 20 – 30 минут. Облегчает работу также нагревание гайки, но при этом следует избегать возникновения цветов побежалости (перегрева) и не нагревать винт.

Шпильки вывертываются при помощи специального инструмента и приспособлений.

При индивидуальном ремонте детали при разборке нумеруют специальным клеймом, керном или краской, чтобы при сборке соединить их по маркировке. Во избежание порчи деталей маркировку наносят на нерабочие поверхности.

Детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе (совместно), а также детали, приработавшиеся во время эксплуатации и годные к дальнейшей работе, раскомплектовывать не рекомендуется.

Очистка, мойка и обезжиривание деталей

После разборки узлов и агрегатов перед дефектовкой все детали чистят следующими способами: вываркой, мойкой и удалением нагара и ржавчины.

Выварку деталей ведут в специальных ваннах с щелочным раствором (10 % каустической или кальцинированной соды) или синтетическими моющими препаратами при температуре 80 – 90 °С в течение 6 – 20 часов в зависимости от загрязнения.

Мойку деталей выполняют горячей водой или щелочными растворами с добавлением эмульгаторов, жидкого стекла, хозяйственного мыла и др. в противнях, баках, моечных ваннах и машинах. Иногда детали моют керосином, дизельным топливом или бензином вручную с использованием скребков и щеток. Этот метод непроизводителен и пожароопасен.

В специальных моечных машинах детали чистят с помощью струй жидкости, вибраций и ультразвука.

Струйная мойка деталей наиболее эффективна и широко используется в ремонтном производстве. Моечные машины делятся на одно- и многокамерные, периодического и непрерывного действия, разнообразны по конструкции. Наиболее распространены двухкамерные моечные машины, в которых в первой камере выполняется мойка раствором, во второй – горячей водой.

Ультразвуковая очистка деталей широко применяется в ремонтном производстве для мелких деталей со сложной конфигурацией, требующих особо тщательной очистки поверхности. При использовании ультразвука в моющей среде возникают колебания, вызывающие кавитационные явления, способствующие отрыву частиц жира и накали от поверхности деталей.

Вибрационная очистка деталей основана на воздействии на очищаемую поверхность механических колебаний, сообщаемых вибратором. Колебательные движения баку моечной машины передаются через мембрану, расположенной внизу или сбоку бака. Частота вибраций $\cong 20$ Гц, амплитуда колебаний - до 20 мм. Возникающие турбулентные потоки жидкости повышают качество и производительность очистки

Очистку деталей от нагара выполняют также механическим, физико-химическим и ультразвуковым способами.

При механическом способе нагар удаляют вручную скребками из твердого дерева или алюминия или металлическими щетками. В недоступных местах нагар удаляют выжиганием в печах при температуре 600 – 700 °С или ацетиленово-кислородным пламенем. Химико-химический способ удаления нагара заключается в выдерживании деталей в ванне с концентрированными щелочами (35 % кальцинированной + 25 % каустической соды) при температуре 80 – 90 °С. Затем детали промывают слабощелочным раствором. Наилучшим растворителем нагара является трихлорэтилен (пожаробезопасен, но ядовит), снимающий нагар за 3 – 7 минут. Поэтому при его использовании требуется специальное герметичное оборудование.

Контроль и дефектовка деталей

Дефектовка – это 1) определение технического состояния деталей; 2) сор-

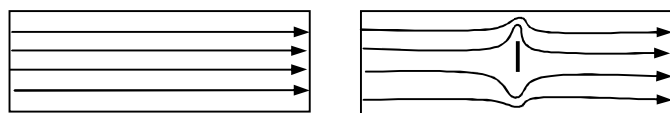
тировка их на годные, требующие ремонта и негодные; 3) определение маршрута восстановления деталей.

К годным относятся те детали, у которых отклонения в размерах и форме находятся в пределах допустимого износа. Подлежат ремонту детали, износ которых выше допустимого, или имеются другие восстанавливаемые дефекты. Негодными деталями считаются те, восстановление которых невозможно или экономически нецелесообразно.

Детали дефектуют и контролируют визуально, при помощи мерительного инструмента или с применением приспособлений и измерительных приборов.

1. Гидравлическим и пневматическим методами контролируют детали и узлы на герметичность, выявляют трещины в корпусных деталях и сосудах.

2. Магнитный метод дефектоскопии основан на появлении магнитного поля рассеивания при прохождении через дефектную деталь магнитного потока. В результате на их поверхности над дефектом изменяется направление линий магнитного поля вследствие неодинаковой магнитной проницаемости.



Поверхность детали покрывают ферромагнитным порошком (прокаленной окисью железа)

Направление магнитных силовых линий или суспензией, состоящей из 2 а) в целом металле б) в металле с трещиной частей керосина, 1 части транс-форматорного масла и 35 – 45 г/л мелкодробленого ферромагнитного порошка. При наложении магнитного поля мельчайшие частицы порошка концентрируются над трещиной и этим ее обнаруживают. Для более четкого выявления трещины на светлых деталях рекомендуется применять черные магнитные порошки, на темных поверхностях – красные (железный сурик).

3. Люминесцентный метод контроля деталей основан на способности некоторых веществ флюоресцировать (поглощать) лучистую энергию и отдавать ее в виде светового излучения при возбуждении вещества ультрафиолетовыми лучами.

На поверхность исследуемой детали наносят слой флуоресцирующей жидкости, которая за 10 – 15 минут проникает во все поверхностные дефекты. После этого излишек жидкости удаляют с поверхности. На протертую поверхность наносят тонкий слой проявляющего порошка, который вытягивает из трещин и других дефектов проникшую туда флуоресцирующую жидкость. При облучении поверхности детали ультрафиолетовым светом те места, из которых вытянута флуоресцирующая жидкость, начинают светиться, указывая на наличие дефектов.

В качестве флуоресцирующей жидкости применяют смесь из 85 % керосина, 15 % маловязкого минерального масла с добавкой 3 г/л эмульгатора ОП – 7. Проявляющие порошки состоят из силикагеля или оксида магния.

Сущность метода дефектовки краской заключается в том, что обезжиренную поверхность детали окрашивают специальной ярко-красной жидкостью, обладающей хорошей смачиваемостью и проникающей в мельчайшие поры в течение 10 – 15 минут. Затем ее смывают с детали и последнюю окрашивают белой нитроэмалью, которая впитывает в себя проникшую в дефекты детали

красящую жидкость. Выступающая на белом фоне детали окрашенная жидкость указывает на форму и величину дефектов. На этом принципе основано определение дефектов с помощью керосина и меловой обмазки.

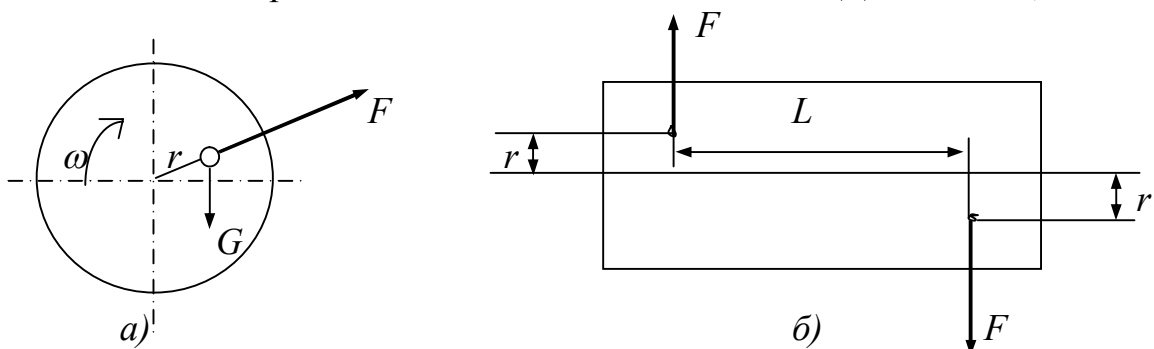
4. Ультразвуковой метод контроля основан на отражении ультразвуковых колебаний от имеющихся внутренних дефектов детали при прохождении колебаний через металл вследствие резкого изменения плотности среды. Существуют два способа ультразвуковой дефектоскопии: звуковой тени и отражения импульсов. При способе звуковой тени звуковые волны отражаются от дефекта и не попадают на приемную пьезоэлектрическую пластинку. При способе отражения импульсов ультразвуковые волны отражаются от дефекта и попадают на приемную пластину.

5. Контроль рентгеновскими лучами основан на свойстве электромагнитных волн по разному поглощаться газами и металлами. Проходящие через материал лучи незначительно теряют свою интенсивность, если на их пути встречаются трещины, раковины, пустоты. Выделяющиеся на экране светлые или, наоборот, темные пятна или полосы указывают на наличие дефектов в материале. Данный процесс сложен, опасен и применяется при ремонте редко.

Балансировка деталей и узлов машины

Балансировка является способом восстановления динамической и статической уравновешенности деталей, которая утрачивается в результате неравномерного износа поверхностей, в результате ремонтной операции или в результате сборки. Неуравновешенные массы приводят к появлению центробежных сил, которые вызывают вибрацию и преждевременный выход из строя. Возможна неуравновешенность двух типов.

Для деталей, близким по форме к тонким дискам, характерна неуравновешенность, проявляющаяся в смещении центра тяжести детали от оси вращения и появлении центробежной силы в одной плоскости.. Для деталей, имеющих



значительную длину в осевом направлении, неуравновешенные силы возникают в различных сечениях.

Дисбаланс измеряется статическим моментом

$$D = G r = m R.$$

При вращении неуравновешенного диска в нем возникает центробежная сила

$$F = \frac{G}{g} r \omega^2 = \frac{G \cdot r}{g} \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2,$$

где G – вес детали, Н;

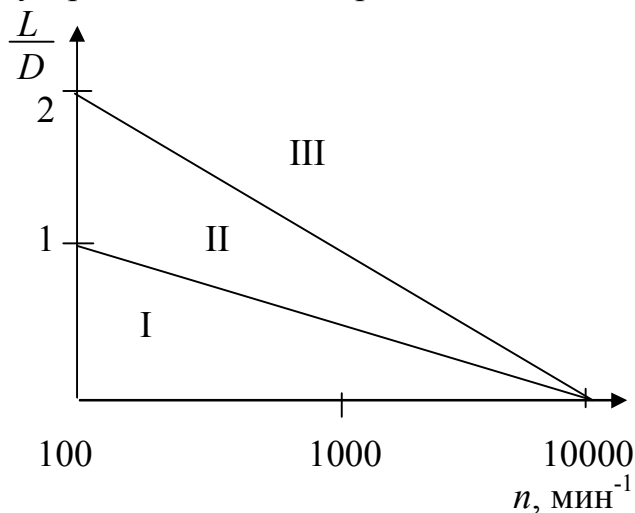
r – смещение центра тяжести детали от оси вращения, м;
 m – уравнивающая сила Н;
 R – радиус вращения уравнивающего груза, м;
 ω, n – угловая скорость вращения детали, рад/с, мин⁻¹;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

При динамической несбалансированности к детали приложены два в первом приближении одинаковых груза на расстоянии L друг от друга и на расстоянии r от оси вращения. В этом случае деталь будет статически сбалансирована, но во время вращения в ней возникнет неуравновешенный момент пары сил

$$M = \frac{Q}{g} r \cdot \omega^2 \cdot L,$$

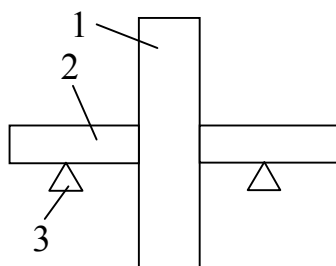
где G – вес одного из грузов, вызывающих динамическую несбалансированность.

На практике часто встречается смешанная неуравновешенность. Для ее устранения сначала проводится статическая балансировка, а затем динамическая.

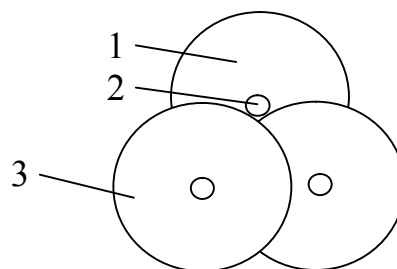


На графике приведены границы статической и динамической балансировки в зависимости от частоты вращения детали и отношения L/D . Область III соответствует большим значениям L/D и n и является областью динамической балансировки. Область I соответствует малым значениям L/D и n и соответствует статической балансировке. Область II является промежуточной зоной, в которой малоответственные детали уравнивают статической балансировкой, ответственные – динамической.

Статическую балансировку выполняют на стендах с установленными двумя призмами или роликами (дисках) с малым сопротивлением трения в опорах.



1 – маховик; 2 – оправка; 3 – призма



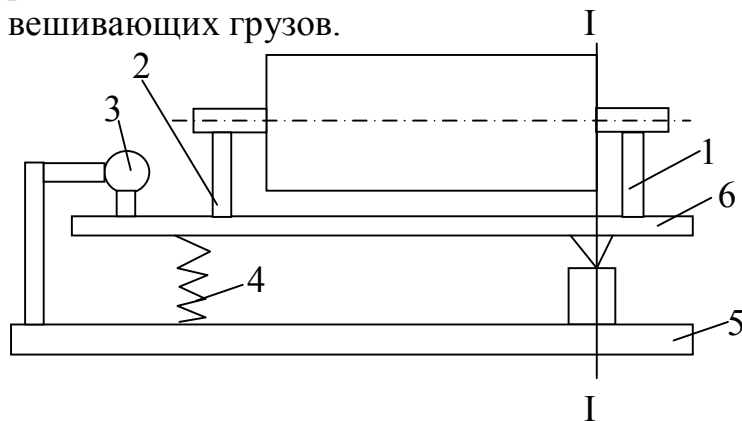
1 – маховик;
 2 – оправка;
 3 – ролик

Отклонения призм от горизонтального положения не должно превышать 0,02 мм на 1 м длины, допустимая непараллельность призм или роликов не более 1 мм на 1 м длины, ось вала должна быть перпендикулярна призмам. Точность балансировки деталей зависит от силы трения между призмами или роликами и шейками вала или оправки, на которую устанавливается балансируемая деталь. Поэтому предпочитают балансировку деталей на роликах.

Для статической балансировки ширина рабочих поверхностей ножей

Масса детали, кг	до 3	до 30	до 300
Ширина, мм	0,3	3	10.

Дисбаланс устраняется снятием (высверливанием, опиловкой) металла на тяжелой стороне детали или постановкой (приваркой) дополнительных грузов на облегченной стороне, пока деталь не уравновесится. Динамическая балансировка заключается в создании дополнительной пары сил при помощи уравновешивающих грузов.



Динамическую балансировку выполняют на специальных балансировочных станках (станках). Схема действия одного из них приведена на рис. Деталь размещается на подшипниках 1 и 2, установленных на качающейся раме 6. Рама одной точкой опирается на станину 5

станка, а другой поддерживается пружиной 4. При вращении детали неуравновешенная масса любого ее участка, кроме лежащего в плоскости I – I, под действием сил инерции и их моментов вызывает колебания подвижной рамы 6. По амплитуде колебаний, фиксируемых индикатором 3 (амплитудометром) судят о наличии дисбаланса в начале процесса. Принимая соответствующие меры по уравниванию, добиваются прекращения колебания сначала одной из опор, а затем – другой. Имеются и другие принципиальные схемы и конструкции станков и стендов, работающих по механической и электрической схемам, с двумя качающимися (пружинными) опорами, а также специальные балансировочные станки для коленчатых валов, карданных валов и др.

Подборка и комплектовка (комплектование) оборудования

Комплектовка – это комплекс работ, связанных с контролем, подбором и пригонкой полного комплекта деталей, входящих в узел или агрегат, с целью получения заданного вида сопряжения и ускорения сборочных операций в соответствии с ТУ на сборку машины. Необходимость контроля и подбора деталей вызвана тем, что при ремонте машины используют как новые детали, так и детали с допустимым износом и восстановленные детали.

Комплектовка зависит от принятого способа дефектовки деталей и метода сборки машины. Так, при необезличенных деталях дефектовку, комплектацию и сборку их выполняют для каждого узла и агрегата в отдельности. Если же дефектовка и сборка ведется при полном обезличивании деталей, то комплектацию по узлам предусматривают также обезличенным методом с селективным подбором сопряженных деталей.

Существуют три способа комплектровки деталей и узлов.

1. Подбор – к базовой детали узла или агрегата подбирают сопряженные детали так, чтобы получить нормальный зазор (или натяг) в сопряжении.

2. При селективном (собирательном) способе комплектовки деталей поля допусков размеров обеих сопрягаемых деталей разбивают на несколько интервалов и детали сортируют в соответствии с этими интервалами на размерные группы. В каждую группу входят детали, фактические размеры которых лежат в поле суженного поля допусков. Размерные группы маркируют цифрами, буквами, краской.

3. Смешанный способ комплектовки (способ ограниченной взаимозаменяемости) допускает одновременность применения указанных выше способов. Особо ответственные детали комплектуют селективным подбором, а менее ответственные – простым подбором. Такой способ наиболее применен на ремонтном предприятии.

Подбор деталей по массе осуществляют у деталей, которые входят в состав узлов, подвергающихся статической и динамической балансировке. Такие детали (ударные молотки, била, пальцы дисмембраторов, дезинтеграторов и др.) разбивают на группы по массе, маркируют принятыми обозначениями, по которым собираются группы деталей в один узел.

При комплектовании зубчатых передач контролируют их радиальное ($0,03 - 0,04$ мм на 100 мм диаметра) и торцевое биение ($0,06 - 0,08$ мм на 100 мм диаметра), а затем проверяют на издаваемый ими уровень шума. О пригодности зубчатых колес к работе судят, в основном, по износу зуба по толщине, которую для цилиндрических колес выполняют штангенциркулем, зубомером, или шаблоном в двух сечениях и по начальной (делительной) окружности.

Погнутость валов проверяют на биение в центрах токарного или специального станка с использованием индикатора, закрепленного на специальной стойке. Овальность и конусность шеек вала определяют микрометром замером в двух сечениях, отстоящих от галтелей на 10 – 15 мм. В каждом сечении измерение производят в двух перпендикулярных плоскостях.

Предельные размеры посадочных мест шлицев, шпоночных канавок оценивают при помощи предельных скоб, шаблонов и другого мерительного инструмента.

В подшипниках качения проверяют радиальный и осевой люфты с помощью специальных приспособлений. При внешнем осмотре проверяют наличие цветов побежалости, трещины и др.

Баббитовые подшипники скольжения подлежат перезаливке, если баббит раздроблен, толщина заливки менее 1,5 мм, а масляные ванны неравномерны.

Для облегчения сортировки после дефектовки детали маркируют соответствующей краской: зеленой – годные; красной – бракованные; желтой – годные только при сопряжении с новой или отремонтированной до номинальных размеров деталью; белой – подлежащие ремонту.

Методы сборки

Сборка машины – это соединение деталей в узлы, узлов и деталей – в агрегаты, а последних с узлами и деталями – в машину с соблюдением всех кинематических схем, характеров посадок в соответствии с ТУ на ремонт машины.

1. Сборка по методу индивидуальной пригонки выполняется пригонкой соединяемых деталей при обработке их на станках или дополнительной слесарной обработкой. Этот метод наименее экономичен и ограничивается применением в условиях индивидуального мелкосерийного производства.

2. Сборка с применением полной взаимозаменяемости выполняется соединением любых из предельного множества деталей без пригонки, без подбора и других дополнительных работ с полным соблюдением при этом технических требований, предъявляемых к собираемому узлу или к машине в целом. Этот метод наиболее пригоден для крупносерийного производства и требует высокой точности обработки и сужения допусков на размеры обработанных поверхностей.

3. Сборка с применением ограниченной взаимозаменяемости применяется в одном из трех случаев:

а) при дополнительной обработке в процессе выполнения сборочной операции одной из деталей, входящих в данное соединение;

б) при использовании компенсаторов;

в) при частичном подборе парных деталей.

В этом случае качество сборки в значительной мере зависит от опыта и квалификации комплектовщиков и сборщиков, что достигается при достаточно глубокой специализации.

4. Комбинированный метод сборки заключается в том, что детали сортируют по группам, затем по наилучшим вариантам, используя при этом точные контрольные приборы. Специфика сборки машины во время ремонта заключается в том, что она выполняется из трех групп разнородных деталей: новых, отремонтированных и бывших в употреблении с допустимым износом и годных к дальнейшей эксплуатации. Такая неоднородность деталей требует проведения при сборке дополнительных пригоночных и контрольных операций.

Неподвижными компенсаторами называют добавочные детали различных размеров, которые подбираются с возможностью соблюдения условий на возможные отклонения размерной цепи. Подвижные компенсаторы – это стопорные винты, клинья, натяжные гайки и др.

Формы организации сборочного процесса

В зависимости от масштаба производства, размера программы и конструктивных особенностей собираемых машин, применяют следующие формы организации сборочного процесса.

1. Концентрированная форма организации сборочного процесса заключается в том, что всю сборку выполняет одна бригада высококвалифицированных рабочих, которая последовательно выполняет все виды слесарно-сборочных и регулировочных работ, проводит испытания отдельных узлов и агрегатов и машины в целом.

Она применяется в единичном производстве при проведении ремонта силами ремонтно-механических цехов, или силами специализированного ремонтного предприятия на месте установки оборудования.

2. Дифференцированная форма организации сборочного процесса характеризуется сборкой узлов и агрегатов на специализированных рабочих местах и доставкой их на место сборки оборудования. Высшая форма дифференциации сборки ремонтируемого оборудования достигается при поточном производстве, когда процесс сборки расчленяется на отдельные мелкие операции, выполнение которых точно регламентировано временем.

При стационарном процессе сборки машину собирают на неподвижном стенде (посту), к которому подвозят детали, узлы, агрегаты, и выполняют все сборочные операции последовательно. Дифференцированную стационарную сборку широко применяют при ремонте машины на месте или в РМЦ. Иногда стационарную сборку машин выполняют поточным способом на неподвижных рабочих постах.

При подвижном процессе сборки рабочий специализируется на выполнении определенных операций. На каждом рабочем посту выполняется одна постоянно повторяющаяся операция. По мере выполнения операций на одном рабочем месте ремонтируемая машина передвигается к следующему посту. Подвижная сборка выполняется при непрерывном или периодическом передвижении собираемой машины на конвейере. При периодическом передвижении сборка выполняется во время остановки конвейера. При непрерывном передвижении собираемого объекта на конвейере перемещается подвижная платформа или сборочный подвижный стенд.

3. Комбинированная форма организации сборки основана на концентрированной стационарной сборке узлов и дифференцированной подвижной сборке этих узлов и агрегатов в машины.

Сборка неразъемных и разъемных соединений

Сборка неразъемных соединений выполняется сваркой, клепкой, пайкой или клеем. Сварные соединения можно собирать при закреплении элементов струбцинами. При сборке ответственных конструкций больших размеров производят предварительную прихватку элементов, проверку их расположения и геометрических размеров всей конструкции. Заклепочные соединения собирают сначала сборочными болтами, а затем эти болты по мере поставки заклепок снимают и устанавливают заклепки.

К числу разъемных соединений относятся резьбовые соединения (болты, шпильки и т.д.), шпоночные и шлицевые, а также все соединения деталей с гарантированным натягом. Болты, шпильки должны входить в совмещаемые отверстия соединяемых деталей с соблюдением установленных для них посадок. При сборке болтовых соединений гайки затягиваются равномерно, при многоболтовом соединении гайки затягиваются в разбивку, с противоположных концов.

В резьбовых соединениях, работающих в механизмах с большими постоянными вибрациями, при пульсирующей и знакопеременной нагрузке, необходимо применять стопорение резьбовых соединений контргайками, шплинтами или деформирующимися шайбами. При сборке после ремонта все шплинты заменяются новыми, а при сборке шпоночных соединений требуется дополни-

тельная обработка и пригонка их по месту (скругление граней шпонок, удаление заусенцев пазов и др.).

Порядок сборки шпоночных соединений определяется их конструкцией и характером сопряжения. Зазор между верхней гранью призматической шпонки и основанием паза в ступице принимают в зависимости от диаметра вала от 0,3 ($\varnothing$ 25 – 90 мм) до 0,5 мм ($\varnothing$ >170 мм). Боковые грани клиновой шпонки должны иметь зазоры не более 0,3 – 0,6 мм в зависимости от размера шпонки. Шпонки размером более 25x16 мм во время пригонки проверяют на краску. Клиновую шпонку необходимо забивать с торца вала так, чтобы от ее головки до ступицы оставался зазор не менее 0,1 – 1 высоты шпонки. Тангенциальные шпонки устанавливают так же, как и клиновые, но независимо от размера шпонок все их трущиеся поверхности проверяют на краску. В шпоночных соединениях не допускается плотная посадка. Во избежание выхода клиновых шпонок из соединения иногда у их головок устанавливают упоры, закрепляемые винтами.

В шлицевых соединениях на их поверхности не должно быть забоин, заусенцев и острых краев. При сборке подвижных шлицевых соединений детали на шлицевом валу должны свободно перемещаться, но не иметь люфта. Туго-разъемные шлицевые соединения при сборке напрессовывают (желательно подогретыми до температуры 90 – 160 °С в воде или масле). При сборке ответственных шлицевых соединений их дополнительно проверяют на краску.

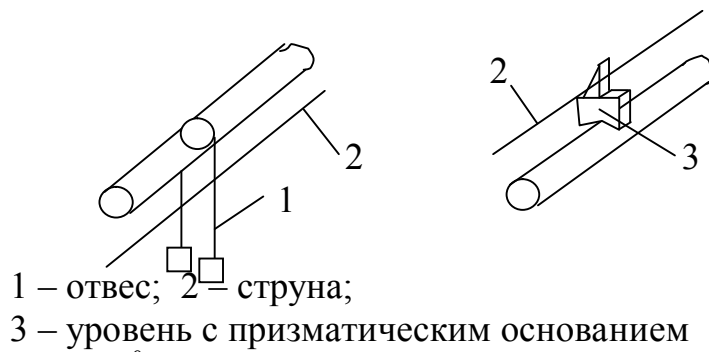
Соединения с гарантированным натягом выполняют прессовой или горячепрессовой посадками. Детали малого диаметра при соединении с небольшим натягом сопрягают легкими ударами молотка через прокладку из мягкого материала, а также ручным, реечным или гидравлическим прессом. При значительных натягах детали напрессовывают прессом с механическим или гидравлическим приводом. При необходимости предварительно подогревают охватываемую деталь или охлаждают охватывающую. Способ запрессовки деталей путем охлаждения охватываемой детали менее распространен и применяется в тех случаях, охватываемую деталь нельзя нагреть, т.к. она покрыта защитным слоем, например, гуммирована. Охлаждают детали до температуры от 200К до -80К в среде жидкого воздуха или азота (80К), жидкого кислорода (87К), сухого льда – твердого диоксида углерода (200К). В некоторых случаях, когда посадочный зазор не обеспечивается только охлаждением охватываемой детали, дополнительно нагревают охватывающую деталь.

Установка валов

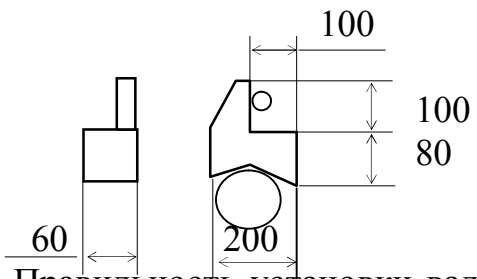
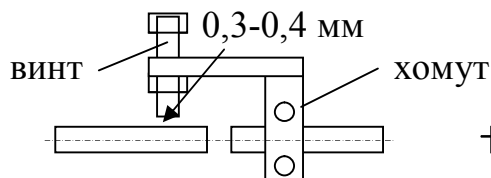
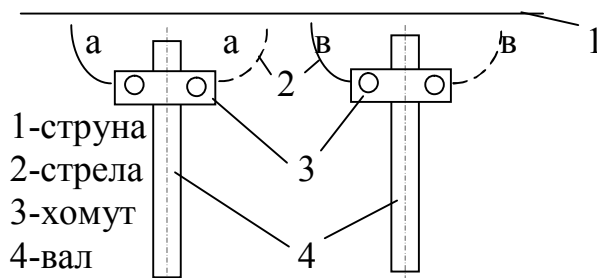
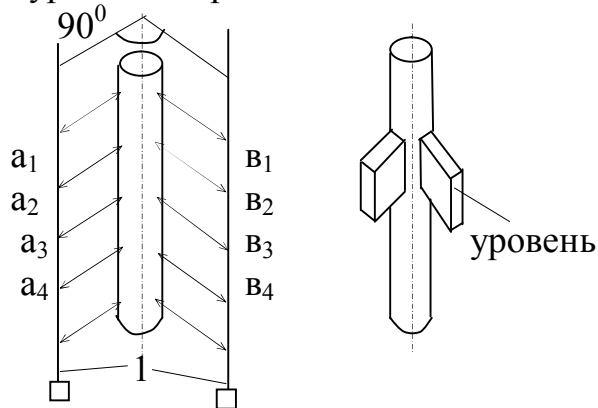
При установке валов добиваются:

- 1) равномерности прилегания их трущихся поверхностей (цапф, шеек) к подшипникам, например, с помощью краски.
- 2) правильного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- 3) соосности всех валов последовательно соединяемых агрегатов и узлов;
- 4) необходимой легкости и плавности их вращения.

Правильность установки валов в горизонтальной плоскости проверяют по отвесам или с помощью уровней с призматическим основанием.



1 – отвес; 2 – струна;
3 – уровень с призматическим основанием



Правильность установки валов в вертикальной плоскости проверяется при помощи отвесов или рамным уровнем. В первом случае расстояние между отвесами и валом должно быть $a_1 = a_2 = a_3 = a_4$ и $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$.

Правильность валов и осей проверяют штихмасом (нутромером), или с помощью струн.

Струна 1 натягивается перпендикулярно оси вала 4 так, чтобы зазоры a были одинаковыми. После этого проверяют равенство величин a между струной 1 и стрелой 2, закрепленной на хомуте 3. Перпендикулярность валов проверяют тем же способом.

Соосность (центровку) валов проверяют специальными приспособлениями (скобами) или полумуфтами, закрепленными на концах вала. Все замеры

делают в четырех положениях обоих валов через 90° . Помимо радиального проверяют и торцевое биение. Если имеются расхождения только по окружности полумуфт, то валы несоосны, но параллельны. Наличие расхождения по торцу означает непараллельность и несоосность валов.

Установка подшипников скольжения



валу. Для этого используют специальные приспособления. После запрессовки втулки проверяются ее зазоры по валу или по калибру. При необходимости производится подгонка.

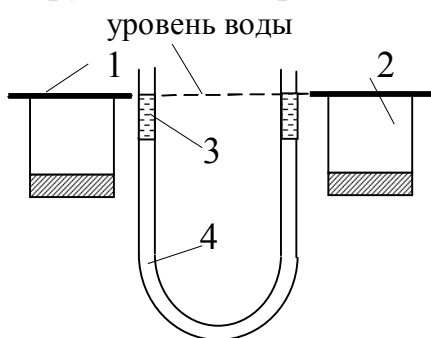
Перед сборкой разъемных подшипников скольжения их проверяют на наличие трещин, раковин и промывают корпуса и вкладыши в керосине. Неплот-

Установка неразъемных подшипников заключается в запрессовке втулки в корпус, стопорение ее от проворачивания и пригонка отверстия по

ности прилегания баббитовой заливки проверяются при промывке керосином. Протерев затем насухо вкладыш, надавливают на металл заливки и если при этом выдавливается керосин, то имеются неплотности и заливка некачественная.

Следующей операцией является пригонка наружной поверхности вкладыша к корпусу. Между ними не должен проходить щуп толщиной более 0,03–0,05 мм. Прилегание вкладыша к корпусу проверяется на краску: на площади 25x25 мм определяют количество пятен прилегания. Одновременно проверяют соосность вкладыша и корпуса. При необходимости выполняют подгонку шабрением.

Наиболее ответственная часть сборки – это обеспечение правильности прилегания рабочих поверхностей вала и вкладыша (70 – 80 % нижней поверхности вкладыша должна соприкасаться с валом), устанавливается необходимый зазор между ними. При необходимости пришабривают только нижний вкладыш при одностороннем вращении и оба вкладыша – при реверсивном. Для увеличения срока службы вкладыша его уплотняют обкатыванием сферическими роликами на токарном станке. Радиальный зазор проверяют щупом или по свинцовому оттиску, для получения которого плетенку из свинцовой проволоки укладывают вдоль и поперек оси вала в нескольких местах. Верхний зазор регулируют за счет прокладок, располагаемых в разъемной части подшипника.

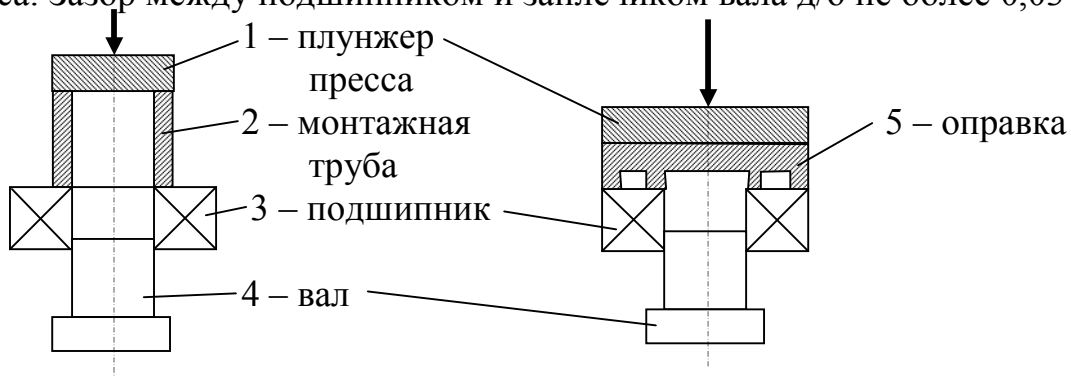


При установке подшипников многоопорных валов струну натягивают вдоль оси подшипников при снятых валах и вкладышах, после чего измеряют расстояние от струны до корпусов в двух сечениях и в двух перпендикулярных плоскостях. Соосность валов и правильность их расположения в горизонтальной плоскости проверяют гидростатическим уровнем.

1 – линейка; 2 – подшипник; 3 – прозрачная трубка; 4 – резиновый шланг

Установка подшипников качения

Перед установкой подшипников качения их промывают в бензине с добавлением 6 – 8 % минерального масла, затем нагревают в масляной ванне до температуры 80–100 °С в течение 15 – 20 минут и после этого напрессовывают на вал. Подшипники монтируют после проверки состояния посадочных мест на валу или в корпусе. Если подшипник насаживается на вал до упора, то радиус галтели вала должен быть меньше фаски кольца подшипника во избежание перекоса. Зазор между подшипником и заплечиком вала д/б не более 0,03 мм.



При посадке и снятии подшипников усилие должно передаваться через одно из колец или через оба кольца одновременно без перекоса с помощью гидравлического пресса. При этом следует избегать ударных нагрузок.

После установки подшипника проверяют радиальный зазор путем смещения его колец и осевое биение с помощью индикатора. Кроме того, проверяют проворачиваемость подшипника от руки. Он должен вращаться плавно, легко и без особого шума. Глухой прерывистый шум указывает на загрязнение подшипника, а свистящий звук – на недостаточность смазки или на трение между деталями подшипникового узла.

Сборка передач

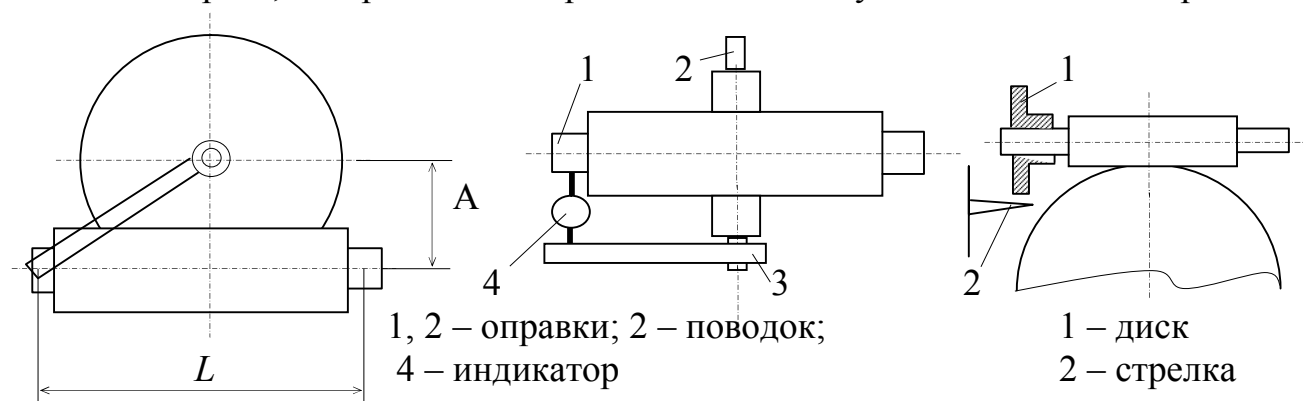
У цилиндрических шестерен проверяют радиальное и торцевое биения, расстояние между центрами, боковой зазор между зубьями, состояние и прилегание рабочих поверхностей зубьев.

Межцентровое расстояние проверяют до сборки колесных пар. Радиальное и торцевое биения проверяют после насаживания колес и укладки валов в подшипники. Допустимое радиальное биение шестерен 0,03 мм и торцевое биение 0,06 мм на 100 мм диаметра. При недостаточном контакте поверхностей зубьев его обеспечивают шабрением, притиркой специальной пастой, приработкой в масле, изменением межцентрового расстояния.

При проверке сборки конических зубчатых передач необходимо соблюдать те же положения, что и при сборке цилиндрических передач. Кроме того, проверяется угол пересечения осей, совпадение точек пересечения образующих конусов, расположение шестерен на валах и величины бокового зазора. Зацепление зубчатых передач регулируют перемещением одной из сопрягаемых шестерен или вала, например, за счет прокладок. Положение осей проверяют при помощи струн с отвесами, линейки и других приспособлений и инструментов.

При сборке червячной передачи проверяют угол скрещивания осей червячного колеса и червяка, межосевое расстояние, величину мертвого хода (люфт) и совпадение средней плоскости колеса с осью червяка.

Совпадение средней плоскости червячного колеса с осью червяка при правильном угле скрещивания их осей проверяют по отпечаткам краски, нанесенной на червяк, которые должны располагаться на зубьях колеса симметрично



относительно осей. Их смещение указывает на перекос осей. При нормальном зацеплении поверхность касания должна составлять не менее 50 – 60 % поверхности зуба.

При сборке ременной и цепной передач необходимо добиваться параллельности их осей, выдержки заданного межосевого расстояния, оптимального натяжения гибкого органа. Радиальное биение шкивов не должно превышать $(0,00025 - 0,0005) D$, а торцевое – $(0,0005 - 0,001) D$, где D – диаметр шкива. Быстроходные шкивы подвергают статической балансировке. Правильность расположения шкивов проверяют с помощью струны или линейки.

Обкатка и испытание машин после ремонта

В процессе обкатки производится приработка сопрягаемых деталей. При этом частично сглаживаются следы обработки поверхностей и неточности взаимного расположения деталей, искажения геометрической формы и другие погрешности механической обработки. Это повышает поверхность контакта и снижает удельные нагрузки и скорости износа деталей. Поэтому обкатку можно рассматривать как заключительную операцию по взаимной обработке и сборке поверхностей трения.

Собранный узел приводят в действие сначала с небольшой, а затем со все возрастающей скоростью и нагрузкой, которые изменяют ступенями, и при обильной смазке. При ремонте стационарного оборудования после сборки проводят пробный пуск машины сначала медленным проворачиванием от руки или лебедкой, а затем от основного двигателя, что позволяет убедиться в отсутствии местных заеданий, касаний движущихся деталей друг с другом и окружающими предметами. Если в начале пуска не обнаружилось никаких неисправностей, то приступают к окончательному регулированию.

Испытание делится на две стадии: холостую обкатку и испытание под нагрузкой. Длительность холостой обкатки определяется инструкциями по опробованию и испытанию оборудования.

После холостой обкатки, регулирования и устранения возможных дефектов проводятся эксплуатационные испытания машины под нагрузкой, которые выполняют в соответствии с ТУ. Нагрузка на машину повышается постепенно, в несколько приемов. Для машин с обилием зубчатых, червячных передач нагружение рекомендуется проводить в 3 – 5 ступеней, увеличивая на каждой ступени нагрузку на 20 – 30 % от номинальной величины. При каждой нагрузке опробование продолжается 1 – 3 часа с постоянной проверкой состояния оборудования. При достижении номинальной нагрузки основными параметрами проверки являются производительность, удельный расход энергии, качество продукции и др., которые определяют возможность использования машины по назначению. В зависимости от сложности машины продолжительность ее обкатки колеблется от 8 до 72 часов.

Для ускорения процесса приработки в смазку добавляют серебристый чешуйчатый графит в виде 5 % пудры от количества смазки. Хороший результат при приработке износостойких поверхностей трения дает добавка к маслу около 5 – 8 % сульфозфрезола.

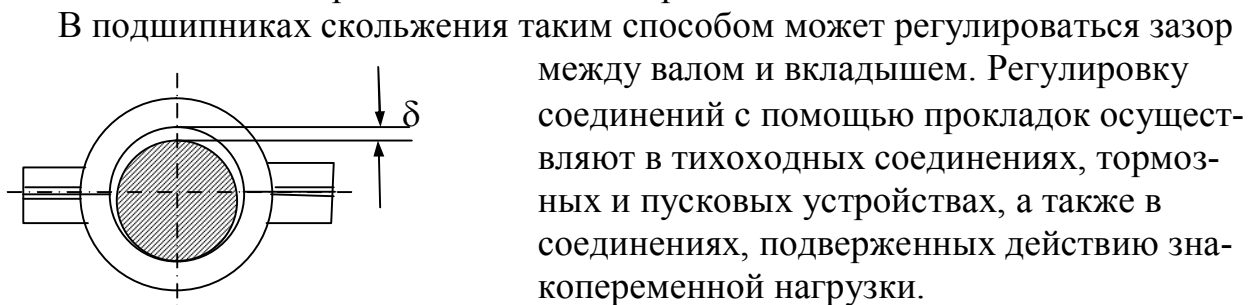
Во время обкатки тщательно контролируют качество регулировки и температуру нагрева отдельных сопряжений. В конце обкатки проводят крепежные работы для всей машины. После обкатки машины из всех ее емкостей сливают масло и заменяют его свежим.

МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЛЕСАРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

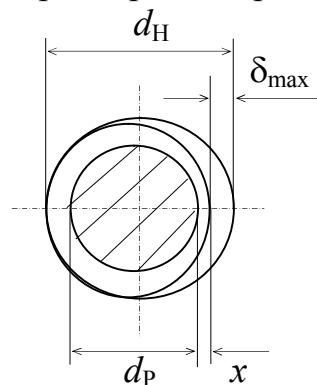
Ремонт узлов и деталей, в основном, сводится к восстановлению посадок сопрягаемых деталей, т.е. к восстановлению первоначальных зазоров или натягов путем:

- а) регулировкой (подтяжкой) соединения;
- б) изменением рабочих (ремонтных) размеров;
- в) восстановлением первоначальных (номинальных) размеров и форм деталей.

Восстановление посадок методом регулировки выполняется за счет регулировочных прокладок, винтов, кулачков и других приспособлений, компенсирующих величину зазора изношенного сопряжения до его номинального значения. Этот метод применяется только при незначительных износах.



Восстановление посадок под ремонтный размер. При этом методе одну из деталей обрабатывают до устранения следов износа или до заранее заданного размера, а сопрягаемую с ней деталь заменяют новой или отремонтированной, размеры которой должны обеспечивать первоначальную посадку. Вопрос



о том, какая из деталей подлежит замене или восстановлению, определяется технологическими или экономическими соображениями.

Ремонтным называют такой размер, до которого следует обрабатывать изношенную деталь при очередном ремонте. Припуск на обработку определяют с учетом характера обработки, типа обрабатываемого оборудования и размеров детали. Для сопряжения вал-подшипник при ремонте вала и замене подшипника ремонтные размеры определяют по формулам:

$$\text{для вала } d_P = d_H - 2(\delta_{\max \text{ В}} + x_0)$$

$$\text{для отверстия } D_P = D_H + 2(\delta_{\max \text{ О}} + x_0)$$

где d_P и D_P – ремонтные размеры вала и отверстия, мм;

$\delta_{\max \text{ В}}$, $\delta_{\max \text{ О}}$ – максимальный износ вала и отверстия на сторону, мм;

x_0 – припуск на механическую обработку на сторону, мм. При чистовой обработке $x_0 = 0,05 - 0,08$ мм, при шлифовании $x_0 = 0,03 - 0,05$ мм.

Значение $v = 2(\delta_{\max} + x_0)$ называется ремонтным интервалом.

Если в соединении имеются регулировочные прокладки, то необходимость ремонта наступает после удаления всех прокладок и достижения предельного зазора.

Количество допустимых ремонтных размеров

$$n_g = \frac{d_H - d_{\min}}{\nu}; \quad n_o = \frac{D_{\max} - D_H}{\nu}.$$

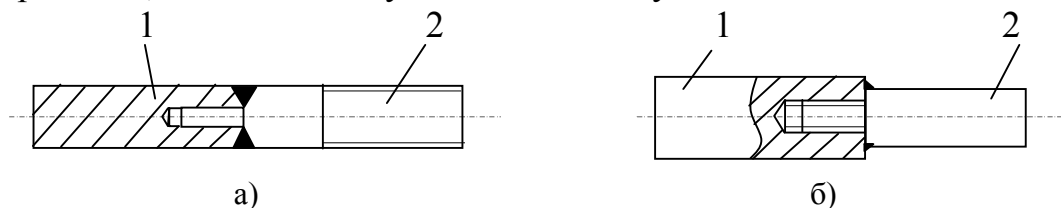
Последние предельные ремонтные размеры $d_{\min}$ и $D_{\max}$ определяются из условий прочности или по конструктивным соображениям. В первом приближении можно принять, что при статических нагрузках $d_{\min} = 0,9 d_H$, а при динамических нагрузках $d_{\min} = 0,95 d_H$.

Восстановление посадок сопрягаемых деталей под номинальный (начальный) размер имеет преимущество перед предыдущим, т.к. прочность детали не снижается, ей возвращают первоначальные размеры и форму. Этим методом восстанавливают детали путем нанесения на изношенную поверхность нового слоя металла наплавкой, напылением, металлизацией и электролитическим наращиванием. Применяют также способы пластической деформации: осадку, раздачу, вдавливание, обжатие, правку.

Слесарно-механическая обработка используется как самостоятельный способ ремонта деталей, типичными из которых являются:

- 1) исправление стыковых поверхностей, покоробленных при сварке или по другим причинам;
- 2) исправление шлицев, шпоночных канавок, резьб, плоских направляющих поверхностей путем шабрения, опиловки и др.;
- 3) заделка трещин и пробоин;
- 4) восстановление посадок в сопряжениях путем замены части детали или применением дополнительных деталей;
- 5) поворачиванием деталей неизношенной стороной;
- 6) перезаливка антифрикционными сплавами;
- 7) пайка припоями и др.

Способ ремонта путем замены части детали применяют при восстановлении деталей сложной формы, имеющих несколько рабочих поверхностей и неравномерный износ. При этом восстанавливают только некоторые рабочие поверхности, т.е. изношенную часть детали удаляют и заменяют новой.



Заменяемую часть 2 соединяют с основной 1 а) запрессовкой и б) при помощи резьбы с последующей сваркой. Для замены удаленной части изготавливают новую деталь либо с окончательными размерами, либо с припуском на последующую механическую обработку. Если необходима термообработка после соединения деталей, то следует защитить другие участки основной детали от термического воздействия.

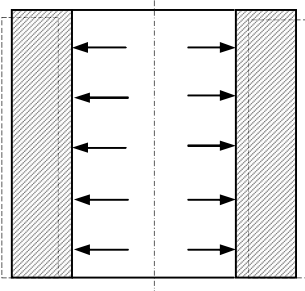
Восстановление деталей способом постановки дополнительных деталей. При износе отверстия его растачивают под больший размер и запрессовывают вновь изготовленную дополнительную деталь – втулку, которую затем обрабатывают под номинальный размер. Для стальных втулок минимальная

толщина 2 – 2,5 мм, для чугуновых – 8 мм. При ремонте сильно изношенных плоских поверхностей их обрабатывают, устанавливают накладки или планки, приваривают и обрабатывают в один уровень с неизношенными поверхностями детали. Крепление дополнительных деталей производится за счет посадок с натягом, приваркой в нескольких сечениях, стопорными болтами или шпильками.

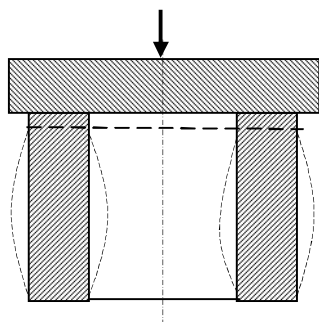
Ремонт способом поворачивания детали применяют для симметричных деталей, например, для шестерен зубчатых передач, венцовых шестерен вращающихся печей, сушилок, шпоночные пазы, отверстия в дисках, фланцах и др. Ремонтируемая деталь поворачивается так, чтобы неизношенная поверхность детали стала рабочей. При данном способе ремонта износ не устраняется, поэтому качество ремонта не высокое, а срок службы детали при вторичном износе снижается. При износе шпоночного паза его изготавливают вновь, сменяя по окружности на 90 или 120°, а старый паз заваривают. Изношенные отверстия в дисках, фланцах и других деталях заваривают, а взамен сверлят новые отверстия в промежутках между старыми.

Ремонт деталей способом пластической деформации (давлением)

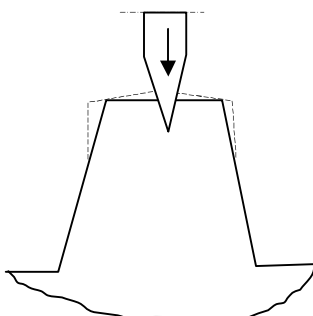
Различают следующие технологические приемы восстановления деталей давлением: раздачу; осадку; обжатие; вдавливание; вытяжку; правку; накатку.



вают, а затем при необходимости термообработывают.



необходимых форм и размеров. После осадки деталь механически обрабатывают до необходимых размеров. Высоту компенсируют шайбами, кольцами, добавляемыми к детали при сборке.

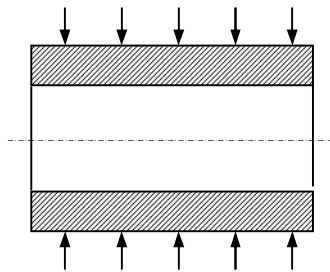


Раздача применяется для восстановления размеров наружного диаметра трубчатых или полых деталей посредством развальцовки, дорнирования или вдавливания разрезной втулки с конусом. В зависимости от материала и термической обработки раздачу детали производят в холодном состоянии или при ее нагреве. После раздачи деталь механически обрабатывают,

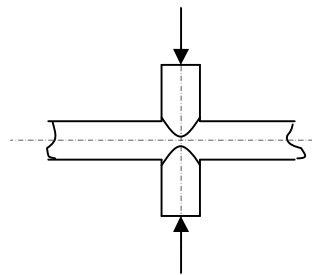
Осадка применяется преимущественно для восстановления внутреннего и наружного диаметров полых деталей или для увеличения наружного диаметра сплошных деталей. Сила воздействия перпендикулярна требуемой деформации. Необходимый размер достигается за счет укорочения детали. При наличии на поверхности детали выточек, сверлений или канавок перед осадкой их необходимо заполнить вставками

Вдавливание можно рассматривать одновременно как осадку и раздачу, при которых силы действуют под некоторым углом к направлению требуемой деформации. При этом длина детали не изменяется. При вдавливании металл детали перераспределяется на ограниченном участке. Таким способом восстанавливают шлицы валов, зубья шестерен, рабочие

поверхности клапанов и др. Шлицы восстанавливают путем прокатывания роликом по средней части выступа с использованием строгального станка за несколько проходов или на прессе за один прием. Твердость металла ролика 48 – 50 HRC. Металл шлица шириной более 10 мм выдавливается на боковые поверхности с износом не более 1 мм.



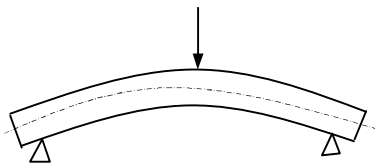
Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения наружных. После обжатия наружный диаметр втулки восстанавливают до номинального размера омеднением, осталиванием или напрессовкой стальной втулки, а внутренний диаметр развертывают под требуемый размер. Обжатие деталей выполняют под прессом в специальных приспособлениях в холодном состоянии и при нагреве до температуры 800 – 930⁰С.



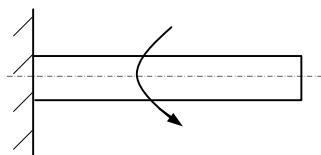
Вытяжка – операция напоминает осадку и вдавливание. Ее используют для увеличения длины деталей за счет уменьшения поперечного сечения. При вытяжке направление деформации перпендикулярно направлению действия внешней силы.

Вытяжку применяют для удлинения различных тяг и других изделий на небольшую длину.

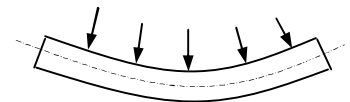
Правку применяют для устранения остаточных деформаций в деталях (изгиб, коробление и скручивание).



изогнутых

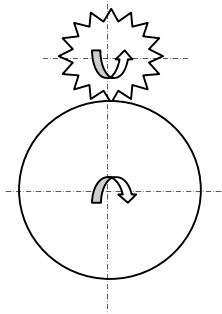


скрученных



правка местным наклепом

При выполнении правки стараются избежать предварительного прогрева, т.к. детали, подвергающиеся правке, могут быть термообработаны и нагрев при правке нарушает установленную термообработку. Детали правят с помощью прессов и домкратов. Хорошие результаты дает правка местным наклепом, который создает напряжения сжатия, деформирующие деталь в напряжении, совпадающем с направлением наносимых ударов. Для повышения стабильности правки детали после нее подвергают стабилизирующему отпуску – нагревают до температуры 400 – 550⁰С в течение 5 – 1 часа. Наилучшее сохранение механических свойств после правки достигается при нагреве до температуры 600⁰С.



Накатка поверхностей деталей основана на выдавливании металла с отдельных участков рабочей поверхности наружу. Сила прилагается противоположно направлению требуемой деформации. При накатке образуется рифленая поверхность и увеличивается диаметр детали (не более 0,4 мм) за счет вытесненного металла.

Для накатки пригодны только те детали, материал

которых в холодном состоянии обладает достаточной пластичностью. Накатку поверхностей деталей выполняют специальными роликами с твердостью, в 2 раза превышающей твердость обрабатываемой поверхности детали.

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

Ремонт деталей газовой сваркой и наплавкой

Газовую сварку и наплавку выполняют, как правило, ацетиленово-кислородным пламенем в нейтральной среде ($\alpha = 1 - 1,25$). Кроме ацетилена, дающего наибольшую температуру 3000 К, используют пропан-бутановую смесь, природный газ, пары бензина и др. горючие газы. В отдельных случаях используют восстановительное пламя ($\alpha < 1$), получаемое при недостатке кислорода. Для резки применяют окислительное пламя ($\alpha > 1,25$).

В качестве присадочного материала используют прутки из материала, близкого по химсоставу к материалу свариваемых деталей. Для повышения износостойкости деталей при газовой наплавке используют твердые сплавы сормайт № 1 (2,5 – 3,5 % С, 25 – 31 % Cr, 3 – 5 % Ni, 1,5 % Mn, 2,8 – 4,2 % Si остальное Fe) и сплав релит, представляющий собой крупку из зерен карбида вольфрама, заключенные для удобства наплавки в тонкостенную трубку из малоуглеродистой стали.

Мощность пламени характеризуется расходом ацетилена

$$V_A = K_d \delta, \text{ л/мин,}$$

где K_d – коэффициент, характеризующий материал свариваемой детали, способ сварки и тип соединения, л/с мм. $K_d = 1,5 - 2$ для стали; $K_d = 1,5$ – для чугуна; $K_d = 1 - 1,5$ для алюминия;

δ – толщина свариваемой детали, мм.

Определив расход ацетилена, по справочнику выбирают номер наконечника горелки.

Расход кислорода

$$V_K = (1,1 - 1,2) V_A, \text{ л/мин.}$$

Сварку деталей из малоуглеродистых сталей ($C < 0,5 \%$) и цветных металлов (алюминия, меди, бронзы) выполняют нейтральным пламенем ($\alpha = 1 - 1,25$). Сварку деталей из высокоуглеродистой стали ($C > 0,5 \%$) и чугуна, наплавку твердых сплавов ведут восстановительным пламенем ($\alpha < 1$). Окислительным пламенем ($\alpha > 1,25$) режут металлы, нагревают детали при закалке, сваривают или паяют латунные детали. Этот вид пламени имеет самую высокую температуру.

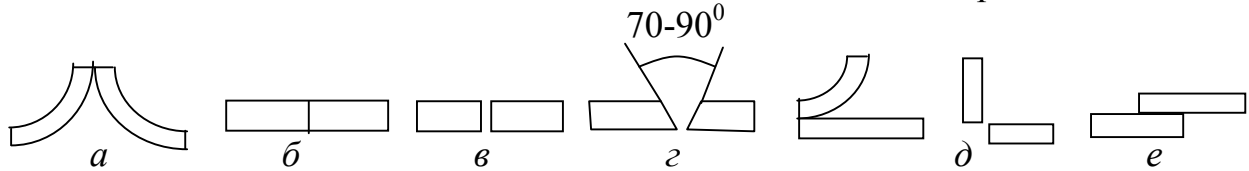
При сварке деталей толщиной до 15 мм диаметр присадочного прутка равен $d = \delta/2$, мм. Для деталей толщиной более 15 мм диаметр присадочного прутка принимают $d = 8$ мм.

Угол наклона горелки принимают в зависимости от толщины детали и физических свойств свариваемого металла. Чем больше угол наклона, тем больше тепловое воздействие пламени на поверхность детали.

Качество сварки во многом зависит от выбранного флюса. Основным компонентом флюсов являются бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), бикарбонат натрия (NaHCO_3) и

борная кислота (H_3BO_4).

Технологический процесс ремонта деталей газовой сваркой и наплавкой состоит из подготовки поверхности детали (очистка от нагара, ржавчины, окалины, масла, грязи, жира), разделки при необходимости кромок свариваемых частей и наложения сварного шва или нанесения на поверхность детали наплавляемого слоя. Затем деталь охлаждают и механически обрабатывают.



Металлы толщиной стенок до 2 мм сваривают встык с отбортовкой (а) кромок без присадочного материала или встык без разделки кромок и без зазора (б), но с присадочным материалом. Металлы толщиной 2-5 мм сваривают встык без разделки кромок (в) с присадочным материалом, но с зазором между ними. При толщине металла более 5 мм применяют разделку кромок (г). Угловые соединения получают путем расплавления кромок деталей (д). Нахлесточные (е) и тавровые соединения рекомендуются при сварке деталей толщиной до 3 мм. При больших толщинах неравномерный местный нагрев вызывает большие внутренние напряжения и даже трещины в металле шва.

Разделка кромок выполняют ручным или пневматическим зубилом, шлифмашинкой, на кромкострогальных, фрезерных или заточных станках. Экономичным способом подготовки кромок является кислородная резка, после которой шлаки и окалину удаляют зубилом или металлической щеткой.

Для фиксации положения свариваемых деталей их закрепляют струбцинами или с помощью прихваток. При сварке тонкого металла длина прихваток составляет 5 – 7 мм на расстоянии 70 – 100 мм друг от друга, при сварке толстого металла и значительной длине швов прихватки делают длиной 20 – 30 мм на расстоянии 300 – 500 мм.

При толщине металла 6 – 8 мм применяют однослойные швы, до 10 мм – в два слоя, больше 10 мм – три слоя и более. При многослойной сварке толщина одного слоя 3 – 7 мм. Перед наложением очередного шва поверхность предыдущего слоя очищается металлической щеткой. Сварку выполняют короткими участками. Стыки валиков не должны совпадать. В процессе сварки очередного слоя происходит отжиг нижележащих слоев и получается шов более высокого качества.

Достоинствами газовой сварки и наплавки является возможность широкого регулирования температуры нагрева детали, присадочного материала, а также характера пламени.

К недостаткам газовой сварки и наплавки относятся:

- низкая производительность;
- потребность в относительно дорогих и дефицитных газах;
- большая зона термического влияния;
- сравнительно громоздкое оборудование;
- квалификация газосварщика должна быть выше, чем электросварщика.

Ремонт деталей электродуговой сваркой и наплавкой

Электродуговая сварка и наплавка получила наибольшее распространение при ремонте оборудования, поскольку она позволяет в ряде случаев выполнять ремонт без демонтажа оборудования, изменять в широких пределах состав металла и качество шва.

По степени механизации процесса электродуговая сварка и наплавка разделяются на ручную, полуавтоматическую и автоматическую. При ручной сварке (наплавке) сварщик выполняет все операции вручную и качество шва зависит от его квалификации. При полуавтоматической сварке механизирована только поперечная подача присадочного материала, а при автоматической сварке механизированы все операции.

При сварке без защиты расплавленный металл энергично взаимодействует с кислородом и азотом воздуха, что изменяет химсостав и ухудшает механические свойства металла шва или покрытия.

В зависимости от рода защиты металла от воздействия воздуха различают сварку и наплавку:

- 1) голым электродом или электродом со стабилизирующим покрытием;
- 2) электродом, покрытым обмазкой;
- 3) порошковым электродом (проволокой, лентой, стержнем);
- 4) под слоем флюса;
- 5) в среде защитных газов или пара;
- 6) с охлаждающей жидкостью;
- 7) с комбинированной защитой дуги.

При сварке постоянным током дуга значительно устойчивее, шов более однородный, гладкий и прочный, чем при сварке переменным током, однако этот вид сварки дороже и сложнее. При использовании постоянного тока большее количество теплоты ($\approx 20\%$) выделяется на положительном полюсе. В связи с этим при сварке массивных деталей их соединяют с положительным полюсом, чтобы они лучше прогрелись. Такой способ соединения называют прямой полярностью. Его применяют при необходимости увеличения глубины плавления и количества расплавленного металла детали. При обратной полярности положительный полюс подключают к электроду. Этот способ применяют при сварке деталей толщиной до 3 мм во избежание прожога.

При сварке переменным током на электродах и детали выделяется примерно одинаковое количество теплоты.

Диаметр электрода или электродной проволоки определяют по формуле

$$d = 0,5 \delta + 2, \text{ мм}$$

и принимают от 2 до 8 мм. В зависимости от химического состава и механических свойств наплавленного металла электроды делят на типы, а в зависимости от химсостава покрытия – на марки. Одному и тому же типу электродов соответствуют несколько марок покрытия. В обозначении электродов для сварки конструкционных сталей (Э-38, -42, -42А, -46, -46А, -50, -50А, -55, -60) Э – 46А 46 – это предел прочности металла шва, кг/мм^2 , А – металл шва имеет повышенные пластические свойства. Для ручной наплавки с целью получения износостойкой поверхности применяют электроды Т-540, Т-590, Т-620 и др. (цифры

обозначают средние твердости наплавляемого слоя по Бринеллю). Используются также твердые сплавы типа сормайт, сталинит, релит и др. Наплавку сплавом сормайт ведут при постоянном токе обратной полярности. Для сварки легированных сталей ГОСТ 10052-62 предусматривает 5 типов электродов (Э 70, 85, 100, 125, 150). Электроды для наплавки обозначаются буквами ЭН с последующим указанием химсостава. Выпускаются также стальная сварочная проволока, наплавочная проволока, порошковая проволока и порошковая лента.

Величина сварочного тока для ручной сварки стальными электродами

$$I = (20 + 6 d) d, \text{ А},$$

где d – диаметр электрода, мм.

При автоматической сварке сила тока равна

$$I = (100 + 10 d) d, \text{ А},$$

При ручной сварке дуга устойчиво горит при напряжении не менее 20 – 25 В, в процессе зажигания – в пределах 40 – 75 В.

Скорость сварки и наплавки (обычно до 30 мм/с)

$$V = \frac{K_H I}{g_m}, \text{ мм/мин},$$

где $K_H = 0,1 - 0,2$ Г/А мин – удельный коэффициент наплавки;

g_m – масса 1 погонного метра шва, Г;

I – сварочный ток, А.

Скорость подачи электродной проволоки выбирают в зависимости от силы тока и напряжения и окончательно определяют после пробных наплавки (от 30 до 100 мм/с).

Наружные цилиндрические поверхности деталей диаметров до 50 мм наплавляют со скоростью 10 – 20 мм/с, а диаметром больше 50 мм – 5 – 10 мм/с.

Производительность ручной электродуговой сварки повышается при использовании присадочных прутков, пучка электродов или трехфазной дуги.

При электродуговой сварке с прутком в зону сварки вводят присадочный прут, который периодически прижимают к кромке электрода. В результате дуга начинает гореть не только между электродом и деталью, но и между прутком и деталью. Производительность возрастает на 30-40 %. Этот метод требует использования тока повышенной плотности, а диаметр присадочного прутка должен быть на 1,2 мм больше диаметра электрода.

При наплавке пучком электродов образуется блуждающая дуга. Переходы электрической дуги с электрода на электрод происходит несколько раз в секунду. Тепло рассредоточивается, что существенно снижает глубину проплавления поверхности. Можно использовать как переменный, так и постоянный ток. Производительность повышается за счет увеличения количества одновременно расплавляемого электродного материала.

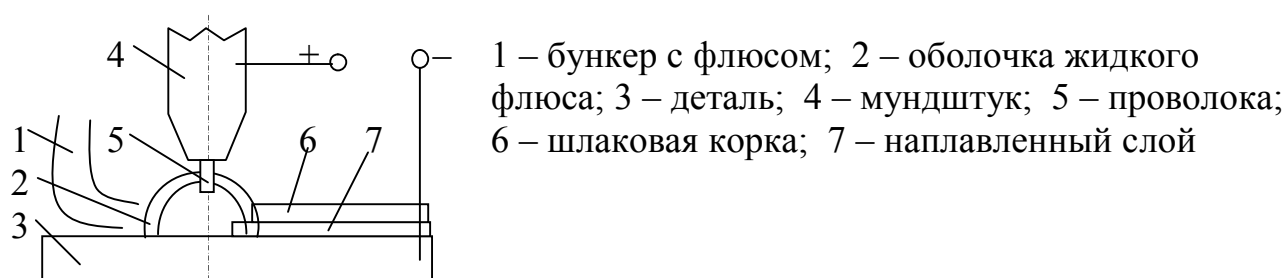
Наплавку трехфазной дугой выполняют двумя параллельными электродами, изолированными друг от друга и закрепленными в двухфазном электрододержателе. Третья фаза присоединяется к детали. В результате происходит возбуждение и горение трех однофазных дуг. Поскольку три факела находятся в одном месте, то наблюдается более устойчивое горение, чем при однофазной дугой.

Последние три способа рекомендуются при необходимости наплавки больших количеств износостойкого материала на плиты дробилок, футеровку мельниц и др.

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ В ЗАЩИТНЫХ СРЕДАХ

Сварка и наплавка под слоем флюса

Сущность сварки под слоем флюса заключается в том, что сварочная дуга и расплавленный металл защищены газовым пузырем, образованным жидким расплавленным флюсом. Газовый пузырь и расплавленный флюс изолируют расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха и сохраняют теплоту дуги.



Слой флюса обычно толщиной 30-50 мм создает давление на расплавленный металл, выравнивает его поверхность, снижает разбрызгивание и потери металла.

Проволока подается в зону горения дуги специальным механизмом, к которому подводится ток обычно от положительного полюса (обратная полярность). В процессе сварки и наплавки перемещается либо деталь, либо сварочный агрегат при неподвижной детали. В зависимости от формы наплавляемой детали направляющие валики располагаются по прямой или по винтовой линии. Толщина наплавляемого слоя 1 – 6 мм. Нерасплавленный флюс снова поступает в бункер через шланг, а шлаковая корка после сварки или наплавки удаляется.

Для наплавки деталей под слоем флюса выпускаются специальные наплавочные головки различных конструкций. Наплавочная головка может закрепляться на суппорте токарного станка, наплавляемая деталь – в патроне. Металл наплавляют на поверхность цилиндрической формы при вращении патрона и продольной подаче суппорта. Ток поступает через медно-графитовые щетки.

Для получения дуги при автоматической наплавке под слоем флюса используют обычные сварочные генераторы или преобразователи, обеспечивающие процесс постоянным током. Переменный ток также может быть использован, однако им пользуются редко, т.к. при колебании напряжения в сети дуга становится менее стабильной.

В качестве электродов чаще используют стальную проволоку диаметром 1 – 6 мм, а также электродную ленту толщиной 0,4 – 0,8 мм шириной 20 – 100 мм или порошковую проволоку. Материал электродной проволоки должен быть близок по составу к материалу свариваемой детали. Перспективна также наплавка порошковой проволокой, которая изготавливается из тонкой стальной

ленты, сворачиваемой в трубку и заполненной порошкообразными ферросплавами, железным порошком и графитом.

По способу изготовления флюсы подразделяются на плавленные и неплавные (керамические).

Плавные флюсы получают сплавлением шихты, состоящей из необходимых компонентов, в электрических или плавильных печах с последующей грануляцией. В зависимости от преобладающего содержания легирующих элементов эти флюсы подразделяются на высококремнистые ($\text{SiO}_2 > 30\%$), низкокремнистые и марганцовистые ($\text{MnO} - 12\%$). Примером марганцовистых флюсов является АН-30, высококремнистых – АН-348, ОСЦ-45.

Основные недостатки плавных флюсов:

- а) отсутствие в их составе ферросплавов, свободных металлов и углеродистых веществ, вследствие чего они являются слабыми раскислителями;
- б) ограниченная легирующая способность.

Неплавные керамические флюсы КС-Х12Т, КС-Х12М, КС-Х14Р и другие являются механическими смесями тщательно измельченных легирующих, раскисляющих, модифицирующих и шлакообразующих компонентов, скрепленных раствором жидкого стекла 17-18% от массы сухих компонентов. В их состав могут входить такие вещества как мрамор, плавленый шпат, феррохром, графит и другие компоненты. В отличие от плавных неплавные флюсы содержат, как правило, до 50% неокисленных элементов, что оказывает активное влияние на расплавленный металл и дает возможность управлять его составом. Легирующие элементы переходят из флюса в расплавленный металл и появляется возможность использования недефицитной дешевой углеродистой сварочной или наплавочной проволоки даже для наплавки на легированные стали.

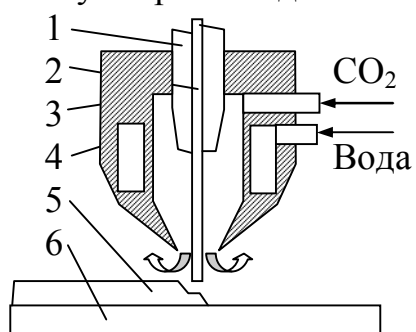
Продольную подачу наплавочной головки принимают в соответствии с заданным шагом смещения валиков с перекрытием трети ширины.

Автоматическая наплавка под слоем флюса позволяет получить высококачественные покрытия любой твердости и структуры за счет легирования флюса с достаточно высокой производительностью.

Сварка и наплавка в среде углекислого газа

Сварка и наплавка в среде углекислого газа из-за низкой стоимости может в ряде случаев заменить сварку и наплавку под слоем флюса.

Электродная проволока непрерывно подается по центру сварочной горелки в зону сварки с заданной скоростью. Горелка имеет водяную рубашку для



- 1 – мундштук; 2 – проволока;
- 3 – сварочная горелка;
- 4 – водяная рубашка;
- 5 – наплавленная поверхность;
- 6 – наплавляемая деталь

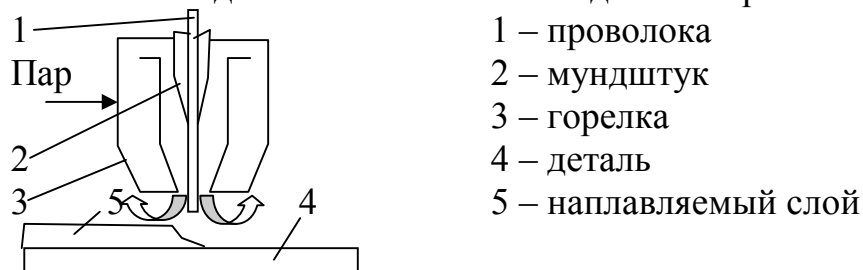
охлаждения. Поток углекислого газа препятствует доступу кислорода и азота воздуха к расплавленному металлу и препятствует ухудшению его качества. Иногда защитный углекислый газ подается через сварочную горелку, оборудованную неплавящимся электродом. В этом случае в зону горения дуги подается присадочный материал.

Углекислый газ забирается из баллона высокого давления, при выходе из которого он расширяется и его температура падает. Для исключения замерзания содержащейся влаги газ после баллона нагревают в электронагревателе затем осушают, пропуская через адсорбер.

При наплавке в среде углекислого газа он частично при высокой температуре разлагается с образованием окиси углерода и кислорода. Кислород активно окисляет металл, для снижения чего при наплавке используют проволоки, содержащие 1 – 1,2 % раскислителей (кремния, марганца, титана и др.).

Автоматическую наплавку в среде углекислого газа применяют при ремонте и восстановлении деталей из углеродистых сталей и чугуна, а также из тонколистовой стали. Этот метод обеспечивает бóльшую производительность, чем при наплавке под слоем флюса, высокую экономичность, хорошее качество наплавленного металла. Однако он допускает большие потери металла на разбрызгивание (8-20%), требует применения специальных сортов проволоки, специальных источников электропитания и относительно низкие механические свойства наплавленного слоя.

Наплавка в среде водяного пара аналогична наплавке в среде углекислого газа. Однако использование водяного пара в качестве защитной среды при



наплавке деталей расширяет возможности механизации сварочного процесса и значительно снижает его стоимость, т.к. водяной пар является дешевым технологическим веществом.

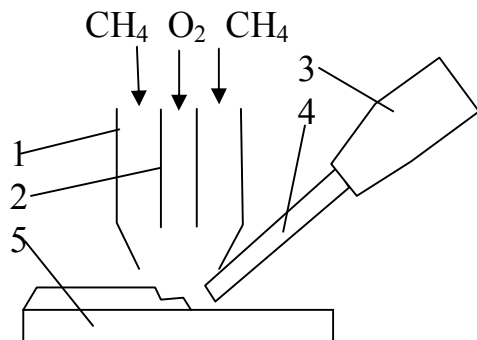
При этом способе наплавки к соплу подводится водяной пар, а для предотвращения попадания конденсата на металл шва в конструкции головки предусматривается специальная кольцевая вставка для сбора воды, которая в процессе сварки испаряется, охлаждает сопло-насадку и снова поступает в зону наплавки в виде пара. Водяной пар защищает зону горения дуги и расплавленный металл от атмосферного воздуха. При высокой температуре дуги пар разлагается на водород и кислород. Водород по отношению к металлу является защитным газом. Он активно взаимодействует с кислородом, азотом, серой и фосфором и активно восстанавливает металл из его соответственно окислов, нитридов, сульфидов, фосфатов и других соединений. Помимо наплавки этот способ дает хорошие результаты при заварке трещин и раковин в чугунных корпусных деталях и не требует специальных типов проволоки и сварочных головок.

Водяной пар может образовываться с помощью двух электродов, которые нагревают и испаряют воду при пропускании через них электрического тока. Производительность по пару регулируется расстоянием между электродами.

При использовании способа используется дешевая и недефицитная защитная среда, наплавленный металл устойчив к трещинам, снижается загрязнение на рабочих местах, достигается высокая производительность труда и низкая стоимость ремонта. Однако при этом выгорают легирующие элементы, наплавленный металл имеет низкое качество, невозможно получить высокую твердость металла без дополнительной термообработки.

Наплавка в комбинированных защитных газовых средах основана на подаче в зону горения дуги смеси газов: 12% CO_2 и 88% аргона, или 3% кислорода и 97% аргона и др. Этот способ обеспечивает достаточно высокую производительность и качество наплавленного слоя. Однако аргон дорогой газ и его целесообразно использовать для восстановления ответственных деталей.

Дуговая наплавка с газопламенной защитой обладает большими технологическими возможностями. Особенностью способа является то, что защитные



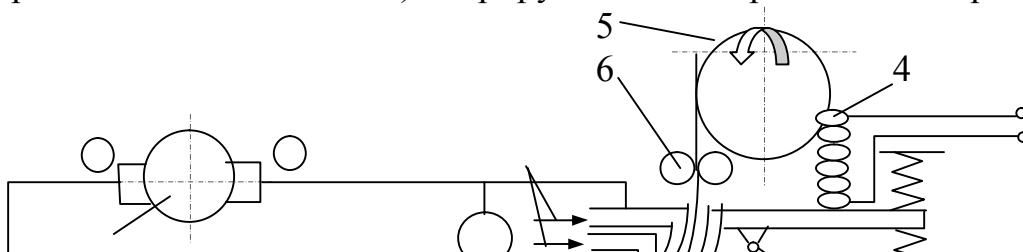
- 1 – сопло CH_4 ; 2 – сопло O_2 ;
3 – мундштук; 4 – проволока;
5 – деталь

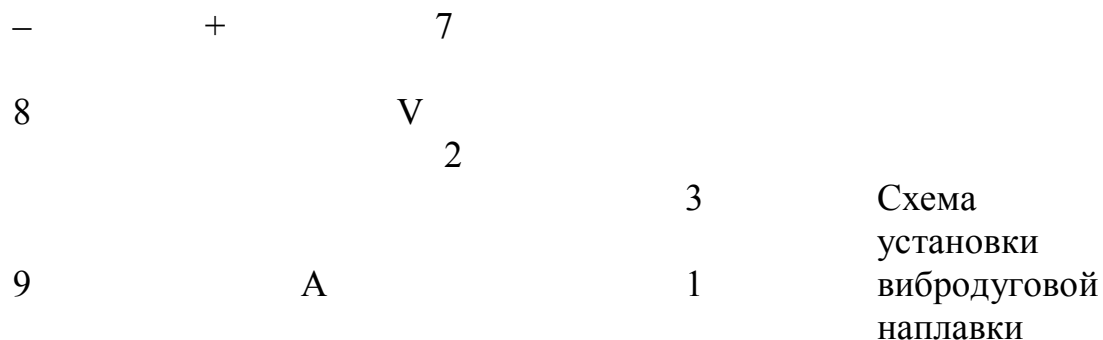
газы в сварочную зону подаются двумя концентрическими потоками: в наружном потоке – природный газ, по центру – кислород. Природный газ и продукты его сгорания защищают сварочную зону от проникновения азота и кислорода воздуха. Однако углеводородный газ вызывает при сварке обильную пористость. Вредное влияние газов подавляется кислородом, который подается узким внутренним потоком в зону дуги.

Для защиты от перегрева в процессе наплавки газовая горелка и головка мундштука снабжаются рубашками водяного охлаждения. Целесообразно также охлаждение детали, благодаря чему можно наплавлять детали меньшего размера, применять проволоки больших диаметров и более производительнее вести процесс. Совмещение процессов наплавки и интенсивного охлаждения наплавленного слоя струей охлаждающей жидкости (4% раствор кальцинированной соды или просто воды) можно получить высокую твердость наплавленного слоя.

Вибродуговая сварка и наплавка

Способ автоматической вибродуговой наплавки позволяет наращивать на рабочие поверхности деталей машин слои различных металлов толщиной 0,3 – 3 мм (при наплавке в один слой) вибрирующим электродом без нагрева детали.





Принцип работы установки для вибродуговой наплавки в струе жидкости заключается в следующем. К изношенной детали 1 роликами 6 по направляющему мундштуку 3 с кассеты 5 подается проволока. Одновременно с подачей проволоки от электромагнитного вибратора 4 через мундштук 3 электроду сообщается колебательное движение с частотой 50 – 100 Гц. Подвод тока от источника питания 8 осуществляется непосредственно к мундштуку (положительный полюс) и через электромагнитный индуктор 9, который снижает величину импульса тока в момент короткого замыкания, к детали 1 (отрицательный полюс). Металл электрода переносится на деталь небольшими порциями.

В зону наплавки металла через каналы 7 подается охлаждающая жидкость (4-5 % раствор кальцинированной соды или 20% водный раствор технического глицерина) и происходит закалка наплавленного слоя 2. Одновременно охлаждающая жидкость предохраняет деталь от деформации и способствует более качественному протеканию процесса наплавки.

Наплавочные головки изготавливают с электромагнитными и механическими вибраторами.

Обычно восстановление деталей вибродуговой наплавкой ведется при напряжении 12-22 В и силе тока 50-300 А. Для получения более износостойкого слоя металла наплавку целесообразно вести при низких напряжениях. Скорость наплавки принимают до 30 мм/с и выбирают в зависимости от толщины наплавленного слоя и диаметра восстанавливаемой детали. При диаметре до 50 мм скорость наплавки 10-20 мм/с, а при диаметре более 50 мм – 5-10 мм/с. Продольная подача электродной проволоки диаметром 1-2 мм составляет примерно 1-3 мм на 1 оборот детали. Вылет электрода при указанном диапазоне диаметров составляет 5-10 мм. Амплитуда вибрации электрода $A = (1,2-1,3) d$, мм.

Вибродуговая наплавка получила преимущественное распространение при ремонте деталей небольших размеров ($D = 15-70$ мм) с износом до 1 мм, работающих при статических нагрузках, для которых важна равномерность тонкого слоя наплавки при минимальных деформациях самого изделия. Детали, работающие с большой динамической нагрузкой и на усталость, восстанавливать данным способом не рекомендуется.

Вибродуговую наплавку можно вести и под слоем флюса, и в среде защитных газов или пара. В этих случаях наплавленный металл получается более высокого качества, более однородной структуры и с меньшими остаточными напряжениями.

Наплавленные детали подвергают шлифованию сначала грубому, а затем чистовому до заданного размера.

Преимущества вибродуговой наплавки:

- 1) незначительный нагрев детали в процессе наплавки ($70-80^{\circ}\text{C}$), а, следовательно, отсутствие деформации детали после наплавки;
- 2) возможность получения наплавленного слоя толщиной 0,1-3 мм и более на детали любой цилиндрической формы;
- 3) высокая прочность сцепления наплавленного металла с основным;
- 4) возможность получения наплавленного металла высокой твердости;
- 5) простота используемого оборудования;
- 6) высокая экономичность наплавки – затраты на восстановление изношенных деталей не превышают 10-25% стоимости детали.

Недостатки способа:

- 1) сравнительно большие потери металла на угар и разбрызгивание (10-30%);
- 2) неравномерная твердость поверхности;
- 3) возможность местной закалки основного металла и образование трещин.

Вибродуговая наплавка может также выполняться одной наплавочной головкой с двумя электродами с применением электромагнитного вибратора.

Ремонт чугунных деталей сваркой и наплавкой

Электросварка серого чугуна представляет большие трудности, чем газовая сварка, ввиду того, что чугун подвергается отбеливанию в процессе сварки, а резкие переходы при нагреве из твердого состояния в жидкое и большая скорость охлаждения детали приводят к образованию трещин. Чугун отбеливается из-за того, что не успевает произойти графитизация расплавленного металла вследствие значительных скоростей охлаждения. Высокая твердость отбеленной зоны не позволяет подвергать сварной шов механической обработке. Кроме того, разница в коэффициентах линейного расширения белого в зоне сварки и серого чугуна ведет к внутренним напряжениям и появлению трещин. Для исключения отбеливания чугуна используют специальные электроды.

Подготовка кромок чугунной детали производится вырубкой, фрезерованием, сверлением до чистого металла. Использование сварочной дуги или сварочных горелок для этих целей недопустимо.

Существуют три вида сварки чугуна: горячая, полугорячая и холодная.

Горячую сварку чугуна ведут ацетиленово-кислородным пламенем или электрической дугой. При газовой сварке в ацетиленово-кислородном пламени шов получается качественнее, чем при электродуговой, из-за меньшего выгорания углерода. Деталь предварительно подогревают в муфельных, электрических или других печах до температуры $650-700^{\circ}\text{C}$, при которой ее объем возрастает на 0,4%, что не вызывает возникновения трещин. Большое значение имеет скорость нагрева и охлаждения детали. Поэтому нагрев выполняют в две стадии: предварительный медленный нагрев до $200-230^{\circ}\text{C}$ и ускоренный нагрев до $650-700^{\circ}\text{C}$. Температура детали в момент окончания сварки должна быть не ниже 500°C . Такой нагрев и медленное охлаждение предупреждают

появление трещин даже в наиболее напряженных частях детали. Для медленного охлаждения детали ее вновь нагревают в печи и охлаждают с печью или в термосах.

В качестве присадочного материала при газовой сварке используют чугунные прутки диаметром 6-8 мм, близкие по химсоставу к свариваемой детали, с обмазкой или без нее. Состав обмазки: мел – 25%, полевой шпат – 25%, графит – 21%, ферромарганец – 9%, жидкое стекло – 20%. В качестве флюса используют техническую буру или смесь 50% буры, 47% бикарбоната натрия (NaHCO_3) и 3% окиси кремния.

Холодную сварку чугуна в большинстве случаев выполняют электродуговым способом, который оказывает меньшее термическое влияние на деталь. Существуют следующие способы холодной сварки и наплавки чугуна:

- 1) стальным малоуглеродистым электродом со специальными обмазками;
- 2) комбинированным (биметаллическим) электродом;
- 3) пучком электродов;
- 4) электродом из монель-металла.

Сварка стальным электродом с меловой обмазкой обычно используется для малогабаритных и неответственных деталей. На свариваемой поверхности последовательно с перерывами накладывают трехмиллиметровым электродом самоотжигающиеся валики. Каждый последующий валик наплавляют после охлаждения предыдущего. Последующие валики наплавляют электродами большего диаметра (4-5 мм). При этом предыдущий валик отжигается при наложении последующего. Зона отбела сводится к минимуму. Этот способ сварки с использованием отжигающих валиков является наиболее доступным для ремонтных предприятий и не требует специальных электродов. Недостатками способа является трудность разделки кромок трещин, увеличенный в 2-3 раза расход электродов и низкая производительность.

Сварка чугуна комбинированным (биметаллическим) электродом обеспечивает достаточную вязкость, прочность сварного шва 60-70% от прочности основного металла и используется для заделки небольших трещин на деталях, работающих без высоких нагрузок. Медно-стальные электроды изготавливают обмоткой стального стержня диаметром 3-5 мм медной проволокой или электролитическим покрытием стального электрода медью или никелем толщиной 0,5-0,6 мм. При использовании обмазки толщиной 0,2-0,4 мм из 65-80% мела, 5-10% порошкообразного алюминия и 15-20% жидкого стекла качество шва улучшается.

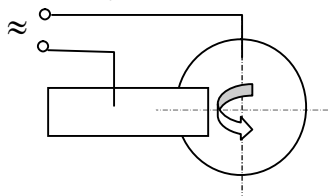
Холодную сварку пучком электродов, состоящим из стального прутка диаметром 3-4 мм, покрытого обмазкой, и латунного прутка 1,5-3 мм, применяют для ремонта чугунных деталей толщиной стенок не менее 10 мм. Прутки соединяют между собой сваркой и завертывают в обычную бумагу, склеивая ее жидким стеклом. Процесс сварки ведут при обратной полярности короткой дугой по отдельным участкам с перерывами для охлаждения детали до 50-60 °С. Шов получается более плотным. Зона термического влияния мала. Однако медь имеет высокую стоимость, пары ее токсичны и имеет место различие механических свойств основного и наплавленного металла.

Холодную сварку чугуна электродом из монель-металла применяют, когда требуется хорошая обрабатываемость наплавленного слоя и минимальная зона термического влияния. Этот способ рекомендуется использовать для деталей из ковкого чугуна. В состав монель-металла входят: 30% меди, 65% никеля, 2% марганца и 3% железа. Электрод покрывают обмазкой из 45% графита, 15% кремнезема, 20% огнеупорной глины, 10% древесной золы и 10% кальцинированной соды. Сварку выполняют небольшими валиками длиной до 50 мм с перерывами для охлаждения. Наплавленный металл в горячем состоянии дополнительно рекомендуется проковать

Газовая и электродуговая резка металла

Газовую резку стали ведут окислительным пламенем ($\alpha > 1,25$). Цветные металлы режут обычными газовыми резаками либо керосино- и бензинорезами, чугун – пламенем с избытком ацетилена ($\alpha < 1$).

Дуговая резка неэкономична и дает рваный рез. Поэтому к ней прибегают в исключительных случаях (при отсутствии газовой). Более эффективна резка металлов угольными электродами при постоянном токе.



При резке металлов диском плотность тока в месте контакта диска и детали должна быть не менее 12 А/мм^2 , окружная скорость диска 25-30 м/с. Для резки применяют медный или стальной диск толщиной 1,5-2 мм.

Ремонт деталей из цветных металлов сваркой и наплавкой

При сварке меди следует учитывать, что ее теплопроводность примерно в 6 раз больше теплопроводности железа. При температуре 500-600 °С медь становится хрупкой, а при 700-800 °С даже при легких ударах образуются трещины. Медь плавится при температуре 1083 °С.

При газовой сварке меди из-за высокой теплопроводности меди требуется пламя повышенной мощности. Рекомендуется также сварка двумя горелками, одна из которых используется для подогрева кромок, другая – собственно для сварки. Для снижения теплопотерь изделия закрывают листами асбеста.

Лучше сваривается электролитическая медь. Различные примеси (висмут, сурьма, свинец, мышьяк и др.) ухудшают свариваемость меди.

Расплавленная медь хорошо поглощает водород и оксид углерода, легко окисляется до Cu_2O . При последующем охлаждении меди в объеме металла выделяются пузырьки паров воды и CO_2 , которые расширяются и создают значительные внутренние напряжения, приводящие к образованию межкристаллитных трещин. Это явление называется водородной болезнью меди.

Медь имеет высокую плотность и относительно малую вязкость. Во избежание вытекания расплавленной меди из сварочной ванны ее сварку производят только в нижнем положении и при очень небольших углах наклона шва. Для удержания расплавленной меди в сварочной ванне зазор между свариваемыми кромками не должен превышать 0,5 мм. Рекомендуются также подкладки из графита, асбеста или керамики.

Ручная дуговая сварка меди выполняется угольным, графитовым или металлическим электродом. При сварке угольным или графитовым электродом в качестве присадочного материала используют прутки из меди, бронзы и латуни. Для предохранения от окисления и улучшения процесса сварки применяют флюсы, которые наносят на предполагаемый шов или на присадочные прутки.

В качестве флюса можно использовать только буру, но с присадкой 4-6% магния.

Сварку выполняют постоянным током прямой полярности. После сварки и охлаждения детали металл шва проковывают.

Листы толщиной до 4 мм можно сваривать с отбортовкой без присадочного материала, а более 4 мм – со скосом кромок под углом $35-45^{\circ}$. При сварке листов толщиной до 4 мм используют угольные электроды диаметром 4-6 мм, при большей толщине – диаметром 8-10 мм. При сварке металлическим электродом сварочный ток рекомендуется выбирать из расчета 50-60 А на 1 мм диаметра электрода.

Сварку меди в защитных газах (аргон, гелий или азот) применяют для изделий толщиной 1,5-2 мм. Сварку выполняют постоянным током прямой полярности.

Автоматическую сварку меди выполняют под флюсом ОСЦ-45, АН-348-А или АН-20 проволокой диаметром 1,6-4 мм при напряжении 38-40 В. Сварочный ток принимают из расчета 100 А на 1 мм диаметра проволоки. Ток постоянный обратной полярности.

Латунь – сплав меди с цинком, сваривают всеми способами, указанными для меди. Основное затруднение при сварке связано с испарением цинка, пары которого образуют ядовитые оксиды. При сварке угольным электродом применяют присадочные прутки из латуни. При сварке плавящимся электродом применяют проволоку из латуни. Автоматическая сварка латунных изделий выполняется проволокой из меди под флюсом АН-348-А или ОСЦ-45 с добавкой борной кислоты и кальцинированной соды при напряжении около 40 В. При газовой сварке латуни применяют пламя с избытком кислорода $\alpha = 1,3-1,4$. Образующаяся на поверхности окисная пленка цинка защищает металл от дальнейшего окисления. Сварку выполняют быстро, без перерывов в один проход. После сварки шов проковывают и отжигают при температуре $600-650^{\circ}\text{C}$ с последующим медленным охлаждением.

Бронза – сплав меди с оловом. При сварке оловянистых бронз угольным электродом в качестве присадочного материала применяют медные прутки, содержащие 3-4% Si и 0,25% Р. Флюс – прокаленная бура и борный шлак. При сварке специальных бронз применяют специальные прутки из материала, близкого по составу к свариваемым деталям. Прутки защищают различными покрытиями. Ток постоянный прямой полярности. Рекомендуется предварительный нагрев свариваемых деталей до $250-300^{\circ}\text{C}$. Допускается легкая проковка сварного шва.

Газовую сварку бронз выполняют нормальным пламенем. Свариваемые кромки подготавливают также, как и при сварке меди. Сварку также ведут бы-

стро в один проход. После сварки изделие нагревают до 400-450 °С и охлаждают в воде.

При сварке алюминия и его сплавов возникают трудности, связанные с тугоплавкостью пленки оксидов алюминия на поверхности деталей, температура плавления которых 2050 °С. Пленка мешает соединению свариваемых деталей, поскольку температура плавления чистого алюминия 658 °С. Коэффициент линейного расширения алюминия в 2 раза, а теплопроводность в 3 раза больше соответствующих параметров для стали, что приводит к значительным деформациям свариваемых деталей. Сварку алюминиевых деталей затрудняет также большая жидкотекучесть расплавленного металла и трудность определения начала плавления.

Алюминий и его сплавы чаще всего сваривают нейтральным ацетиленово-кислородным пламенем с использованием флюсов. Флюсы на основе фтористых и хлористых солей лития, натрия, калия и кальция растворяют пленку оксидов алюминия и способствуют качественному формированию сварного шва. Присадочный материал по химическому составу должен соответствовать основному металлу.

Алюминиево-кремнистые сплавы типа силумина сваривают газовым пламенем без флюса. Ответственные детали из этого сплава перед сваркой рекомендуется нагревать до температуры 300-500 °С.

Во время сварки алюминия и его сплавов электрод перемещают только прямолинейно без поперечных колебаний. Электрод располагается перпендикулярно к свариваемой поверхности. Алюминий также сваривают неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоновой среде с использованием присадочного материала. Диаметр электродов при толщине свариваемых электродов до 5 мм примерно равен толщине, а при большей толщине принимается 5-6 мм. После сварки детали рекомендуется нагревать до температуры 250-300 °С для улучшения качеств шва и снятия внутренних напряжений. Сваривать алюминиевые детали электродуговой сваркой рекомендуется постоянным током с обратной полярностью, что снижает разбрызгивание металла и способствует разрушению оксидной пленки.

При газовой сварке алюминия без флюса и присадочного материала деталь нагревают до температуры 250-300 °С. Возле трещины кладут кусочки дополнительного присадочного материала и нагревают свариваемый участок до температуры плавления, что фиксируют стальным крючком. Затем из основного металла крючком выводят оксиды алюминия и другие добавки или примеси, вводят в расплавленную ванну кусок подогретого дополнительного металла и крючком перемешивают металл в ванне, достигая надежного сплавления основного и присадочного материала. После сварки температуру детали выравнивают в электропечах в течение 1-2 минут при температуре 250-300 °С и деталь охлаждают на воздухе. При таком способе сварки отпадает необходимость в вырубке металла во время подготовки к сварке. Наружную поверхность детали зачищают металлической щеткой на расстоянии 12-25 мм от краев.

Ремонт деталей из титана выполняют аргонодуговой сваркой.

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ И ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ НАРАЩИВАНИЕМ МЕТАЛЛА

Ремонт деталей металлизацией

Сущность процесса металлизации состоит в том, что металлические покрытия на поверхности деталей наносятся распылением предварительно расплавленного металла, который дробится струей сжатого воздуха давлением 0,7 МПа на мельчайшие частицы диаметром 15-20 мкм, со скоростью 100-250 м/с ударяются о поверхность детали, проникают в поры и неровности, сцепляются с металлом и между собой. Это сцепление чисто механическое, т.к. плавление основного металла не происходит. Из-за больших скоростей и пластического состояния расплавленные частицы легко деформируются и принимают необходимую форму, заполняя поры и неровности поверхности детали.

Прочность сцепления металлизационного слоя с основным металлом возрастает с повышением шероховатости поверхности, снижением толщины покрытия и уменьшается при снижении давления распыляющего воздуха и увеличении расстояния от сопла металлизатора до обрабатываемой поверхности, т.к. в двух последних случаях снижается скорость удара частиц о поверхность.

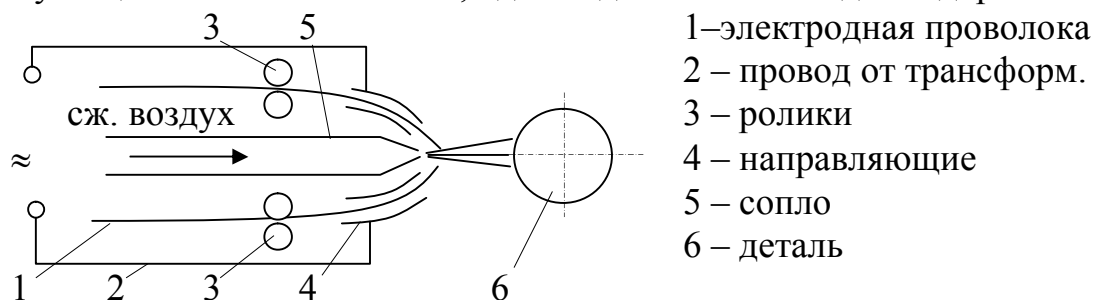
Однако повышение давления свыше нормативного не способствует увеличению прочности сцепления. Вследствие повышенной хрупкости металлизационного слоя, обусловленного его пористостью и малой пластичностью деталь не выдерживает ударных нагрузок, которые могут вызвать отслоение и разрушение покрытия. Поэтому нецелесообразно металлизировать зубья шестерен, канавки под поршневые кольца и т.д.

Для повышения прочности сцепления наносимого металла с основной поверхности придают шероховатость различными способами:

- 1) нарезанием рваной резьбы;
- 2) накаткой, насечкой;
- 3) пескоструйной обработкой.

Рваную резьбу нарезают на цилиндрических поверхностях резцом с углом заточки $50-60^\circ$, установленном на 3-6 мм ниже оси детали с вылетом резца по отношению к детали на 150-175 мм. Это вызывает вибрацию резца и дает рваную нарезку на поверхности детали. Аналогичные режимы применяют при строгании. Насечку получают зубилом без образования пересекающихся борозд.

Применяют электродуговые и газовые металлизаторы. В электродуговых проволока расплавляется электрической дугой, в газовых – под действием ацетиленово-кислородного пламени. Газовые металлизаторы обладают более высокими эксплуатационными качествами, однако для них необходимы дорогие



ацетилен или пропан и возможны взрывы.

В электродуговом металлизаторе протяжными роликами 3 по направляющим 4 непрерывно подаются две электродные проволоки 1, к которым подведен электрический ток. Возникающая между электродами дуга плавит металл. По соплу 5 в зону дуги поступает сжатый воздух, под действием которого расплавленный металл дробится на мелкие частицы и они с большой скоростью направляются к детали 6. Последовательным наплавлением расплавленного металла можно получить покрытие толщиной от нескольких микрон до 10 мм и более (обычно 1-1,5 мм для тугоплавких и 2,5-3 мм для легкоплавких металлов).

Конструкция газового металлизатора, в основном, такая же. Он имеет второе газовое сопло для плавления металла. Перед металлизацией сжатый воздух очищается от влаги и масла.

Возможна также высокочастотная (200-300 кГц) и плазменная металлизация. В первом случае металл плавится токами высокой частоты. Во втором случае металл нагревается до высоких температур и наносится на поверхность в виде плазмы. Имеются также установки для газопламенного нанесения порошковых материалов, в которых на восстанавливаемую поверхность наносятся оплавленные частицы металлического порошка. Газом-носителем является аргон.

Восстанавливаемую поверхность очищают от грязи, жиров и окалина травлением серной или соляной кислотой, промывкой щелочным раствором и водой и сушкой. Возможна механическая очистка.

Износоустойчивость металлизационных слоев, покрытых смазкой, при трении обычно превышает износоустойчивость того же металла до металлизации вследствие повышенной пористости, улучшающей условия смазки.

Металлизация применяется для восстановления или исправления дефектов деталей, наращивания изношенных поверхностей, заделки раковин в литье, повышения срока службы, защиты от коррозии и в качестве декоративного покрытия. Металл покрытия подбирается в зависимости от требований, предъявляемых к металлизационному слою:

- 1) сталь применяют для восстановления и ремонта деталей;
- 2) сталь нержавеющей используют для защиты от коррозии;
- 3) цинк, алюминий, кадмий защищают от атмосферной коррозии;
- 4) алюминий защищает сталь от действия высоких температур;

Достоинства способа металлизации:

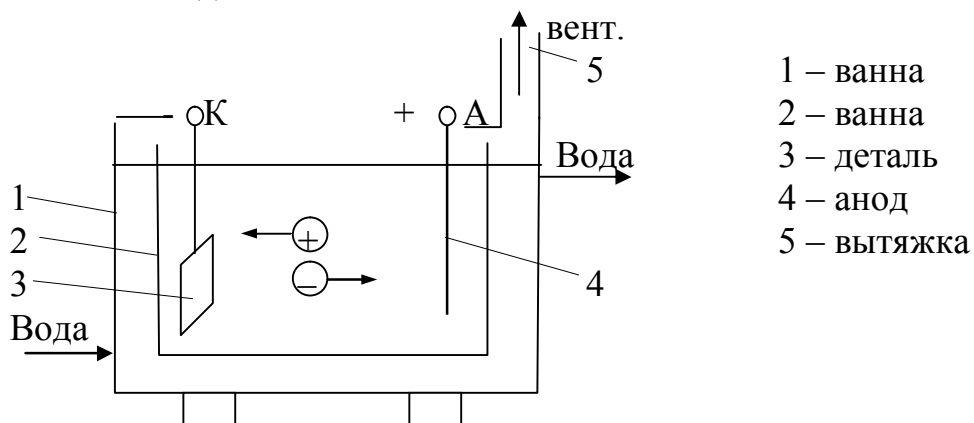
- 1) простота технологического процесса и оборудования;
- 2) деталь нагревается незначительно (80°C);
- 3) возможность выполнения ремонта без демонтажа оборудования;
- 4) низкая трудоемкость и стоимость работ и др.

Недостатки способа:

- 1) относительно низкая прочность сцепления металлизационного слоя с основным металлом;
- 2) пористость слоя наносимого металла.

Ремонт деталей электролитическим наращиванием металла

Электролитическое наращивание металла на изношенные поверхности деталей основано на явлениях электролиза. При прохождении через электролит постоянного тока положительно заряженные ионы (металлы, водород) движутся к катоду – электроду, соединенному с отрицательным полюсом, а отрицательные – к аноду – электроду, соединенному с положительным полюсом. При соприкосновении с анодом и катодом ионы теряют свой заряд и выделяются в виде нейтральных атомов. Катодами являются изделия, подлежащие покрытию, а анодами – различные металлы. В качестве электролита используются соли металла, осаждаемого на катоде.



Ванна 1 состоит из двух баков, вставленных один в другой. Внутренняя ванна 2 изнутри футерована кислотостойким материалом (винипластом или свинцом). Она заполняется электролитом, например, хромовым ангидридом и серной кислотой. Над ванной на изоляторах укреплены катод и анод, к которым подвешиваются хромируемая деталь 3 и свинцовый анод. Установка питается от источника постоянного тока напряжением 6-12 В. При прохождении электрического тока через ванну повышается температура электролита. Необходимая температура поддерживается охлаждающей водой, циркулирующей между двойными стенками ванн. Постоянство электролита поддерживается периодическим добавлением в ванну хромового ангидрида.

Электролитическое наращивание слоя хрома называется хромированием, железа – железнением или осталиванием, меди – меднением, цинка – цинкованием и т.д.

Хромовые покрытия обладают высокой твердостью, низким коэффициентом трения, большой износостойкостью, в несколько раз превышающей износостойкость нехромированных поверхностей. Кроме того, хромовые покрытия прочно соединяются с основным металлом и имеют высокую коррозионную стойкость. Хромирование применяют для восстановления деталей с небольшим износом, поскольку толщина хромового покрытия из-за хрупкости слоя редко превышает 0,3-0,5 мм.

Хромирование является сложным и дорогостоящим процессом. Получение слоя хрома значительной толщины требует много времени и значительного расхода электроэнергии. К.п.д. ванн невелик и составляет 13-18% при средних скоростях осаждения хрома 0,02-0,25 мм/час.

В отличие от хромирования осталивание позволяет наносить на слой металла значительно больше толщины (2-3 мм и более), который имеет мелкокри-

сталлическую структуру и механические свойства, близкие к свойствам среднеуглеродистой стали. Скорость осталивания в 10-30 раз выше, а потребность в электроэнергии в 5-6 раз меньше. Поэтому стоимость осталивания значительно меньше стоимости хромирования.

Износостойкость и прочность покрытий, полученных осталиванием, могут быть повышены последующей цементацией или хромированием. Такая комбинированная обработка позволяет восстанавливать детали с большим износом. Применение хромирования и осталивания ограничено сложностью, длительностью и дороговизной процесса.

После гальванических ванн детали промывают в воде и при необходимости подвергают механической обработке на станках. Толщина слоя осажденного железа после окончательной обработки не должна быть менее 0,2-0,3 мм.

Способы упрочнения деталей

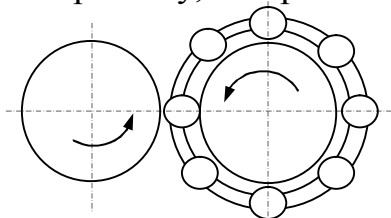
Для увеличения срока службы машин используют следующие способы повышения прочности и долговечности деталей:

1. Дробеструйное упрочнение достигается наклепом поверхности детали многочисленными ударами дробинки, движущимися со скоростью до 80 м/с. Обычно применяют дробь из отбеленного чугуна, реже – стальную диаметром 0,4-2 мм. Дробинки должны быть прочными, одинаковыми по диаметру и форме. Обработка дробью мелких размеров дает более чистую поверхность.

Дробеструйная обработка позволяет частично снимать напряжения в деталях после наплавки и грубой механической обработки. После дробеструйной обработки срок службы пружин увеличивается на порядок, зубьев шестерен – в 5-6 раз, шеек коленчатых валов – в 8-9 раз.

Для дробеструйной обработки используют механический или пневматический дробеметы. В механических дробеметах, которые более эффективны, дробь выбрасывается лопатками быстровращающейся турбинки, ротор которой имеет радиально расположенные лопатки. Пневматический дробемет имеет одну или несколько форсунок, в которые подается сжатый воздух 0,5-0,6 МПа.

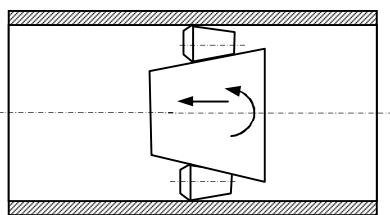
Скорость полета дробинки принимается в зависимости от требуемой глубины наклепа, но не должна превышать 90 м/с, что лимитируется прочностью дробинки. Дробеструйная обработка продолжается от нескольких секунд до 2-4 минут. После дробеструйной обработки детали не должны проходить термическую обработку, т.к. при температуре 450 °С все приобретенные качества теряются.



2. Упрочнение центробежно-шариковым наклепом основано на использовании центробежной силы стальных шариков диаметром 7-12 мм, свободно перемещающихся в гнездах специального приспособления, вращающегося со скоростью 20-40 м/с рядом с обрабатываемой поверхностью.

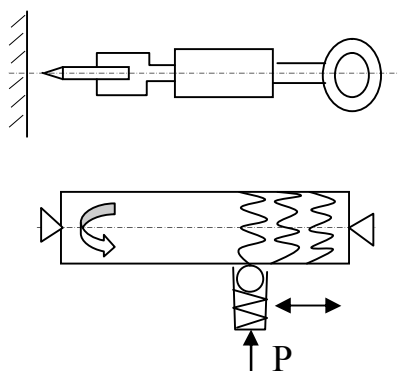
Встречая на своем пути деталь, движущуюся навстречу со скоростью 0,5-1,5 м/с, каждый шарик силой своей инерции производит наклеп, а также сглаживают поверхность детали. Встречное направление вращения детали повышает эффект упрочнения.

Глубина и степень наклепа, а также остаточные напряжения увеличиваются с повышением скорости вращения приспособления и детали, при бóльшем выходе шарика из сепаратора и его диаметре, т.к. ударная центробежная сила шарика в этом случае увеличивается.



роликами сминаются выступы и заполняются впадины, что повышает чистоту поверхности на 2-3 класса.

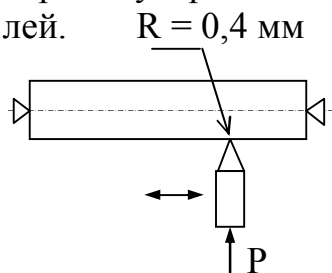
Диаметр и ширина роликов выбирают по конструктивным соображениям. При раскатке ролики иногда проскальзывают вдоль оси обрабатываемой детали. Проскальзывание и трение об обрабатываемую поверхность вызывают осевые нагрузки на роли, что вызывает необходимость ведения обработки со значительными усилиями. Поэтому применяют раскатку пружинящими шариками. При этом шарики самоустанавливаются относительно раскатываемой поверхности. Они не имеют принудительной оси вращения и проскальзывания.



4. Чеканка осуществляется ударным воздействием бойка. Глубина наклепа достигает 2-2,5 мм, сопротивление усталости повышается в 1,5-2 раза, долговечность – в 2 раза.

5. Виброокатывание характеризуется большой деформирующей способностью. Боек находится под воздействием постоянной нагрузки P и непрерывно колеблется в направлении, перпендикулярном действию этой силы. Деталь вращается в центрах. Поверхность обрабатываемой детали

хорошо удерживает смазку. Способ эффективен при обработке нежестких деталей.



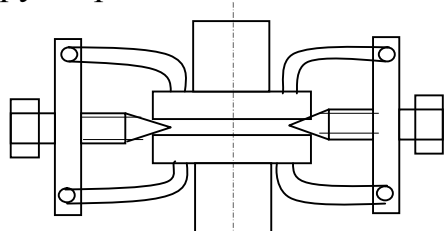
6. Алмазное выравнивание применяют при финишной обработке деталей. Упрочняюще-чистовая обработка пластичным деформированием поверхностного слоя предпочтительнее обработки резанием и других способов упрочнения, т.к. более проста, дешева и универсальна.

7. Упрочнение ультразвуковым инструментом. При замене статического метода деформации импульсивным можно добиться наибольшего повышения прочности металлов. В отличие от виброокатывания ультразвуковая обработка имеет большую частоту (более 20 кГц) и незначительную амплитуду (10-20 мкм), небольшую статическую нагрузку (30-300 Н), а колебания направлены вдоль оси действия статической нагрузки.

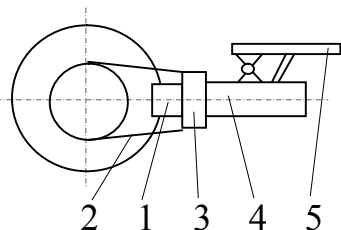
РЕМОНТ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОБОРУДОВАНИЯ

Ремонт трубопроводов и арматуры

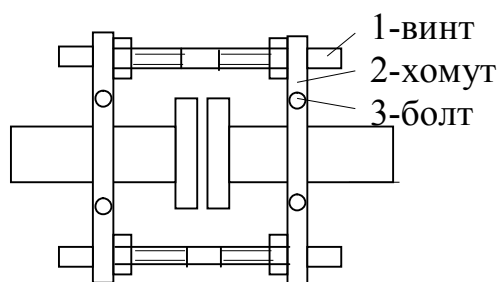
За 2-3 часа до разборки фланцевых соединений трубопроводов резьбовую часть крепежных деталей необходимо смочить керосином. Гайки отворачиваются в два приема: сначала все гайки ослабляются поворотом на 1/6 оборота, затем отворачиваются полностью в любой последовательности. При ремонте трубопроводов с целью замены прокладок весьма трудоемка раздвижка фланцев.



- 1-клин
- 2-цепь
- 3-головка
- 4-гидроцилиндр
- 5-рычаг насоса



Для раздвижки фланцев на трубопроводах высокого давления используют приспособление с гидроцилиндром. Цепи заводят за трубопровод. Клин вставляется между фланцами и передвигается плунжерным насосом.



- 1-винт
- 2-хомут
- 3-болт

Все приспособления для раздвижки фланцев напоминают съемники для выпрессовки деталей с вала. К одной половине хомута 2 привариваются гайки, вторая половина присоединяется к первой и крепится на трубе болтами 3. Хомуты соединяются винтами 1, имеющими с одной стороны правую резьбу, с другой – левую. При поочередном вращении винтов фланцы раздвигаются.

Раздвижку фланцев можно осуществить следующим образом. В двух диаметрально противоположных отверстиях фланца нарезается резьба. В эти отверстия вворачиваются болты, а в зазор между фланцами вставляются металлические пластины для упора болтов. При заворачивании болтов фланцы раздвигаются.

После демонтажа участка трубопровода свободные концы оставшихся труб необходимо закрыть пробками или заглушками. При установке нового участка его сначала укрепляют на опорах, а затем сваривают. Сначала сборка выполняется «начерно», т.е. свариваемые детали соединяются прихватками, фланцевые соединения собираются на монтажных болтах. После такой сборки и выверки положения трубопровода выполняется окончательная сварка стыков, во фланцевых соединениях монтажные болты заменяются постоянными с их окончательной затяжкой. Передача веса трубопровода на насосы, компрессоры и другое оборудование должна быть исключена.

При замене участков трубопроводов, работающих при высокой температуре, проводится предварительная растяжка компенсаторов температурных удлинений. При такой растяжке во время эксплуатации компенсатор примет первоначальное положение и не будет испытывать напряжений. После закрепления концов трубопровода на неподвижных опорах приспособление для растяжки удаляется.

Для предотвращения разрыва линзовых компенсаторов при перемещении трубопровода на компенсаторах при ремонте устанавливаются растяжки. Никогда не следует подтягивать фланцы на действующих трубопроводах, работающих под давлением.

После окончания капитального ремонта трубопровода проводится проверка качества работ, промывка или продувка, а затем испытания на прочность и плотность, которые выполняются до покрытия тепловой или антикоррозионной защиты. В наиболее низких участках трубопроводов ввариваются штуцеры для слива воды, в наиболее верхних – воздушники.

Наиболее распространенными причинами выхода запорной арматуры из строя являются: нарушение герметичности вследствие коррозии, забоин, вмятин на уплотняющих поверхностях, а также вследствие деформации корпуса из-за внешних нагрузок или температурных напряжений и появление трещин.

Несквозные дефекты в корпусе разделяются на всю глубину до чистого металла. Перед разделкой трещин на их концах сверлятся отверстия диаметром 8-10 мм. После разделки зачищаются кромки, прилегающие к местам вырубки, трещина заваривается и термически обрабатывается.

Различные раковины, каверны, задиры и другие дефекты уплотняющих поверхностей устраняются обточкой, шлифованием и притиркой на станке. Дефекты глубиной более 0,5 мм устраняются наплавкой металла с последующей механической обработкой.

Если дефектное седло запрессовано в корпусе, то оно вытачивается из корпуса и на его место запрессовывается или приваривается новое седло. Если седло посажено на резьбе, то его вывинчивают из корпуса и завинчивают новое седло. При износе резьбы корпуса ее растачивают на больший диаметр и новое седло запрессовывают или приваривают к корпусу. Подгонка, шлифовка и притирка колец клина задвижки выполняется в специальном приспособлении за одну установку.

Уплотнительная поверхности шпинделя должна быть гладкой, что достигается притиркой с использованием пасты ГОИ или шлифовального порошка, разведенного в масле. Внутренние поверхности, сопрягаемые со шпинделем, также проверяются на чистоту и отсутствие овальности.

Пружины не должны иметь вмятин, трещин, забоин и т.п. Опорные поверхности пружин обязаны быть плоскими на длине более $\frac{3}{4}$ витка. Пружины с трещинами отбраковываются. Испытание пружин заключается в трехкратном сжатии статической нагрузкой, вызывающей максимальный прогиб, с целью выявления остаточной деформации и сжатии статической максимальной рабочей нагрузкой с контролем величины сжатия пружины. Для безопасности испытаний пружин используются различные приспособления.

Притирку уплотняющих поверхностей седел осуществляют на сверлильном станке с использованием специальных приспособлений или на притирочном станке. Ремонт седла вентиля может выполняться на месте установки притиркой наждачной бумагой. Перед притиркой уплотнительные поверхности очищаются от ржавчины, нагара, грязи и промываются в керосине или бензине. После притирки арматура собирается и направляется на испытания прочности

корпуса и герметичность затвора, сальниковой набивки и прокладочных соединений.

Ремонт компрессоров и насосов

Основные виды износа в деталях поршневого компрессора:

- 1) коленчатый вал – изменение формы и размеров шатунных и коренных шеек вала, трещины в местах перехода шеек к щекам, прогиб;
- 2) коренные подшипники – износ баббитовой заливки, коробление вкладышей;
- 3) шатун – изгиб шатуна, износ вкладышей, вытягивание шатунных болтов;
- 4) крейцкопф – износ направляющих и пальца;
- 5) шток – износ штока в месте прохода через сальник, изгиб, срыв резьбы;
- 6) поршень – износ канавок для установки поршневых колец, износ колец;
- 7) цилиндр – изменение формы цилиндра (овальность, конусность, бочкообразность);
- 8) клапаны – износ пружин и рабочих поверхностей седла и тарелки клапана.

Допустимое уменьшение диаметра шеек коленчатого вала составляет 3%. При меньшем отклонении формы шейки шлифуют, при большем износе вал протачивается и к нему привариваются рубашки из двух половинок. Далее приваренные рубашки шлифуют. Трещины устраняются заваркой, а прогиб вала – правкой.

При небольшом увеличении зазора между заливкой и валом в подшипниках скольжения возможно уменьшение зазора путем снятия прокладок между половинками вкладыша. Основным же методом ремонта подшипников является перезаливка антифрикционного сплава с последующей механической обработкой.

Прогиб шатуна устраняется правкой. Проверяется параллельность отверстий кривошипной и крейцкопфной головок. При превышении непараллельности скрюченные шатуны подлежат замене. Шатунные болты при вытяжке или наличии трещин, сорванной резьбы заменяются новыми.

Башмак крейцкопфа перезаливается, если после пригонки толщина слоя баббита менее 1,5 мм или если баббит отслоился от тела башмака более чем на 10% поверхности, или если более 15% поверхности заливки покрыто трещинами. При малых износах палец восстанавливается шлифованием, хромированием с последующим шлифованием рабочих поверхностей, или наплавкой цапф с последующей механической обработкой.

Шток протачивается и шлифуется при износе до 1 мм на диаметр. Он восстанавливается хромированием или наплавкой с последующей механической обработкой. Шток выбраковывается при наличии изломов, трещин и срывов резьбы. Сальники заменяются при пропуске газа или через год непрерывной работы. Поршень при малых износах восстанавливается шлифованием наружного диаметра и канавок под поршневые кольца и заменяется при наличии изломов, трещин при чрезмерном износе. Величина соприкосновения поршневого кольца с зеркалом цилиндра не менее, чем на 2/3 длины окружности.

При незначительных износах цилиндр шлифуется. Допускается увеличение диаметра цилиндра до 2% проектного значения. При больших износах ци-

линдр растачивается и в него запрессовывается гильза, которая механически обрабатывается.

В центробежных компрессорах и турбогазовых турбинах детали с трещинами ротора выбраковывают. Царапины и задиры зачищаются и шлифуются. Шейки валов протачиваются и шлифуются до снижения диаметра не более 3%. Детали снимают и насаживают после их нагрева газовыми горелками до 200-250 °С. После ремонта ротора проводится его динамическая балансировка.

Небольшие зазоры в подшипниках скольжения устраняются удалением прокладок. При больших зазорах, выкрашивании, отслаивании баббитового слоя подшипники перезаливаются.

Небольшие трещины корпуса засверливаются по концам, отверстия глушатся, а сами трещины уплотняются накладками на мастике. Трещины, влияющие на прочность корпуса, завариваются и шов зачищается.

Износ внутренних поверхностей центробежного насоса устраняется наплавкой металла. Риски, забоины, вмятины на поверхностях разъема удаляются зачисткой. При значительных износах поверхности растачиваются или фрезеруются. Допускается расточка изношенных мест и запрессовка втулок с последующей механической обработкой.

Рабочие колеса восстанавливаются наплавкой и протачиванием. Чугунные колеса заменяются новыми или наплавляются медными электродами с последующей проточкой. На месте изношенных лопаток привариваются новые. Возможна наплавка отдельных участков лопастей.

Если в торцовых уплотнениях повышенная утечка жидкости обусловлена задиром трущихся поверхностей, то возможна притирка трущейся пары. При необходимости пара трения заменяется. Уплотнительные резиновые кольца при ремонте заменяются, т.к. в процессе эксплуатации они теряют свои эластичные свойства.

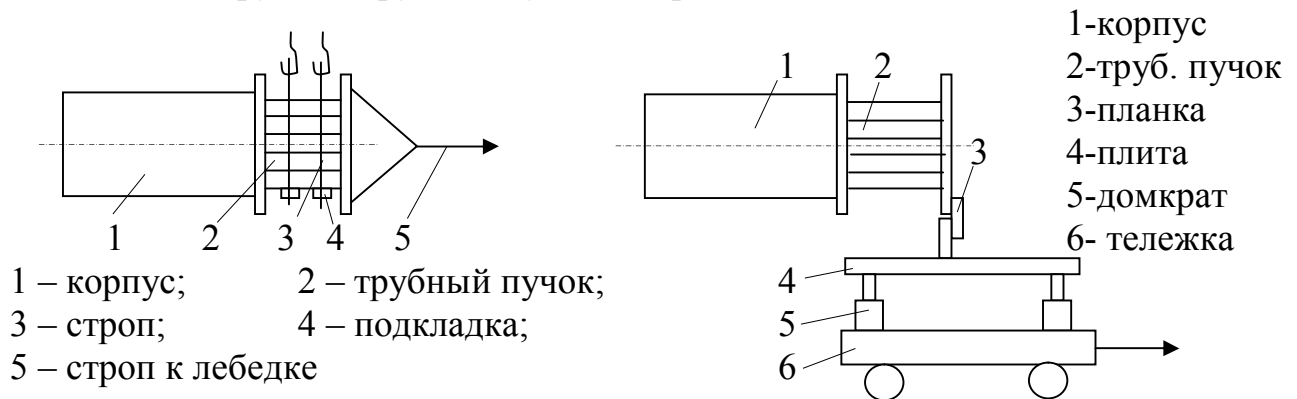
Одним из способов ремонта шестеренчатого насоса является смена мест полостей нагнетания и всасывания. Зазор между крышкой и шестернями (0,02-0,05 мм) создается изменением толщины прокладок. При небольших износах торцовых поверхностей цапфы и шестерни шлифуются, а при больших зазорах (более 0,25 мм) изношенные детали заменяют. Уменьшить глубину колодца можно: 1) заливкой баббита или эпоксидной смолы на дно колодцев с последующим фрезерованием; 2) фрезерование привалочных поверхностей корпуса или крышки.

При ремонте корпуса он фрезеруется и внутрь его запрессовывается гильза из алюминиевого сплава. Для повышения прочности сцепления соприкасаемые поверхности промазываются эпоксидным клеем с последующей механической обработкой гильзы.

При износе внутренних поверхностей втулки выбраковываются. При износе наружных поверхностей они восстанавливаются осадкой в корпусе или крышке. Уменьшение высоты при осадке компенсируется дополнительной шайбой. Используют также восстановление поверхностей втулок нанесением эпоксидной смолы.

Ремонт теплообменных аппаратов

При извлечении трубных пучков их поддерживают через специальные защитные пояса кранами, таями или опирают на подвижные тележки. Проще всего демонтируются трубные пучки в вертикальных теплообменниках.



При ремонте трубные пучки чистят 5-15% раствором HCl с ингибиторами для удаления накипи, органическими растворителями для удаления соответствующих органических веществ. Твердые неорганические осадки разрыхляются при выдержке в течение 24-30 часов в 5% растворе HCl с добавлением жидкого стекла и легче смываются водой.

Механическую очистку выполняют шомполами, сверлами, щетками, шарошками, бурами с подачей воды или воздуха. Для чистки U-образных труб используют резиновый шланг.

При гидропневматическом способе в трубку одновременно подают воду и сжатый воздух. Вода приобретает ускоренное поршневое движение с интенсивным завихрением, что способствует очистке поверхности. Соотношение воды и воздуха 1:1 по объему. При пескоструйной обработке достигается наибольшая степень очистки. Используют пневмо- и гидроструйные аппараты. Для интенсификации очистки используют ультразвук.

При ремонте трубного пучка допускается заглушать до 15% неисправных труб в каждом ходу пучка. Допускается использовать для эксплуатации трубки, потерявшие в результате коррозии до 30% первоначальной массы.

Дефектные завальцованные трубки обрезают ножовкой (наружные) или рассверливаются. Оставшиеся в доске концы трубок сплющиваются и удаляются. Затем через эти отверстия извлекают поврежденную трубу. Приваренные трубки удаляют вырубкой кольцевого шва вручную или специальной фрезой с приводом от электро- или пневмодрели.

Вновь вставляемые трубки должны быть длиннее пучка на 10 мм и концы их необходимо зачистить до металлического блеска. Отверстия в доске нужно тщательно осмотреть и очистить. Наличие продольных рисок на их поверхности не допускается. Зазор между трубкой и отверстием не более 1,5% диаметра трубки.

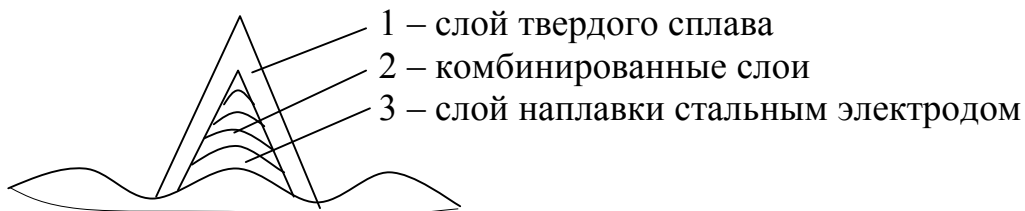
При вальцовке для снижения остаточных напряжений сначала вальцуют все трубки на одной доске, затем на второй. Сначала вальцуют 4 трубки крест-накрест, а затем остальные по периметру. Возможные дефекты вальцовки: резкий переход от вальцованной части к невальцованной, чрезмерная длина или

раздутый колокольчик на конце трубы, односторонний колокольчик, подрез трубы по кромке гнезда, трещины и разрывы трубы в вальцованной части.

Выпучины и вмятины на корпусе исправляют ударами кувалды через мягкую (медную) прокладку.

Ремонт дробильно-помольного оборудования

Щековые дробилки. Наиболее быстроизнашиваемые детали – броневые дробящие и распорные плиты, их гнезда, боковые плиты, вкладыши и шейки валов и осей. Дробящие плиты при износе более 30%, боковые – 20% по толщине, при наличии трещин заменяют новыми. Изношенные зубья плит восстанавливают наплавкой.



При износе сопряжений распорной плиты с вкладышем более 3 мм их меняют или восстанавливают наплавкой и механической обработкой. Устанавливать новые плиты на изношенные вкладыши и наоборот нельзя.

Валковые дробилки. У дробилок с гладкими валками больше всего изнашиваются средняя часть валков, у зубчатых – средняя часть зубьев. Их восстанавливают наплавкой сталинитом или сормайтотом. Изношенные вкладыши, шестерни, валы ремонтируют известными способами. Для увеличения срока службы раму устанавливают на демпфирующее основание из деревянных брусков, которые частично гасят колебания.

Конусные дробилки. Одна из самых сложных операций – восстановление сферической поверхности подшипника проточкой. Она выполняется с применением специальных приспособлений к карусельным токарным станкам и шаблонов. Сферы окончательно доводят притиркой на специальных притирочных установках. В качестве притира используют изношенный сферический подшипник. Притирку ведут абразивом с машинным маслом в течение до 100 часов. Дробящий конус ремонтируют наплавкой на специальных стендах.

Барабанные мельницы. Одной из основных задач при ремонте является устранение вибраций подшипников и редукторов, вызывающих повреждение фундамента и преждевременный износ деталей.

При износе плит до 30-40% толщины их наплавляют, а при износе более 70% или при наличии трещин заменяют новыми. Футеровка чаще всего крепится болтами. Обычно броня сильно расклинивается и трудно разбирается. Иногда перед выгрузкой шаров на креплении плит снимают все гайки кроме одной, которую только ослабляют. Затем включают привод и футеровка расшатывается. Иногда заклиненные плиты приходится вырезать автогенотом.

Футеровочные плиты у мельниц мокрого помола укладывают на резине или войлоке, пропитанном битумом, у мельниц сухого помола – на цементном растворе. Болты уплотняют паклей или х/б жгутом на сурике.

Броневые плиты ремонтируют наплавкой чугунными электродами, приваркой прутков и т.д.

Ремонт емкостных аппаратов

Подготовка резервуара к ремонту (как и другого оборудования, в котором используются пожаро- и взрывоопасные, а также ядовитые вещества) заключается в следующем:

- 1) отключение его от общей заводской сети и установка заглушек;
- 2) очистка резервуара от нефтепродуктов;
- 3) пропарка, промывка и продувка воздухом;
- 4) анализ воздуха;
- 5) очистка от грязи, песка, окалины.

Работа в емкости до ее дегазации выполняется в шланговых противогазах. Срок пребывания (не менее двух рабочих, один из которых страхует снаружи) в емкости не должен превышать 15 минут с отдыхом на свежем воздухе не менее 15 минут.

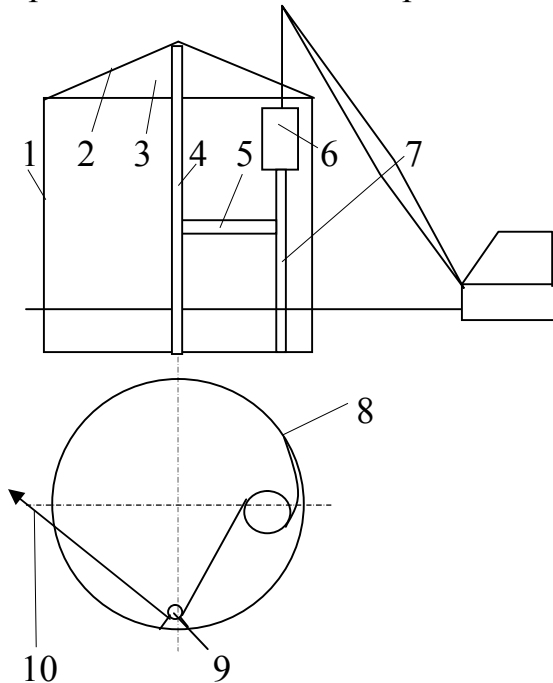
Трещины менее половины толщины стенки разделяются вырубкой зубилом до чистого металла и завариваются. Трещины глубиной более половины толщины стенки и сквозные узкие трещины разделяются на всю толщину металла вырубкой зубилом или газовым резаком и завариваются. Участки с широкими трещинами и сплошными проржавлениями вырезаются и на их место привариваются заплаты. При толщине металла до 6 мм заплаты привариваются внахлестку, при большей толщине – встык со сваркой с двух сторон. Величина нахлестки равна 30-40 мм. Размер заплаты должен быть не менее 200 x 150 мм и не более $\frac{1}{4}$ площади ремонтируемого листа. Небольшие вмятины и выпучины вырезаются и на их место ввариваются заплаты.

При небольших свищах, отверстиях, проржавлениях в кровле выполняется ее локальный ремонт. При сплошной коррозии меняется все покрытие вместе с поддерживающим каркасом, если он уже не может выдерживать нагрузок. При замене всего покрытия с каркасом крыша разрезается на отдельные элементы (сектора), которые последовательно демонтируются и заменяются новыми. При замене только настила его элементы срезаются с каркаса и привариваются новые элементы.

Ремонт поясов стенки может выполняться полистовой заменой при локальных дефектах или заменой всего пояса по периметру стенки рулонной заготовкой. При полистовой замене стенки в кровле вырезается монтажный проем шириной 1 м и длиной, равной или несколько большей длины заменяемого участка пояса. В проем опускаются навесные леса, с наружной стороны навешивается монтажная площадка. С них проводится демонтаж заменяемого листа вырезкой изнутри сварных швов.

Перед приваркой нового листа к стенкам резервуара привариваются монтажные уголки, на которые опирают монтируемый лист. После подгонки листа клиньями и прокладками с целью создания зазора в 1-2 мм между новым и старыми листами выполняется приварка листа к стенке емкости.

Применение рулонных заготовок по сравнению с полистовой заменой в несколько раз сокращает трудоемкость ремонта. В кровле резервуара вырезается монтажное окно, через которое в емкость опускают рулонную заготовку и все приспособления. Старые листы вырезаются через 6 м и краном опускаются на землю. Вертикальная начальная кромка рулона приваривается к стенке резервуара и рулон разворачивается лебедкой через отводной блок с одновременной передвижкой подставки краном. Тяговый трос закрепляется за серьгу,



1 – стенка; 2 – покрытие; 3 – каркас; 4 – центральная стойка; 5 – распорка; 7 – подставка; 8 – начальная кромка рулона; 9 – отводной блок; 10 – трос к лебедке

привариваемую к рулону, пропускается через отводной блок, привариваемый к стенке, и выводится через монтажное окно к лебедке или трактору. Монтажное окно усиливается приварными ребрами жесткости. По мере разворачивания рулона его полотнище прижимается к стенке с помощью клиньев и приваривается. Далее заменяется следующий участок пояса стенки.

При вырезке участка пояса стенки для уменьшения деформации оставшихся кромок стенки вначале выполняется нижний горизонтальный рез, затем вертикальные и последним – верхний горизонтальный рез.

Ремонт основания выполняется после подъема емкости и вырезки днища. Емкость поднимается домкратами, упираемыми в приварные ребра жесткости через 2-2,5 м друг от друга. После подъема аппарата вырезается половина днища и задвигается на другую половину. Основание засыпается грунтом, утрамбовывается и выравнивается. Вырезанная часть днища возвращается на место и приваривается внахлест. На нее заводится вторая половина днища для ремонта второй половины основания. После установки на место второй половины образовавшийся из-за нахлеста зазор закрывается накладной полосой.

При замене днища резервуар поднимается, днище разрезается на куски, отрезается от корпуса и удаляется наружу. Основание выравнивается и покрывается гидрофобным изолирующим материалом. Через монтажный проем внутрь подаются заготовленные листы и окрайки. Днище сваривается из листов и окрайков, корпус опускается и завариваются круговые швы, прикрепляющие корпус к окрайкам.

Ремонт днища, если нет необходимости замены его целиком, заключается в устранении трещин и выпучин. Для устранения выпучин над ней вырезается отверстие диаметром 200-250 мм и в полость между основанием и днищем засыпается и утрамбовывается грунт, пропитанный мазутом или нефтью. Далее вырезанное отверстие заваривается накладкой диаметром 300-350 мм. При зна-

чительно количестве выпучин составляется карта схема их расположения и в указанных местах вырезают отверстия, в которые нагнетают цементно-песчаный раствор

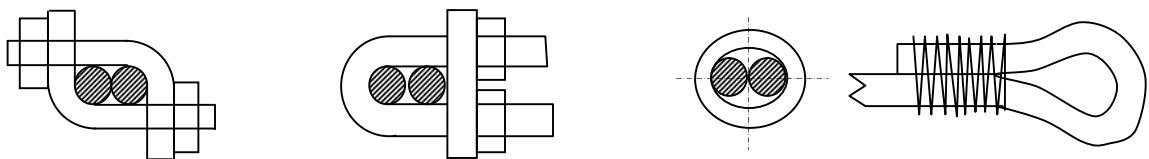
При образовании трещин песчаная подушка под резервуаром пропитывается нефтепродуктами в результате протечек. Для проведения в резервуаре огневых работ все трещины, раковины заклеивают эпоксидной смолой, а сверху наклеивают паронитовый лист.

ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Оборудование и оснастка для монтажных работ

Стальные проволочные канаты используются в качестве грузовых, поддерживающих, несущих и страховочных тросов, для изготовления стропов, расчалок, оттяжек. Их изготавливают из светлой (неоцинкованной) или оцинкованной проволоки диаметром 0,5-3,5 мм. Тросы из оцинкованной проволоки более стойки к коррозии, но они дороже и менее прочны, чем неоцинкованные. При монтажных работах широко применяют тросы из шести прядей, свитых вокруг органического сердечника из пеньки, волокна. Мягкий органический сердечник увеличивает гибкость каната, его сопротивляемость динамическим нагрузкам и удерживает смазку. Проволоки могут быть одинакового (О) или разного (Р) диаметра. Иногда применяют капроновые или пеньковые канаты. Различают канаты с точечным касанием (ТК), линейным касанием (ЛК) и точечно-линейным касанием (ТЛК).

Для соединения двух кусков троса, для изготовления петель и стропов применяют сплетение и крепление с помощью зажимов и узлов. Сплетение применяют при изготовлении инвентарных стропов для подъема однотипных грузов. В большинстве случаев канаты соединяют, завязывая узлы, скрепляя концы зажимами или обвязывая отоженной проволокой. Число зажимов для крепления $n=d/5$.



Коуши применяют для изготовления специальных петель. Они предохраняют трос от резкого изгиба, а проволоки – от перетирания. Их изготавливают из тонколистовой стали. Отношение диаметра захватного устройства к диаметру каната без коуша более 4, при использовании коуша более 3,5.

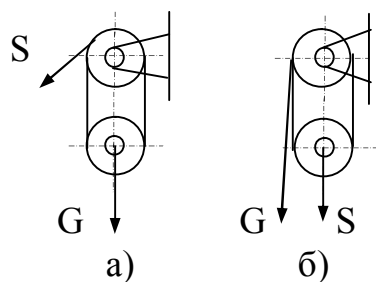
Узлы используют для сращивания канатов и для прикрепления их к таке-лажным устройствам. Основные требования к монтажным узлам заключаются в том, чтобы они были простыми, без резких перегибов каната, надежно удерживались во время работы и легко развязывались после опускания груза.

Стропы служат для подвешивания груза к крюку грузоподъемного устройства или к серьге блока полиспаста. В большинстве случаев выполняют из каната. Универсальные стропы представляют собой замкнутую петлю из канатов диаметром 20-30 мм длиной 5-15 м длина заплетки $-40 d$. В облегченных стропях диаметром 12-30 мм в петлях закреплены коуши, крюки. Многоветве-

вые стропы имеют 2, 3, 4 ветви. Витые инвентарные стропы применяют для подъема грузов большой массы и представляют собой замкнутую петлю переплетенных друг с другом и плотно уложенных витков каната. Цепные стропы используют для обвязки грузов с острыми углами. Канатные стропы в этих случаях защищают деревянными или металлическими прокладками.

Многоветвевые стропы часто используют в сочетании с траверсами, что позволяет снизить напряжение в стропях (уменьшение α) и в перемещаемых объектах. Траверсы изготавливают в виде балок, ферм, в средней части которых крепится кольцо или скоба для навешивания на крюк крана, а на периферии прикрепляются стропы. Траверсы могут непосредственно закрепляться на фланцах или головках оборудования. Для подъема грузов сложной конфигурации используют трехрогие траверсы. В балансирной траверсе по центру располагается шарнир для крепления груза, что позволяет избежать изменения нагрузки на каждый кран при изменении скорости подъема одним из кранов.

Различают подвижные и неподвижные блоки. Неподвижный блок закрепляется жестко и служит для изменения направления силы. Подвижными блоками можно получить выигрыш в силе или пути перемещения.

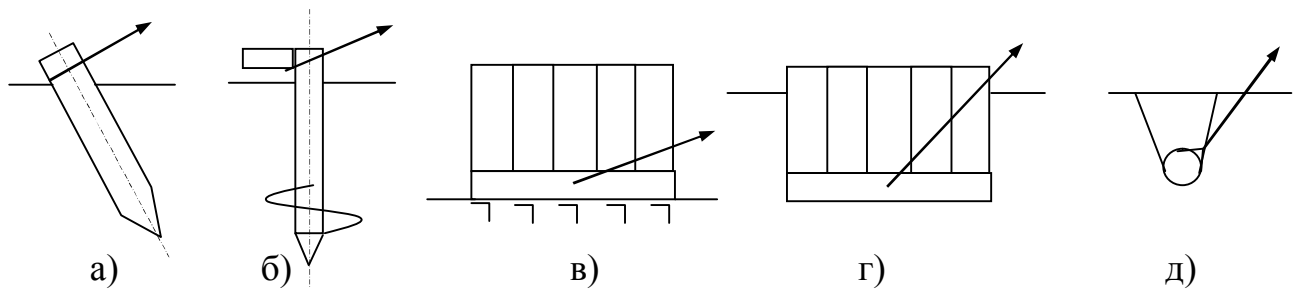


Полиспасты состоят из подвижного и неподвижного блоков. Один конец каната крепится к одному из блоков, а сбегающая ветвь подается на лебедку. Применяются для выигрыша в силе и в скорости. Первые применяют чаще.

Домкраты могут иметь ручной, электрический, гидравлический и пневматический приводы.

Для подъема и перемещения грузов широко применяют барабанные и рычажные лебедки, ручные тали и электротельферы.

Якорями называют неподвижные соединения, способные воспринимать горизонтальные и вертикальные усилия. Служат для закрепления лебедок, полиспастов, расчалок.



Свайный якорь (а) представляет собой сваю, забиваемую в грунт. В зависимости от направления действующей силы сваю забивают вертикально или под углом. Используют якоря из бревен, железобетона, швеллеров, двутавров.

Винтовой якорь (б) состоит из металлического стержня, к концу которого приварена спираль. Винтовой якорь вворачивается в грунт.

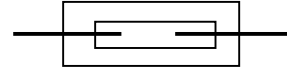
Инвентарные наземные якоря (в) изготавливают в виде жесткой рамы из швеллеров, на которую укладывают бетонные блоки. Масса якоря должна быть такой, чтобы силы, действующие на якорь, не опрокинули и не сдвинули его с

места. К низу рамы приваривают швеллеры или уголки полками вниз, что увеличивает сопротивляемость якоря. В середине рамы якоря приваривают ось с тягой, к которой прикрепляют канат.

Полузаглубленные инвентарные якоря (г) для повышения устойчивости заглубляют в грунт. Часть сдвигающей силы воспринимает стенка заглубления.

Земляные якоря (д) делают из одного или нескольких бревен, которые помещают в котловане и зарывают сверху землей

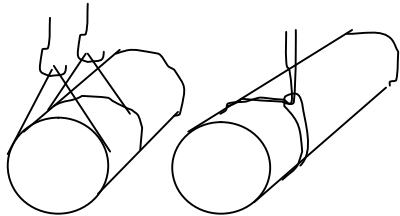
Скобы такелажные, рым-болты, талрепы.



Строповка аппаратов

Строповкой называют соединение аппарата с грузоподъемным оборудованием. Различают следующие способы строповки: канатный, с помощью затягивающейся петли, с помощью захватных устройств и бесканатная строповка.

При использовании канатного способа строповка выполняется одним или несколькими стропами, охватывающими корпус аппарата и прикрепленными к крюку грузоподъемного устройства. Канатным способом строят аппараты не-

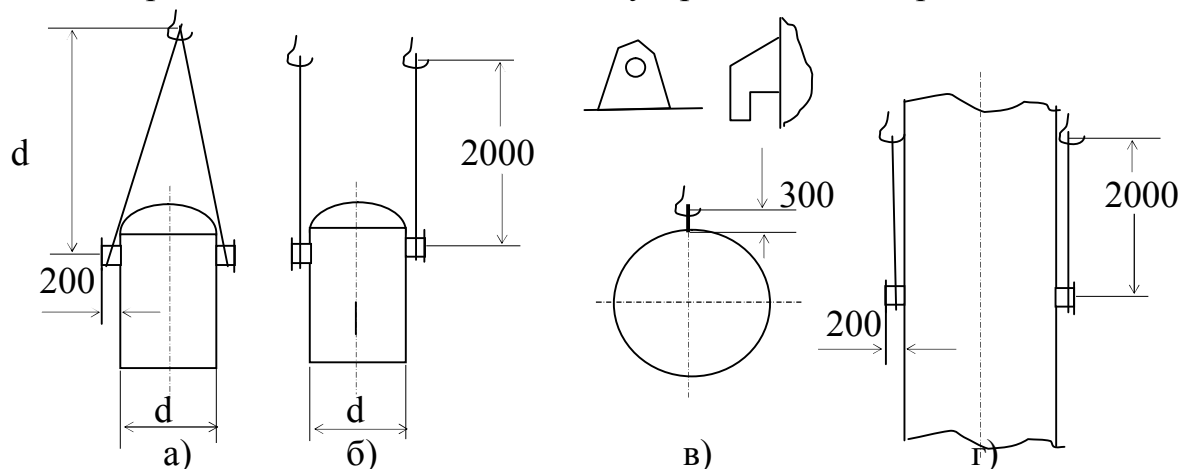


большой массы или если к аппарату нельзя приварить или закрепить другим способом устройства, к которым можно было бы прикрепить стропа. Этот способ имеет значительное применение при монтаже горизонтальных аппаратов. Наиболее простой – это подъем одним или двумя канатами.

Канатным способом можно поднимать аппараты в горизонтальном положении и поворачивать их в вертикальное положение. При этом аппарат поднимают двумя кранами. Аппарат поворачивается и занимает вертикальное положение, если один из кранов поднимает с большей скоростью, чем второй.

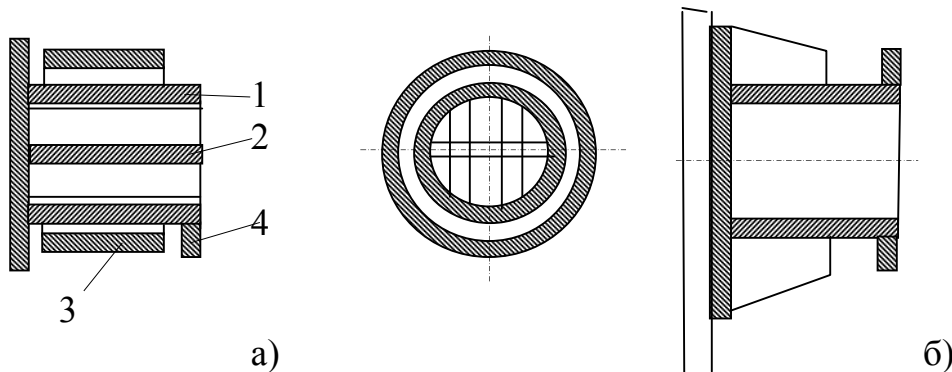
В практике подъема аппаратов применяют способ строповки с помощью затягивающейся петли. Этот способ заключается в том, что огибающий аппарат канат создает петлю, затягиваемую усилием подъема. Между канатом и аппаратом возникают силы трения, которые пропорциональны массе аппарата.

Строповка с помощью захватных устройств на аппарате наиболее широко



распространена. Этот способ строповки заключается в том, что на аппарате закрепляют штуперы, к которым прикрепляют строп. Если аппарат поднимают одним краном, со строповкой у вершины, то применяют схему (а). Если аппарат

поднимают двумя кранами, то используют схему (б). При сравнительно небольшой массе аппарата к нему приваривают скобу (в), за которую аппарат поднимают одним краном. Если строповку выполняют не у вершины, то штуцеры приваривают по схеме (г). Достоинством этого способа строповки является его сравнительная простота и надежность. Однако не ко всем аппаратам можно приварить штуцеры. На участках аппарата, где размещены штуцеры, возникают значительные напряжения и эти участки часто требуют усиления. Наиболее простая конструкция (а) состоит из трубы 1, внутри которой приварены ребра жесткости 2. Трубу приваривают к стенке аппарата. Для уменьшения силы трения между стропом и штуцером на штуцер надевают втулку 3 и к трубе 1 приваривают фланец 4, предохраняющий строп от сползания со штуцера.

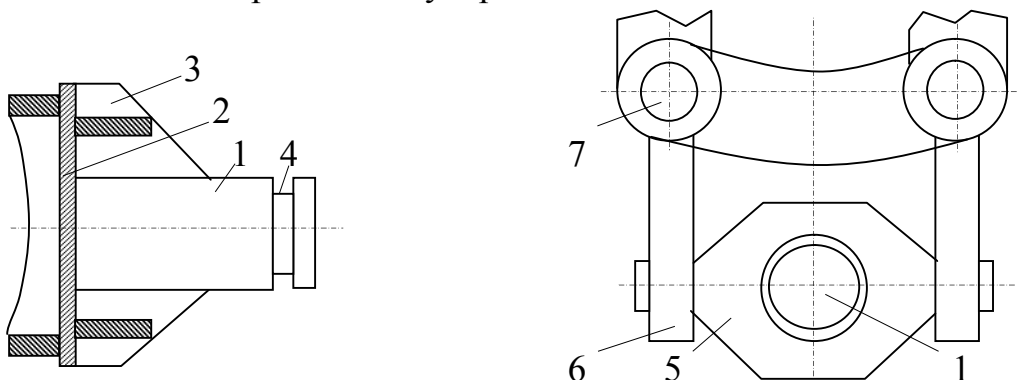


приваривают фланец 4, предохраняющий строп от сползания со штуцера.

Если по условиям монтажа штуцер должен иметь большую длину, то крепление его на сварке, особенно ребер жесткости затруднено. Поэтому соединение штуцера с аппаратом усиливают с помощью наружных ребер жесткости (б). Возможна установка внутренних и наружных ребер.

Для монтажа толстостенных аппаратов могут быть использованы штуцеры, ввертываемые в корпус аппарата, если это возможно по условиям прочности. В качестве монтажных штуцеров могут использоваться имеющиеся на корпусе аппарата технологические штуцеры. Диаметр штуцера должен быть более 4,5 диаметра стропа.

Канатная строповка требует значительного расхода стропов. Между канатом и штуцером возникают значительные силы трения. При большом отклонении грузового полиспаста от оси аппарата не исключается возможность соскальзывания стропа со штуцера.



Способ бесканатной строповки заключается в том, что штуцер аппарата соединяют с захватным устройством грузового полиспаста с помощью шарнирного устройства. Для этого вида строповки используется штуцер в виде цапфы 1,

приваренной к диску 2. Для повышения прочности к диску и цапфе приварены ребра жесткости 3. На конце цапфы сделана выточка 4, в которую устанавливают стопор в виде двух полуколец. Такое устройство перед монтажом приваривается к аппарату, а после монтажа срезается с него, т. е. является инвентарным.

На цапфу 1 надевают траверсу 5. Серьги 6 одним отверстием навешиваются на цапфу 1, а вторым – на ось 7 подъемного полиспаста. Такое шарнирное устройство позволяет аппарату поворачиваться в плоскости подъема. Оси полиспаста могут отклоняться от вертикали. Силы трения в цапфе при этом значительно меньше, чем при тех же отклонениях полиспаста и запасовке стальным канатом.

МОНТАЖНЫЕ КРАНЫ И МАЧТОВЫЕ ПОДЪЕМНИКИ

Краны

Применение кранов снижает продолжительность монтажных работ в 5-10 раз, повышает производительность в 5-7 раз по сравнению с мачтовыми подъемниками. Краны требуют меньшего количества подготовительных работ: устройства якорей, запасовки полиспастов, установки расчалок, испытания оснастки и др.

По грузоподъемности краны делят на легкие ($Q_{\max}$ до 10 т), средние ($Q_{\max}$ 10-25 т) и тяжелые ($Q_{\max}$ более 25 т). Краны на пневмокольном ходу имеют ограниченную грузоподъемность из-за низкого давления воздуха в камерах колес. По этой причине гусеничные краны имеют преимущество перед пневмокольными кранами. Гусеничные краны имеют хорошую проходимость и маневренность, могут передвигаться даже с грузом на крюке, могут передвигаться на влагонасыщенном грунте. Однако скорость их передвижения невелика и требуется их перебазирование на трейлере. Пневмокольные краны имеют выносные опоры с винтовыми или гидравлическими домкратами. Более мобильны, чем гусеничные.

Рабочее оборудование крана выполнено в виде прямой стрелы, прямой стрелы с гуськом, телескопической раздвижной стрелы. Гуськом называется дополнительная короткая стрела, присоединяемая к оголовку основной стрелы для увеличения вылета крюка. Стрела оснащается грузовым полиспастом и крюком для поднятия груза. Подъем и опускание груза осуществляется главной лебедкой, подъем и опускание стрелы – стрелоподъемной лебедкой. Вращение поворотной платформы выполняется с помощью поворотного механизма.

Грузоподъемность крана определяется как вес наибольшего груза, который может быть поднят краном при сохранении необходимого запаса устойчивости и прочности. Груз наибольшего веса кран поднимает при минимальном вылете крюка. Вылетом крюка называется расстояние между вертикальной осью вращения поворотной платформы и вертикальной осью центра тяжести поднимаемого груза.

Краны с телескопическими стрелами имеют возможность изменять длину стрелы с грузом на крюке, что позволяет подавать груз в монтажный проем и увеличить зону обслуживания с одной стоянки крана, что важно при стесненных условиях работы. Стрела крана – телескопическая, многосекционная, чаще

двухсекционная, коробчатого сечения. Фиксация выдвижной секции стрелы может быть выполнена в любом положении. Один гидроцилиндр, находящийся внутри стрелы, обеспечивает вывод подвижной секции, другой – поднимает или опускает стрелу. Гидравлические опоры обеспечивают установку крана в вертикальном положении на площадке с уклоном.

Тяжелые монтажные краны имеют многоосные шасси с несколькими приводами и несколькими управляемыми осями. На шасси устанавливаются поворотно-выдвижные опоры. Краны снабжаются короткой стрелой для погрузочно-разгрузочных работ, длинной стрелой и стрелой с гуськом – для монтажных работ. При увеличении вылета крюка грузоподъемность крана снижается и может составить 20-30% паспортной. Грузоподъемность увеличивают за счет следующих средств.



Временное расчаливание стрелы (а) увеличивает грузоподъемность по сравнению с паспортной на 20-100 %. Неманевренное расчаливание обеспечивает только возможность поднимать груз и изменять вылет стрелы, маневренное дополнительно позволяет поворачивать платформу с грузом на крюке.

Вынесение стрелы на временную опору-тележку (б) на рельсовом или пневмоколесном ходу также увеличивает грузоподъемность крана. Опорно-поворотный механизм соединяется с поворотной платформой крана с помощью рамы и движется по секционированному круговому пути, обеспечивая при необходимости поворот крана на 360° .

Передвижные противовесы (в) шарнирно закрепляются на рычаге, соединенном с платформой рамы и связанном с грузовым канатом и стрелой крана.

При опирании стрел двух кранов на ригель (г) исключается потеря устойчивости кранов в плоскости расположения стрел. Для исключения дополнительных усилий на краны место строповки аппарата располагается строго на оси фундамента, которая должна располагаться в плоскости стрел кранов. Ри-

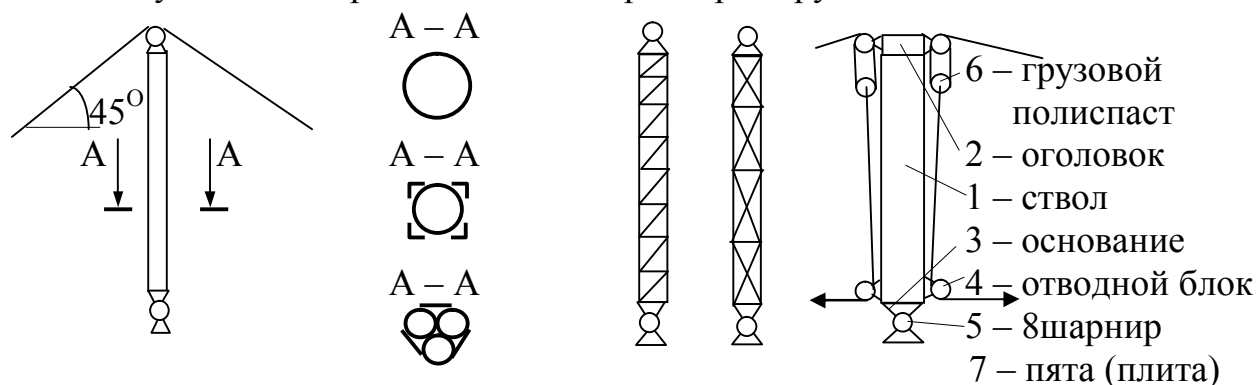
гель, закрепленный на оголовке одной из стрел, после сближения кранов опускается на оголовки второй стрелы и соединяется с ней. После соединения пазов ригеля с осью на стреле второго крана стреловые полиспасты ослабляются, а подъем ведется грузовыми полиспастами. Про подъем груза не допускается отклонение грузовых полиспастов от вертикали более, чем на 1° . После монтажа аппарата стреловые полиспасты кранов натягиваются, ригель поднимется лебедкой вспомогательного подъема и выводится из зацепления с оголовком второй стрелы.

При опирании стрелы двух кранов на опорные стойки (д) грузоподъемность кранов увеличивается в полтора раза. В качестве опорных стоек используются шевры. При натяжении стреловых полиспастов проводится подъем шевров таким образом, чтобы между основанием шевров и их опорной поверхностью образовался зазор 30 мм. Этот зазор при последующем нагружении шевров позволяет передать часть нагрузки на стрелу крана. При подъеме опорная часть поднимаемого аппарата подтягивается с помощью лебедки и тягового полиспаста.

Наклон грузового полиспаста в сторону стрелы (е) уменьшает опрокидывающий момент. Поэтому этим методом можно поднимать аппараты весом, превышающем грузоподъемность крана в 2-3 раза. Подъем аппарата выполняется поворотом вокруг шарнира в результате последовательных включений грузового полиспаста и перемещения стрелы, что предварительно определяется методом графоаналитического расчета. При достижении положения неустойчивого равновесия включается тормозная система. Возникающая при этом способе подъема горизонтальная сила, стремящаяся сдвинуть кран, сравнительно небольшая и сдвига крана не происходит.

Мачтовые подъемники

Мачтовые подъемники являются наиболее распространенными средствами монтажа любых тяжеловесных и крупногабаритных аппаратов, устанавливаемых на любой высоте, в том числе устанавливаемых на высоких фундаментах и постаментов. Как универсальные монтажные средства мачтовые подъемники выпускаются определенных типоразмеров грузоподъемностью 20-500 т.



На базе мачтовых подъемников изготавливаются порталы и шевры.

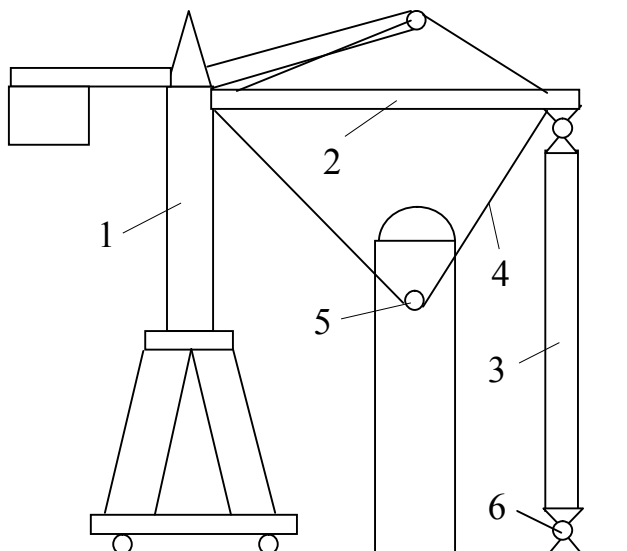
Монтажные мачты используются в тех случаях, когда отсутствуют краны необходимой грузоподъемности или высоты поднятия груза. Металлические мачты могут быть трубчатыми или решетчатыми. В вертикальном или наклон-

ном положении мачты удерживаются расчалками, которые одним концом крепятся за оголовки мачты, другим – за якоря. Расчалки крепятся к проушинам. Количество расчалок не менее трех, угол наклона к горизонту не более 45° , а при необходимости передвижки мачты – не более 30° . Мачта состоит из оголовка 2, ствола 1 и основания 3. Оголовок – это верхняя часть мачты, служащая для крепления расчалок и полиспаста. Может быть неподвижным и вращающимся. В основании мачты имеется шарнир 5. Грузовой полиспаст 6 крепится к оголовку через штырь или ось. Сбегающий канат полиспаста отводится от мачты через отводной блок 4, расположенный у основания мачты. Основание мачты также расчаливается для предотвращения его сдвига.

Трубчатые мачты изготавливаются из труб диаметром 400-1400 мм, решетчатые – из уголков, соединенных раскосами. Разборные мачты состоят из секций, соединяемых фланцами, что позволяет выбрать наиболее оптимальную высоту. При увеличении высоты грузоподъемность мачты снижается.

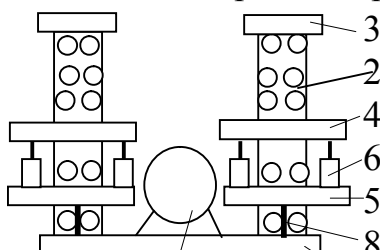
Для наклона мачты предусматривается шарнирная опора. При этом низ мачты крепится на шарнире в одной плоскости в башмаке, который, в свою очередь, крепится шарниром в другой плоскости к фундаменту. Таким образом создается возможность поворота мачты, который выполняется изменением длины расчалок. Возможно также использование шарового шарнира.

Портал имеет П-образную форму в виде прямоугольной плоской рамы. Якоря и расчалки, удерживающие портал при его наклоне, находятся в плоскости качания. Устойчивость портала позволяет обходиться без боковых расчалок. Порталом можно поднимать аппараты, перемещать их в плоскости портала и устанавливать на фундаменты или постаменты, находящиеся не в плоскости портала. Ригель трубчатого и решетчатого порталов изготавливается из труб. Удельная металлоемкость монтажных мачт 0,25-0,35 т/т груза, высота – 0,75-1,15 высоты аппарата на фундаменте.



Монтаж тяжеловесных аппаратов можно выполнить с помощью Г-образной приставки к башенному крану 1, которая состоит из ригеля 2, шарнирно прикрепляемого к башне крана 1 и к вертикальной мачте 3, опирающейся шаровой опорой 6 на подпятник башмака. Шарнирные соединения позволяют приподнимать приставку при перемещении крана к месту монтажа очередного аппарата. Стреловое оборудование крана используется

для монтажа и перемещения приставки при перебазировании крана. Г-образное приспособление позволяет поднимать аппараты весом, превышающем грузоподъемность крана в 2 раза.



К мачтовым подъемникам относятся также Гидropодъемники, основным элементом которого

Являются две стойки 2 с перемещающимися по ним шагающим гидравлическим подъемным механизмом и траверсы 7. Вверху каждая стойка имеет оголовки 3 для крепления расчалок., внизу – шарнирную опору для наклона стойки. По всей высоте стойки расположены окна для опирания кулачков кареток. Каждая каретка имеет по 4 кулачка. Верхняя 4 и нижняя 5 каретки соединяются червями гидроцилиндрами 6, масло к которым подводится от насосной станции. Нижняя каретка 5 тягой 8 соединяется с траверсой 7, на которой закреплен груз 1. Применение гидроподъемников в 2-3 раза уменьшает объем подготовительных работ по сравнению с использованием мачт, однако перестановка гидроподъемника требует его полного демонтажа.

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ

Общие требования

Руководитель предприятия обязан обеспечить лично или организовать, назначив ответственных лиц, содержание машин, съемных грузозахватных приспособлений, тары в исправном состоянии и безопасную их работу.

Для выполнения обязанностей крановщика и его помощника, слесаря, электромонтера, стропальщика могут назначаться рабочие не моложе 18 лет. Крановщики, их помощники и обслуживающий персонал перед назначением на работу должны пройти медицинское освидетельствование. Подготовка крановщиков, их помощников, слесарей, электромонтеров и стропальщиков должна производиться по разрешению органа технадзора в ПТУ или учебно-курсовых комбинатах, в технических школах предприятий, располагающих – необходимой базой.

Сварщики металлоконструкций грузоподъемных машин, съемных грузозахватных устройств и тары, должны быть аттестованы. Также должны быть аттестованы лаборатории, выполняющие неразрушающий контроль металла и сварных соединений при изготовлении, монтаже и ремонте машин.

Специалисты, выполняющие надзор за содержанием грузоподъемных машин в исправном состоянии, должны иметь специальное техническое образование, повышать свою квалификацию в специальных учебных заведениях не реже одного раза в 5 лет и не реже, чем один раз в 3 года проходить проверку знаний Правил в экзаменационных комиссиях с участием инспектора технадзора. Лица, не имеющие технического образования, должны быть обучены на курсах, создаваемых по согласованию с органом технадзора, и не реже одного раза в 5 лет проходить повышение квалификации.

Первичная проверка Правил у руководителей, специалистов, рабочих, а также председателей и членов экзаменационных комиссий должна производиться с участием представителя органа технадзора. Повторная проверка знаний руководителей и специалистов проводится не реже одного раза в 3 года, проверка знаний обслуживающего персонала (крановщиков и их помощников, слесарей, электромонтеров, наладчиков приборов безопасности и стропальщи-

ков) – не реже одного раза в 12 месяцев. Повторная проверка знаний проводится также при переходе на другое место работы по требованию лица, ответственного за безопасную работу грузоподъемных машин или представителя органа технадзора. Крановщики и их помощники при перерыве в их работе более 1 года и установлении комиссией необходимых знаний должны пройти стажировку для восстановления необходимых навыков. Крановщики и их помощники при переводе с одного типа крана на другой, к управлению которым они не допускались, перед назначением на должность должны быть обучены и аттестованы.

Рабочие основных профессий (станочник, монтажник и т.п.) допускаются к управлению грузоподъемной машиной с пола или со стационарного пульта и к зацепке груза на крюк такой машины после соответствующего инструктажа и проверки навыков по управлению машиной и строповке грузов в установленном владельцем порядке. К управлению кранами по радио допускаются рабочие, имеющие профессию и удостоверение крановщика.

Рабочие основных профессий, обслуживающие краны, управляемые с пола или со стационарного пульта, и производящие зацепку грузов, должны проходить повторный инструктаж каждые 3 месяца.

Рабочие, не занятые обслуживанием кранов, но работающие в зоне их действия, должны проходить инструктаж не реже, чем через 6 месяцев.

Требования к устройству грузоподъемных машин

Краны должны быть оборудованы приводами, обеспечивающими плавный пуск и остановку всех механизмов, а по требованию потребителя – регулируемые и посадочные скорости. Скорость передвижения кранов, управляемых с пола, не должна превышать $0,83 \text{ м/с} = 50 \text{ м/мин}$, а их тележек – $0,53 \text{ м/с} = 32 \text{ м/мин}$. Уклон пути грузовых тележек с наибольшим рабочим грузом не должен превышать 0,003.

В узлах механизмов грузоподъемных машин, передающих крутящий момент, должны применяться шлицевые, шпоночные, болтовые соединения.

Тяговые колеса грузоподъемных машин с ручным приводом должны быть закреплены на валу и иметь направляющие для предотвращения сползания работающих на ней цепей. Длина тяговой цепи выбирается такой, чтобы ее нижняя часть находилась на высоте 500-600 мм от опорной поверхности рабочего, управляющего машиной.

Канаты допускаются к использованию только при наличии документа о качестве завода-изготовителя или свидетельства об испытаниях. Петля на конце каната при креплении его на грузоподъемной машине, а также петля стропа, сопряженная с кольцами, крюками и другими деталями должна выполняться с применением коуша путем заплетки свободного конца каната или установки зажимов. Конец каната на грузоподъемной машине может крепиться в стальной кованной, штампованной или литой клиновой втулке с закреплением клином, в конусной втулке путем заливки легким сплавом или другими способами. Применение сварных втулок не допускается. Число проколов каждой прядью при заплетке зависит от диаметра каната.

Диаметр каната, мм	Минимальное количество проколов каждой прядью
до 15	4
от 15 до 28	5
от 28 до 60	6

Количество зажимов определяется при проектировании ($n = d/5$) и не должно быть менее 3. Шаг расположения зажимов и длина свободного каната за последним зажимом не менее $6d$.

При проектировании, а также перед установкой на грузоподъемную машину канаты должны быть проверены расчетом по формуле

$$F > S \cdot Z_p,$$

где F – разрывное усилие каната в целом, Н;

S – наибольшее расчетное натяжение в ветви каната без учета динамических нагрузок, Н. Указывается в паспорте крана;

Z_p – минимальный коэффициент использования каната (минимальный запас прочности). Изменяется от 3,15 до 9 для подвижных канатов и от 2,5 до 5 для неподвижных канатов в зависимости от группы классификации (режима) механизма. При подъеме людей величина Z_p должна быть не менее 4,5.

Коэффициент запаса прочности на разрыв пластинчатых цепей должен быть при ручном приводе не менее 3, при машинном приводе не менее 5, для сварных цепей по отношению к разрушающей нагрузке 3-5 при ручном приводе и 5-8 при машинном приводе в зависимости от назначения цепи.

Краны должны быть оборудованы низковольтным ремонтным напряжением не более 42 В с питанием от трансформатора или аккумулятора, установленного на кране.

Установка стрелового самоходного крана должна производиться на спланированной и подготовленной площадке с учетом категории и характера грунта. Не разрешается устанавливать кран для работы на свеженасыпанном неутрамбованном грунте, а также на площадке с уклоном, превышающем указанный в его паспорте. Расстояние между поворотной частью крана при любом его положении и строениями, штабелями грузов и другими предметами должно быть не менее 1000 мм.

Расстояние по горизонтали между выступающими частями крана, передвигающемуся по наземному рельсовому пути, и строениями, штабелями грузов и другими предметами, расположенными на высоте до 2000 мм от уровня земли или рабочих площадок, должно быть не менее 700 мм, а на высоте более 2000 мм – не менее 400 мм.

Эксплуатация грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины до пуска в работу должны быть зарегистрированы в органах технадзора по письменному заявлению владельца и паспорта грузоподъемной машины. К заявлению прилагается заключение независимого эксперта, подтверждающее, что кран прошел полное техническое освидетельствование и его техническое состояние, а также организация его эксплуатации обеспечивает безопасное ведение работ.

Грузоподъемные машины, находящиеся в работе, должны подвергаться техническому освидетельствованию:

- а) частичному – не реже одного раза в 12 месяцев;
- б) полному – не реже одного раза в 3 года за исключением редко работающих машин, например, кранов, использующихся при ремонте оборудования.

Редко используемые грузоподъемные машины подвергаются полному техническому освидетельствованию не реже одного раза в 5 лет. Отнесение кранов к категории редко используемых производится владельцем по согласованию с органом технадзора.

Внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемной машины должно проводиться после:

- а) монтажа, вызванного установкой грузоподъемной машины на новом месте;
- б) реконструкции грузоподъемной машины;
- в) ремонта или замены расчетных элементов или узлов, металлоконструкций грузоподъемной машины с применением сварки;
- г) установки сменного стрелового оборудования или замены стрелы, например, при переводе стрелового крана в башенное исполнение;
- д) капитального ремонта или замены грузовой или стреловой лебедки;
- е) замены крюка или крюковой подвески, после чего проводятся только статические испытания;
- ж) замены несущих или вантовых канатов кранов кабельного типа;
- з) установки портального крана на новом месте работы.

При полном техническом освидетельствовании грузоподъемная машина подвергается: а) осмотру; б) статическому испытанию; в) динамическому испытанию.

При частичном техническом освидетельствовании статические и динамические испытания машины не производятся.

При частичном техническом освидетельствовании грузоподъемной машины должны быть осмотрены и проверены в работе ее узлы и механизмы, электрооборудование, приборы безопасности, аппараты управления, тормоза, ходовые колеса, освещение, сигнализация и габариты.

Статические испытания грузоподъемной машины с целью проверки ее прочности проводятся нагрузкой, на 25 % превышающей ее грузоподъемность, в следующей последовательности. Кран устанавливается над опорами крановых путей, а его тележка или тележки – в положение, отвечающее наибольшему прогибу. Крюком или устройством, заменяющим его, груз захватывается и поднимается на высоту 100-200 мм с последующей выдержкой в таком положении в течение 10 минут, по истечении которых груз опускается и проверяется отсутствие остаточной деформации моста крана. При наличии у крана нескольких консолей каждая из них испытывается отдельно. При наличии у крана сменного стрелового оборудования испытания проводятся в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности для данного оборудования.

Кран считается прошедшим испытание, если в течение 10 минут груз не опустится на землю, не будет обнаружено трещин, остаточной деформации и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

Динамические испытания грузоподъемной машины с целью проверки действия ее механизмов и тормозов проводятся грузом, на 10 % превышающим грузоподъемность машины. При динамических испытаниях проводятся многократные подъемы и опускания груза, проверка действий других механизмов машины при совмещении рабочих движений, предусмотренных инструкцией по эксплуатации. У грузоподъемной машины, оборудованной двумя и более механизмами подъема, испытывается каждый механизм.

Результаты технического освидетельствования грузоподъемной машины записывается в ее паспорт лицом, проводившим освидетельствование, с указанием срока следующего освидетельствования.

Результаты осмотров и технических освидетельствований, сведения о ремонтах грузоподъемной машины заносятся в журнал. Сведения о ремонтах, вызывающих необходимость внеочередного технического освидетельствования грузоподъемной машины, заносятся в ее паспорт.

Результаты осмотра съемных грузозахватных приспособлений и тары заносятся в журнал.

В процессе эксплуатации съемных грузозахватных приспособлений и тары должны периодически проводиться их осмотр в следующие сроки:

траверс, клещей и других захватов и тары – каждый месяц;
 стропов (за исключением редко используемых) – каждые 10 дней;
 редко используемых съемных грузозахватных приспособлений – перед выдачей их в работу.

Браковка стропов съемных грузозахватных приспособлений проводится в соответствии со следующими рекомендациями.

Канатный строп подлежит браковке, если число видимых разрывов наружных проволок каната превышает указанные в таблице.

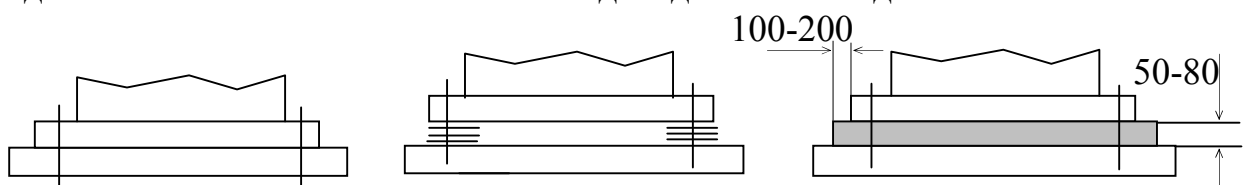
Стропы из канатов двойной свивки	Число видимых обрывов проволок на участке канатного стропы длиной		
	$3 d$	$6 d$	$30 d$
	4	6	16

Браковка канатов грузоподъемных машин, находящихся в эксплуатации, должна проводиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации или согласно положений Правил в зависимости от группы классификации (режима) механизма и числа наружных проволок в наружных прядях.

Установка оборудования на фундаменте

При закреплении на фундаменте за счет присоединения жесткости фундамента жесткость корпусов, станин повышается. Опираение на фундамент осуществляется следующими способами.

Наиболее предпочтительны бесподкладочные методы монтажа, т.к. более экономичные. Однако необходимость компенсации неточностей изготовления фундамента заставляет использовать подкладочные методы монтажа. Пакеты



опирание непосредственно на фундамент

опирание на пакет прокладок

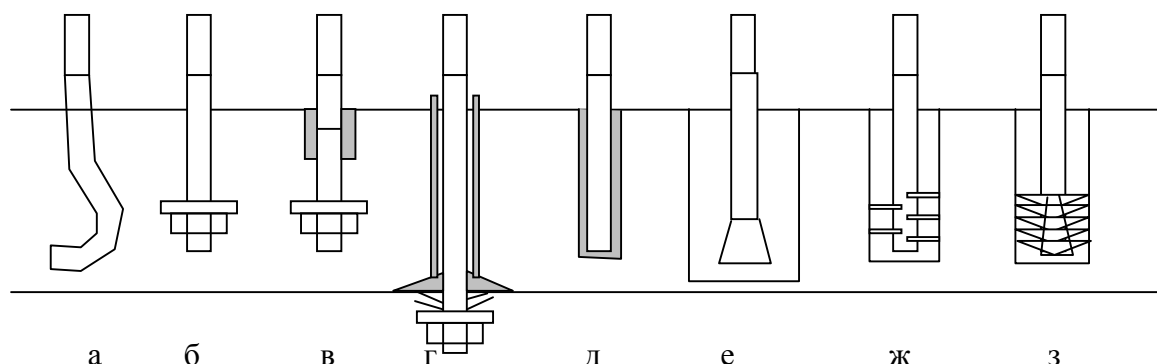
опирание на бетонную подливку

прокладок являются постоянными несущими опорами и воспринимают как монтажные, так и эксплуатационные нагрузки. Подливка имеет вспомогательное значение.

При бесподкладочных методах монтажа несущими поверхностями являются бетонная подливка или выверенная поверхность фундамента. Толщина слоя подливки 50-80 мм, в плане должна выступать не менее чем на 100 мм за опорную поверхность оборудования и должна иметь уклон в сторону от оборудования.

Предварительная регулировка оборудования по высоте выполняется вращением установочных гаек, а тонкая регулировка – сжатием упругой прокладки усилием предварительной затяжки гаек. После подливки и твердения бетонной смеси крепежные гайки затягиваются окончательно.

Фундаментные болты делятся на конструктивные и расчетные или силовые. Конструктивные болты служат для конструктивного закрепления оборудования на фундаменте и для предотвращения случайных сползаний. Они предусматриваются для оборудования, устойчивость которого обеспечивается собственным весом. Расчетные болты воспринимают нагрузки, возникающие при работе технологического оборудования. Основные типы фундаментных болтов.



Болты с отгибами (а) являются наиболее простыми и устанавливаются непосредственно в массив фундамента или в колодец с помощью кондуктора. Болты с анкерными плитами (б) имеют меньшую длину, чем болты с отгибами, и таким же образом заделываются в фундамент. Составные болты (в) применяются при установке оборудования методом поворота вокруг шарнира или надвижки. В этих случаях муфта и нижняя шпилька с анкерной плитой устанавливаются в массив фундамента во время бетонирования, а верхняя шпилька вворачивается в муфту после установки оборудования. Болты с изолирующей трубой (г) могут быть съемными и устанавливаются с амортизирующими опорами, например, в виде тарельчатых пружин. Прямые болты, закрепляемые эпоксидным клеем (д), цементной зачеканкой (е), распорными цангами (ж) и распорными втулками (з) устанавливаются в просверленные скважины.

Крепление оборудования на междуэтажных перекрытиях выполняется болтами, пропущенными через перекрытие или устанавливаемыми в глухие отверстия перекрытий на глубину 4-5 диаметров болта.

Заниженный фундамент наращивается заливкой, у завышенного вырубается верхний слой. При отсутствии фундаментных болтов сверлятся скважины под них. При расхождении плана расположения фундаментных болтов с отверстиями в оборудовании возможна приварка и изгиб болтов или установка промежуточной плиты (рамы), отверстия в которой совпадают с расположением фундаментных болтов, а дополнительные отверстия служат для крепления оборудования на плите.

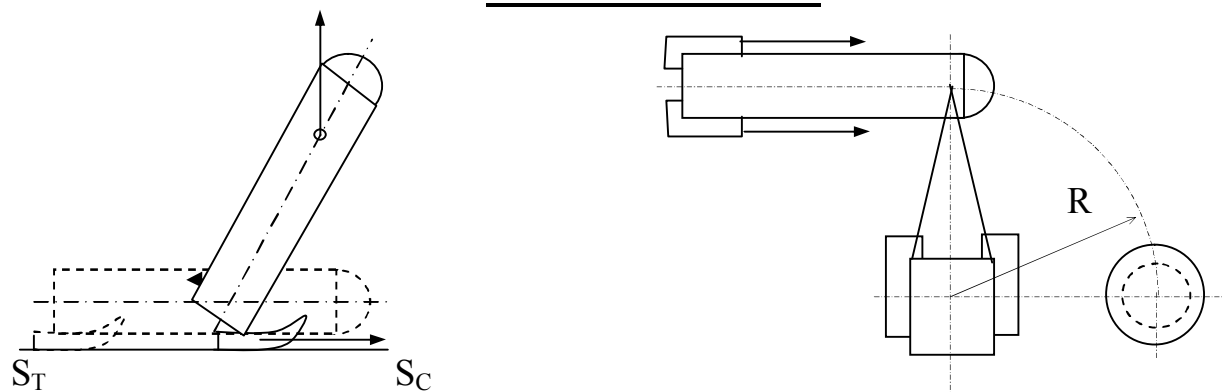
Для облегчения монтажа отверстия под фундаментные болты в оборудовании выполняются диаметром, который в 1,5-2 раза больше диаметра болтов. После выверки оборудования поверх отверстия под гайку привариваются шайбы с меньшими отверстиями.

Проверка фундаментов перед монтажом выполняется с помощью струн, натянутых по осям фундамента, и отвесов или нивелиром. Кроме высотных отметок проверяются размеры фундамента, расположение отверстий для фундаментных болтов или сами болты. При выверке оборудования по осям фундамента его горизонтальное или вертикальное перемещение ведется кранами, домкратами, винтовыми упорами, рычагами или клиновыми приспособлениями. При выверке оборудования по высоте кроме регулировочных винтов могут быть использованы инвентарные регулировочные домкраты, которые перед подливкой окружаются опалубкой, а после затвердевания подливки извлекаются с последующей заливки образованной ниши бетонной смесью. Для одновременной выверки по высоте и в плане применяются двухвинтовые устройства, в которых горизонтальное перемещение выполняется одним винтом, а вертикальное – другим.

Через 7-10 суток после подливки, когда, в основном, заканчиваются усадочные деформации бетона, отворачиваются на 2-3 оборота установочные болты или извлекаются инвентарные домкраты, выполняется окончательная выверка оборудования и затяжка фундаментных болтов. Для обеспечения равномерности затяжка должна производиться не менее, чем в три обхода.

СПОСОБЫ ПОДЪЕМА АППАРАТОВ

Способ скольжения

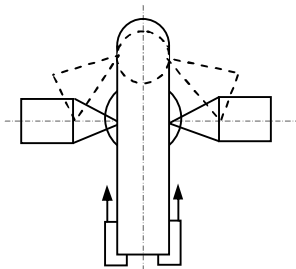


¹ При этом способе подъема верхний конец аппарата поднимают краном и одновременно подтягивают его к фундаменту. Нижнюю часть аппарата укладывают на металлические листы или тележки. Если высота подъема крюка

больше длины аппарата, то строповку выполняют у вершины аппарата, если меньше, то аппарат стропят ниже вершины, но выше центра тяжести.

Для подъема одним краном аппарат укладывают относительно фундамента так, чтобы место строповки аппарата и ось фундамента находились на окружности, описываемой полиспастом при повороте крана. Одновременно с подъемом аппарат подтаскивают вдоль оси с помощью подтягивающей системы (лебедки, трактора), т.к. отклонение грузового полиспаста от вертикали не должно превышать 1° . Для снижения сил трения при подтягивании основание аппарата укладывают на платформы при нормальной силе на участке соприкосновения аппарата с площадкой более 50 т или используют сани, если нормальная сила менее 50 т. Допускаемое удельное давление на утрамбованный грунт не более 0,2-0,25 МПа. После подъема, когда аппарат займет вертикальное положение, его перемещают поворотом стрелы крана, наводят на фундамент и опускают на него. Аппарат поднимают на такую высоту, чтобы расстояние между его днищем и анкерными болтами было равно 0,2 м. Для снижения высоты подъема применяют разъемные фундаментные болты на резьбовой муфте.

При строповке аппарата ниже вершины, но выше центра тяжести (обычно на расстоянии $2/3$ высоты от основания) для придания аппарату вертикального положения используют оттяжку. Подъем аппарата двумя кранами используют, если нет кранов нужной грузоподъемности. Аппарат укладывают на фундамент

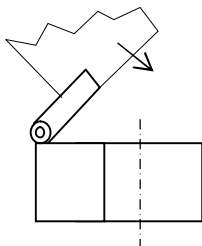


так, чтобы место строповки совпадало с фундаментом. Аппарат поднимают, подтягивая его нижнюю часть. Возможен способ подъема аппарата, при котором его укладывают на фундамент так, что для его установки необходим не только подъем аппарата, но и поворот стрел на некоторый угол. Стropовку аппарата можно выполнять как у вершины, так и ближе к центру тяжести. Иногда для установки на фундамент требуется дополнительно

перемещение самих кранов. Однако перемещение кранов с грузом является сложной операцией и требует подготовки пути.

Способ поворота вокруг шарнира

Получил широкое применение. При использовании этого способа уменьшается необходимая грузоподъемность кранов, т.к. при подъеме аппарат не отрывается от земли, а все время одним концом опирается на шарнир. Способ заключается в том, что на нижней части аппарата закрепляют шарнир, размещенный возле фундамента. Аппарат при подъеме поворачивается вокруг оси шарнира и сразу устанавливается на фундаменте в соответствии с проектным положением.



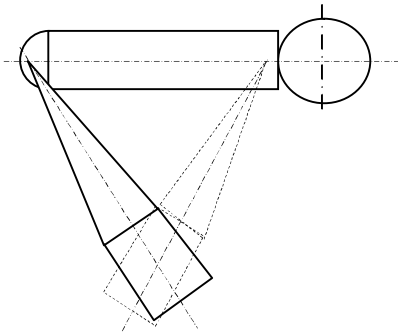
Для плавного опускания аппарата на фундамент из нейтрального положения пользуются тормозной и подтягивающей системами. Эту операцию можно осуществить с помощью гидроцилиндра. Гидроцилиндр со штоком устанавливают на шаровую опору. К аппарату приваривают башмак, в который упирается шток гидроцилиндра. Шток при нейтральном по-

ложении аппарата находится в нейтральном положении. При подъеме гидроцилиндр выдвигается, что приводит к повороту аппарата вокруг шарнира. При опускании гидроцилиндр втягивается, что приводит к возврату аппарата в нейтральное положение.

ложении аппарата занимает верхнее положение и в дальнейшем медленно опускается.

На кран и грузовые полиспасты действуют значительно меньшие нагрузки. Наибольшие нагрузки возникают в начале подъема, когда имеется возможность контроля за работой грузоподъемных устройств. Однако на изготовление шарнира требуются определенные затраты труда и ресурсов, т.к. его металлоемкость составляет 2,5-3,5% поднимаемого аппарата. Аппарат необходимо точно укладывать на фундамент.

Различают следующие типы шарниров: 1) с опорной частью, привариваемой к юбке аппарата, которая обычно разрезается; 2) с опорной частью, устанавливаемой на вспомогательной плите возле фундамента; 3) с рычажной системой, ось поворота которой расположена значительно выше верха фундамента, позволяющей дополнительно поднимать или опускать аппарат; 4) с демпфирующим устройством, дающим возможность плавно опускать аппарат на фундамент после достижения нейтрального положения.



Подъем одноэтапным методом ведут в следующем порядке. Шарнир закрепляют на фундаменте, затем аппарат на шарнире. Стрелу крана устанавливают под некоторым углом к оси аппарата в плане. Подъем начинают при минимальном вылете крюка. Одновременно с подъемом поворачивают стрелу коси фундамента и поднимают ее, уменьшая вылет крюка.

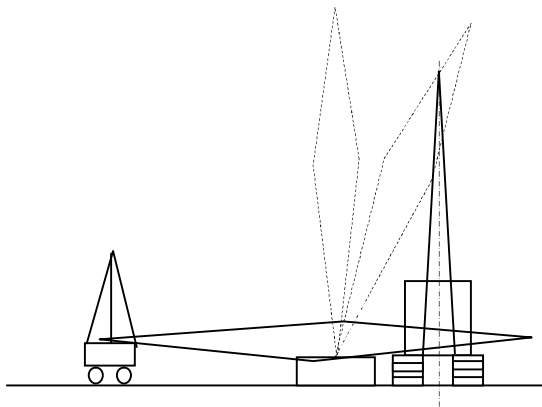
Подъем двухэтапным методом отличается от одноэтапного тем, что аппарат поднимают краном до максимально возможной высоты, которую обеспечивает подкрановое пространство так, чтобы угол между осью аппарата и горизонтом был не менее $50-60^\circ$. После этого включают дотягивающую систему. При ее включении постепенно ослабляют натяжение в грузовом полиспасте крана. При приближении аппарата к нейтральному положению включают тормозную систему. Аппарат поддерживают в плоскости подъема боковыми расчалками. При строповке аппарата ниже вершины, дотягивающую систему целесообразно стропить у вершины.

Подъем аппаратов мачтовыми подъемниками

Как и при подъеме кранами, аппараты поднимают мачтовыми подъемниками, в основном, способами скольжения и поворота вокруг шарнира. Аппарат стропят у вершины или на некотором расстоянии от нее, но выше центра тяжести. Аппарат поднимают в один этап, т.е. без дотягивающей системы или в два этапа. Подъем выполняется одной, двумя или четырьмя мачтами.

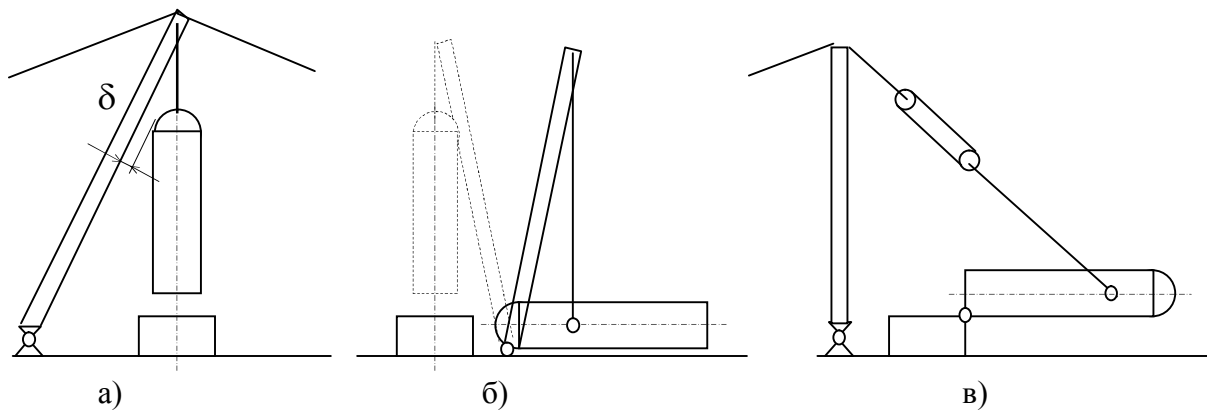
Наиболее сложным из подготовительных работ является монтаж мачт и определяется длиной мачт и значительной массой. Чаще всего мачты монтируют одним или двумя кранами или в отдельных случаях вспомогательными мачтами. Обычно мачты поднимают в два этапа. На первом этапе мачту поднимают на угол $70-75^\circ$ с горизонтом, а затем дотягивают до вертикального положения расчалками. Перед установкой мачту собирают из отдельных секций, опоры

устанавливают на подготовленное основание. На мачту монтируют полиспасты, закрепляют расчалки к оголовку мачты и якорям.



Мачту устанавливают способом скольжения со строповкой ее на расстоянии $2/3$ от основания и укладывают на фундамент. Нижний конец мачты подвешивают на полиспаст трубоукладчика, который по мере подъема мачты перемещают к фундаменту. После совмещения шарнира мачты с опорной плитой трубоукладчик поднимает мачту и заводит шарнир в опорную плиту. Поднимающий кран устанавливается

так, чтобы он мог поднять мачту на угол $70-75^\circ$. Затем мачту дотягивают до вертикального положения расчалками. Другими расчалками, перпендикулярными плоскости чертежа мачта удерживается от падения.

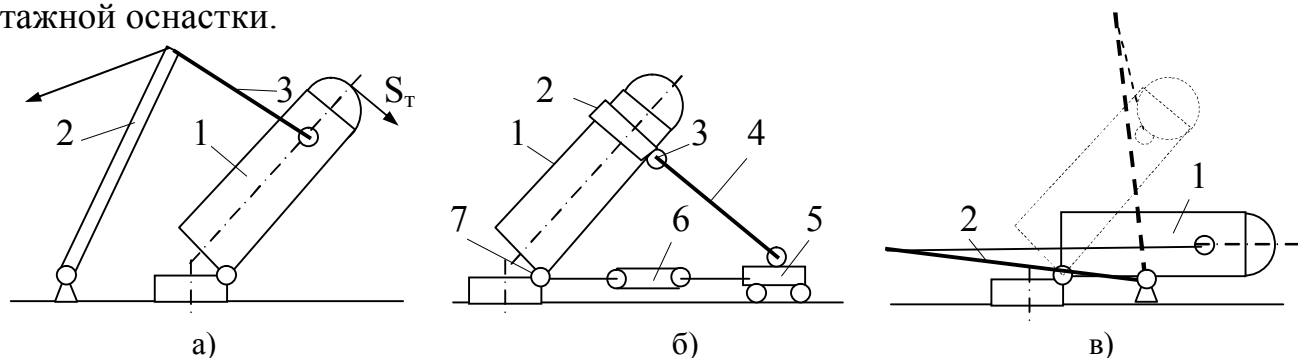


Подъем аппарата одной мачтой способом скольжения (а). Мачту выбирают по грузоподъемности и высоте подъема. Из технологических соображений и требований техники безопасности расположение мачты и поднимаемого груза должно обеспечить технологический зазор δ . Грузовой полиспаст не должен отклоняться от вертикали.

Подъем аппаратов двумя мачтами (б). Аппарат монтируют двумя мачтами, если его масса больше грузоподъемности одного мачтового подъемника. Мачты устанавливают в наклонном положении на некотором расстоянии от фундамента. Не рекомендуется, чтобы угол отклонения мачты от вертикали больше $12-15^\circ$. Нижний конец аппарата укладывают на сани. К вершинам аппарата прикреплены 3 расчалки. При наклонном положении мачт после строповки аппарата поднимают его верхнюю часть и подтягивают сани. После принятия аппаратом вертикального положения на 1 м выше фундамента мачты поворачивают лебедками или тракторами, заводят и опускают аппарат на фундамент.

Подъем аппаратов поворотом вокруг шарнира можно осуществить разными мачтовыми подъемниками. Одной мачтой можно поднимать аппарат за один этап, т.е без дотягивания или за два этапа. В последнем случае (в) аппарат поднимают на угол $70-75^\circ$ к горизонту, а затем дотягивают его расчалками. Мачта закрепляется в вертикальном положении. Она может быть размещена слева от фундамента, как показано на рис., но может быть размещена и справа

от него, т.е. между фундаментом и центром тяжести аппарата. Во втором случае можно поднимать аппараты, масса которых в 1,5 раза больше грузоподъемности мачты. Однако в этом случае требуется более длинная мачта, чем при подъеме по схеме (в), нужна дотяжка аппарата и увеличенное количество монтажной оснастки.



Подъем аппарата падающей мачтой (шевром) (а). Аппарат 1 прикреплен к шевру 2 канатом 3, длина которого не изменяется. При подъеме аппарата шевр поворачивается против часовой стрелки и тянет за собой аппарат, снабженный боковыми расчалками и тормозной системой, которая включается по достижении аппаратом нейтрального положения и плавно опускает аппарат на фундамент.

Подъем аппаратов способом выжимания (б) применяется для уменьшения количества монтажной оснастки, а также площади, необходимой для размещения этой оснастки, что важно при работе в стесненных условиях. В верхней части аппарата 1 устанавливают хомут 2, соединенный шарниром 3 с толкателем 4, второй конец которого шарнирно прикреплен к тележке 5, установленной на рельсах. Тележка 5 связана с основным шарниром 7 полиспастом 6, неподвижный блок которого прикреплен к шарниру, а подвижный – к тележке. Аппарат поднимается при уменьшении длины полиспаста 6 и при движении тележки к шарниру. Недостатком способа являются значительные усилия в монтажной оснастке в начале подъема.

Принцип подъема аппарата шевром по схеме (в) состоит в том, что аппарат 1 поднимают шевром 2, который первоначально находится в горизонтальном положении. При натяжении полиспастов сначала поднимается шевр до некоторого угла. Затем начинается подъем аппарата. Для снижения реакций шарнира и опор шевра их соединяют канатами. При подъеме аппарата шевр все время находится в подвижном равновесии.

Монтаж насосов, вентиляторов, компрессоров

Перед монтажом проводится проверка и подготовка фундамента под оборудование. Фундамент не должен иметь трещин, пустот и оголенной арматуры, что проверяется наружным осмотром. После наружного осмотра проверяются размеры фундамента, его высотные отметки, а также расположение относительной осей здания.

После устранения обнаруженных дефектов фундамент по акту принимается под монтаж. Подготовка к монтажу оборудования заключается в разметке и подготовке мест установки подкладок, которые устанавливаются по обе стороны каждого колодца под фундаментные болты, а также под опорами насоса и

двигателя. Места установки подкладок выравниваются зубилом. Они должны быть горизонтальными, располагаться на одной высоте с допуском до 5 мм и иметь размеры на 10-20 мм больше размеров подкладок.

По окончании подготовительных работ по фундаменту проводится ревизия насоса, установка насоса и двигателя на фундамент, центровка привода с насосом. Ревизия насоса заключается в наружном осмотре и при необходимости разборке, сборке и проверке всех деталей. Проверяется наличие всего крепежа, пробок, отсутствие повреждения всех деталей. Вручную проверяется легкость вращения ротора.

Насосы небольшой производительности поставляются смонтированными на общей фундаментной плите с электродвигателем. Для насосов, поставляемых без рамы, перед монтажом сваривается фундаментная рама, на которой до установки ее на фундамент центрируются насос и электродвигатель. Затем рама устанавливается на фундамент и проверяется положение насоса в горизонтальной плоскости по уровню. Для этого снимаются крышки и верхние вкладыши подшипников и уровень проверяется по шейкам вала. Для насосов с подшипниками качения уровень устанавливается по полумуфтам. Регулировка горизонтальности осуществляется подкладками.

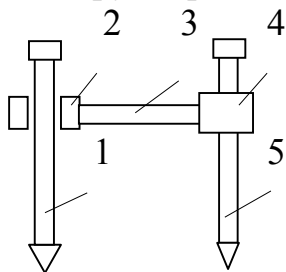
По окончании выверки подкладки свариваются друг к другу и фундаментная рама подливается бетонной смесью. После затвердевания подливки проводится затяжка фундаментных болтов и присоединение всасывающего и нагнетательного патрубков. Если насос поступает в собранном виде с закрытыми опломбированными патрубками, полная ревизия не проводится. Проверяются только подшипники и уплотнения.

Центробежные насосы и вентиляторы имеют большую частоту вращения и требуют повышенной точности при установке на фундамент и центровке валов составляющих механизмов. Поставка их может осуществляться отдельными блоками. Для снижения трудоемкости монтажа используют укрупнение узлов. Для возможности выверки без разборки на корпусе компрессора завод-изготовитель выполняет обработанные горизонтальные площадки (реперы) для выверки уровня и проверки горизонтальности в двух направлениях вдоль и поперек вала.

Целесообразна установка на общей раме компрессора, редуктора и двигателя, даже если они поставляются отдельными блоками. Это позволяет параллельно вести сборку агрегата и изготовление фундамента.

Монтаж трубопроводов

Трудоемкость монтажа трубопроводов из-за большого их количества составляет примерно 40% от общей трудоемкости монтажных работ. При монтаже выполняются резка, гибка, сварка труб, приварка фланцев, сборка и монтаж плетей трубопроводов, гидравлические испытания, тепловая изоляция.

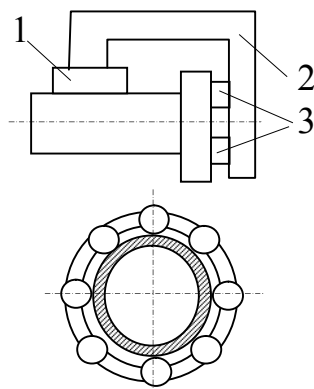


При резке трубопроводов выполняются прямые и косыерезы, вырезаются отверстия в трубах, обрабатываются штуцеры. Для разметки врезок используется циркуль, состоящий из неподвижной ножки 1, линейки 3, вращающейся на втулке 2, движка 4 и чертилки 5. По линейке 3 может передвигаться движок 4, задавая определенный радиус разметки. Чертилка 5

при вращении линейки очерчивает контур врезки. Этим циркулем могут размечаться и косые врезки при установке неподвижной ножки под углом к оси трубы. Разметка труб выполняется также с помощью шаблонов, вырезаемых из бумаги, толи.

Гнутые детали трубопроводов изготавливаются на трубогибных станках диаметром до 200 мм в холодном состоянии, больше 200 мм – в горячем. Для сохранения формы в местегиба трубы диаметром более 100 мм набивают сухим речным песком с установкой деревянных пробок на концах трубы. При засыпке песка труба простукивается или колеблется вибратором для увеличения плотности засыпки.

Клеевые соединения при монтаже трубопроводов снижают трудоемкость и сроки монтажа. Особенно удобно их применение при монтаже в стесненных условиях. Для склеивания труб применяют эпоксидные, фенолформальдегидные, полиуретановые или кремнийорганические смолы. Недостатком клеевых соединений является их невысокая теплостойкость (200°C) и склонность к старению.



Для выверки фланцев на трубе в двух взаимно перпендикулярных плоскостях используется специальное приспособление, состоящее из уголка 1, скобы 2 и контрольной крестовины 3.

Для центровки труб большого диаметра при сварке применяют механический или пневматический цепной центратор, основным элементом которого является пластинчатая цепь, в каждом шарнире которой установлен ролик. Для обжатия стыка цепью ролики прижимают к стенкам и осуществляют центровку труб.

Сварка выполняется при вращении труб и ролики, имеющие возможность вращения не препятствуют прихватке и сварке стыка.

Для снятия напряжений в толстостенных стыках и получения однородной структуры наплавленного и основного металла используется термообработка. Ширина равномерно нагреваемой зоны в каждую сторону от стыка должна быть не менее двойной толщины стыка. Трубы нагревают индукционным способом, разъемными муфельными печами, газовыми горелками до $600-1100^{\circ}\text{C}$. В последнем случае на трубу надевают стальную или асбестовую воронку.

Испытание смонтированного оборудования

Пусконаладочные испытания являются завершением монтажных работ. Проведение пуско-наладочных работ выполняется пусконаладочными специализированными или отраслевыми управлениями. Специализированные управления занимаются пуском общезаводских систем:

- 1) системы вентиляции и кондиционирования воздуха;
- 2) системы водопровода и канализации, очистные сооружения;

- 3) контрольно-измерительные приборы и автоматика;
- 4) холодильные и компрессорные станции, блоки разделения воздуха.

Отраслевые управления занимаются пуском отдельных производств: химические волокна, удобрения, керамика, гипс, кирпич и др.

Смонтированное оборудование подвергают следующим индивидуальным испытаниям:

а) на прочность и плотность – сосуды и аппараты, а также системы смазки и охлаждения;

б) вхолостую и под нагрузкой – машины, механизмы, аппараты с приводом.

В тех случаях, когда индивидуальное испытание под нагрузкой невозможно в отрыве от испытания смежного оборудования и коммуникаций, оно проводится при комплексном опробовании оборудования. Объем, условия и продолжительность индивидуальных испытаний каждого вида оборудования должен соответствовать требованиям стандартов, технических условий и указаний завода-изготовителя.

Испытания оборудования, подконтрольного органам государственного надзора, проводят в соответствии с требованиями правил, утвержденными этими органами. Сосуды и аппараты, поступающие на строительство полностью собранными и испытанными на заводе-изготовителе, индивидуальным испытаниям на прочность и плотность не подвергают, за исключением случаев повреждения в процессе транспортировки и монтажа оборудования или по истечению 12 месяцев после отгрузки оборудования с завода-изготовителя, или в случае применения при монтаже оборудования сварки, пайки или вальцовки элементов, работающих под давлением.

К началу индивидуальных испытаний должны быть смонтированы системы защиты электрооборудования и защитного заземления, смазочные системы, системы водяного или масляного охлаждения, установлены КИПиА. Время начала индивидуальных испытаний оборудования под нагрузкой устанавливают совместно представители монтажной организации, заказчика и завода-изготовителя (если таковой участвует в монтаже), а само испытание проводится по совместному приказу дирекции предприятия и руководства генподрядной организации, в котором указывается порядок проведения испытаний. Оборудование, подконтрольное органам государственного надзора, необходимо испытывать с участием представителей этих органов.

Перед повышением давления при гидравлических испытаниях необходимо убедиться в отсутствии воздуха в аппарате. Если аппарат заполняется холодной водой и на его стенках появляется роса, то испытания проводят после высыхания стенок аппарата. Сосуд признается выдержавшим испытание, если под пробным давлением в течение 5 минут на нем не окажется признаков разрыва, течи, потения в сварных швах или видимых остаточных деформаций после испытания.

Аппараты можно испытывать как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях. Технологически проще испытывать оборудование в горизонтальном положении, т.к. можно визуально наблюдать за показаниями приборов и

осматривать его. При установке аппарата в вертикальном положении и его испытаниях в горизонтальном положении пробное давление необходимо увеличивать с учетом гидростатического столба жидкости.

Испытания на плотность пневматическим давлением выполняют только после испытания на прочность. Для этого используют воздух или азот при рабочем давлении. При пневматических испытаниях запрещается обстукивание или какие-либо удары по корпусу аппарата, находящегося под давлением.

Испытания вхолостую и под нагрузкой. До начала испытаний оборудования электродвигатели обкатывают вхолостую при разъединенных полумуфтах или снятых ремнях, цепях. При подготовке к испытаниям вхолостую проверяют свободное вращение вала (ротора) поворотом на 1-2 оборота, проверяют системы охлаждения и смазки, открытие и закрытие арматуры на всех линиях, правильность направления вращения ротора, затяжку резьбовых соединений.

При испытании вхолостую должны быть обеспечены:

- а) нормальная работа оборудования без стуков и излишнего шума;
- б) температура подшипников скольжения не должна превышать 65°C , подшипников качения – $60-100^{\circ}\text{C}$;
- в) нормальная работа систем охлаждения, а также работа уплотнений;
- г) бесперебойное поступление масла во все места смазки, отсутствие утечек масла и другие параметры.

Продолжительность испытания оборудования вхолостую от 2 до 24 часов, под нагрузкой от 4 до 48 часов в зависимости от типа и назначения. Продолжительность испытаний конкретизирует завод-изготовитель.

Испытания под нагрузкой состоят из пробных пусков с постепенным увеличением рабочих параметров (давления, производительности и др.) и остановок для осмотра и устранения неполадок, а также непрерывные испытания. В процессе испытаний под нагрузкой проверяются те же параметры, что и при испытаниях вхолостую и, кроме того, проверяется величина вибраций подшипников. Режим испытаний должен соответствовать указаниям изготовителя.

Комплексное опробование оборудования выполняют после окончания индивидуальных испытаний. Опробование проводится на нейтральной или рабочей среде. Вид и продолжительность комплексного опробования определяется правилами приемки в эксплуатацию предприятий, утверждаемыми министерством-заказчиком. При отсутствии таких указаний характер и продолжительность комплексного опробования оборудования определяется комиссией, назначаемой министерством-заказчиком. Как правило, продолжительность комплексного опробования не превышает 72 часов нормальной бесперебойной работы. Участие монтажных организаций заключается в том, что их персонал одновременно с эксплуатационным персоналом наблюдают за работой оборудования и принимают меры для устранения выявленных дефектов монтажа.

Организация монтажных работ

Проект производства работ (ППР) является основным документом для выполнения монтажных работ. Он разрабатывается специализированной проектной организацией. Без этого документа выполнять строительно-монтажные работы запрещается. На несложные работы ППР не разрабатывается.

Монтажная организация, которой поручено выполнение монтажных работ, заказывает разработку ППР проектной организации в такие сроки, чтобы ППР должен быть разработан за 3 месяца до начала работ. В задании на проектирование приводятся все данные, необходимые для проектирования, и указываются организации, с которыми должны быть согласованы организационные и технические решения.

ППР разрабатывается на основании проекта организации строительства (ПОС) – основного документа, по которому планируется организовать строительство объекта. В нем устанавливаются сроки и очередность строительства отдельных объектов и всего комплекса, определяются темпы и методы производства работ, потребность в рабочих и материально-технических ресурсах.

В ППР приводится краткая характеристика монтируемого оборудования и специфические особенности его монтажа, основные требования и рекомендации по подготовке монтажной площадки, требования по укрупнительной сборке оборудования, т.е. по его агрегатированию, рекомендации по выполнению всех видов монтажных работ и последовательности их ведения, по испытанию оборудования, трубопроводов, по контролю качества проведенных работ.

В ППР также указываются расположение монтируемых объектов, места складирования оборудования, схемы движения транспортных средств и схемы погрузки, крепления к транспортным средствам и разгрузки оборудования. Даются обоснования выбора средств механизации, приводится ведомость необходимого для монтажа оборудования, составляется график работы механизмов.

Значительное внимание в ППР уделяется строповке оборудования, особенно способам строповки тяжеловесного оборудования, оборудования с несимметричным центром тяжести, длинномерных конструкций. Причем способы строповки, предохранительные устройства не только оговариваются, но приводятся в виде схем. В ряде случаев способы расстроповки оказываются более сложными, чем сама строповка, особенно при работе на высоте, поэтому в ППР и им уделяется внимание.

Во многих случаях с разрешения проектной организации для монтажа оборудования могут быть использованы несущие строительные конструкции, на которые подвешивают или прикрепляют грузоподъемные устройства или используют их в качестве якорей. При этом в ППР должны быть приведены схемы нагрузок, действующие на конструкции.

Монтажные работы начинают после подготовки площадки и коммуникаций для транспортировки оборудования к месту его установки.

Организация монтажной площадки

Монтажной площадкой называется комплекс производственных и бытовых зданий с дорогами и коммуникациями. При организации монтажной площадки особое внимание уделяется вопросам техники безопасности – ограждению опасных зон, освещению площадки, наличию пожарного инвентаря.

К началу монтажных работ должны быть выполнены работы нулевого цикла: подготовлены подъездные пути и проезды, изготовлены фундаменты, монтажная площадка в необходимых местах покрыта сборными железобетон-

ными плитами, обеспечена электроэнергией, водопроводом, канализацией. Организация монтажной площадки включает установку прорабских и бригадных домиков, оборудование ремонтных механических мастерских с необходимыми металлообрабатывающими станками, слесарными верстаками, инструментальной кладовой, оборудование площадок для хранения машин, механизмов, монтируемых объектов и для укрупнительной сборки блоков.

Совмещение строительных и монтажных объектов предполагает монтаж оборудования на нулевой отметке, возведение перекрытий первого этажа, монтаж оборудования на втором этаже, возведение перекрытий второго этажа, монтаж оборудования на третьем этаже и т. д.

Крупноблочный метод монтажа предполагает выполнение максимального количества работ на уровне земли в наиболее безопасных условиях и с наибольшей производительностью. При этом снижаются затраты труда на вспомогательные работы – сооружение лесов и временных коммуникаций электроэнергии, воды, пара, сжатого воздуха. На уровне земли выполняются сборочные работы, гидравлические испытания, нанесение тепловой изоляции, футеровки, обвязка трубопроводами, площадками.

Места для выгрузки крупноблочного оборудования, места его сборки из отдельных агрегатов должны находиться недалеко от места его установки. Мастерские и стенды для укрупнительной сборки оборудования должны располагаться в радиусе действия кранов и оснащаться грузоподъемными механизмами, стеллажами, сварочным оборудованием. Рабочие места сварщиков ограждаются брезентовыми палатками, тентами или металлическими листами.

Перевозка оборудования к месту монтажа в пределах монтажной площадки чаще всего выполняется автомобильным транспортом. Для перевозки оборудования применяют прицепы-тяжеловозы общего назначения грузоподъемностью 40, 60 и 120 т, которые буксируют тягачами, и специальными транспортными средствами грузоподъемностью 150 и 250 т. В качестве тягачей используют четырехосные автомобили, тракторы, количество которых выбирают в каждом конкретном случае по расчету тяговых усилий.