

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Институт химических и нефтегазовых технологий  
Кафедра энергоресурсосберегающих процессов  
в химической и нефтегазовой технологиях

Виктория Валерьевна Черкасова

**ПМ.03 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО  
(ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО) ОБОРУДОВАНИЯ**

Методические материалы к практическим занятиям,  
лабораторным работам и самостоятельной работе

Рекомендовано цикловой методической комиссией  
специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание,  
эксплуатация и ремонт промышленного оборудования  
(по отраслям) в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты: Андрюшков А.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры энергоресурсосберегающих процессов в химических и нефтегазовых технологиях ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева».

**Черкасова, В.В. ПМ.02 Организационно-техническое обеспечение ремонта промышленного (технологического) оборудования:** методические материалы к практическим занятиям, лабораторным работам и самостоятельной работе для обучающихся специальности СПО 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) очной формы обучения / сост. В.В. Черкасова; КузГТУ. – Кемерово, 2024. – Текст: электронный.

Приведено содержание практических работ, лабораторных работ и порядок их оформления, а также материал, необходимый для успешного изучения дисциплин. Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплинам «Организация ремонтных работ и техническая диагностика промышленного (технологического) оборудования», «Осуществление ремонтных работ промышленного (технологического) оборудования» и организация практических, лабораторных и самостоятельных работ.

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2024  
© Черкасова В.В.,  
составление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа для МДК.03.01 Организация ремонтных работ и техническая диагностика промышленного (технологического) оборудования .....	5
Практическое занятие № 1 «Определение показателей надежности» .....	5
Практическое занятие № 2 «Определение вида износа» .....	7
Практическое занятие № 7 «Комплектация и подгонка деталей» .....	30
Практическое занятие №8 «Контроль качества сборки» .....	33
Практическое занятие №9 «Балансировка вращающихся деталей» .....	38
Практическое занятие №10 «Восстановление деталей пайкой» ..	40
Практическое занятие №11 «Восстановление деталей перезаливкой антифрикционными сплавами» .....	45
Практическое занятие №12 «Восстановление деталей механической и слесарной обработкой. Механическая обработка деталей под ремонтный размер» .....	49
Практическое занятие №13 «Установка и закрепление дополнительных ремонтных деталей» .....	51
Практическое занятие №14 «Восстановление деталей пластической деформацией» .....	61
Практическое занятие №15 «Сварка и наплавка» .....	67

Практическое занятие №16 «Газопламенное напыление. Газопорошковая наплавка» .....	78
Практическое занятие №17 «Подготовка поверхности к нанесению покрытий» .....	81
Практическое занятие №18 «Восстановление деталей полимерными материалами» .....	86
Практическое занятие №19 «Восстановление формы деталей. Ремонт деталей с помощью электромеханической обработки»...	90
Практическое занятие №20 «Определение дефектов цилиндрических (червячных, конических) редукторов» .....	95
Лабораторная работа №1 «Разборка, дефектовка и сборка механизмов. Составление ведомости дефектов и технологической карты сборки механизмов» .....	95
Лабораторная работа №2 «Вибрационная диагностика дисбаланса» .....	96
Лабораторная работа №3 «Дефекты и неисправности зубчатых передач» .....	97
Лабораторная работа №4 «Исследование характеристик колодочного тормозного механизма» .....	98
Лабораторная работа №5 «Исследование соединений с натягом» .....	99
Лабораторная работа №6 «Центровка валов по индикаторам»	100
Вопросы для самостоятельной работы .....	101

2 Практические занятия и самостоятельная работа для	
МДК.03.02 Осуществление ремонтных работ промышленного	
(технологического) оборудования .....	102
Практическое занятие № 1 «Разработка ремонтного чертежа.	
Разработка технологической карты ремонта» .....	102
Практическое занятие № 2 «Применение системы планирования	
ресурсов (ERP-системы) для проверки наличия материалов и	
запасных частей для ремонта промышленного	
(технологического) оборудования» .....	103
Практическое занятие № 3 «Восстановление герметичности	
стенок и стыков. Восстановление жесткости» .....	107
Практическое занятие № 4 «Определение дефектов	
цилиндрических (червячных, конических) редукторов» .....	113
Практическое занятие № 5 «Определение дефектов	
подшипников, порядок сборки подшипниковых узлов» .....	114
Практическое занятие № 6 «Проверка оборудования на	
технологическую точность, на жесткость, вибрационную	
устойчивость, шум. Сдача оборудования в эксплуатацию.» .....	115
Практическое занятие № 7 «Определение дефектов агрегатов	
гидроприводов (пневмоприводов)» .....	116
Вопросы для самостоятельной работы .....	118
Список литературы.....	119

**1 Практические занятия, лабораторные работы  
и самостоятельная работа для МДК.03.01 Организация  
ремонтных работ и техническая диагностика  
промышленного (технологического) оборудования**

**Практическое занятие № 1  
«Определение показателей надежности»**

Цель практического занятия: приобрести навык определения показателей надежности.

Задание:

- 1) повторить лекционный материал по теме «Основы теории надежности машин»;
- 2) решить задачу 1, сделать выводы;
- 3) решить задачу 2;
- 4) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) исходные данные, расчеты, график распределения интенсивности отказов;
- 3) результаты выполнения работы;
- 4) ответы на вопросы.

**Задача 1**

Испытано 80 однотипных элементов из одной партии и 80 элементов из другой на определение времени работы до отказа. Результаты фиксировались через каждые 100 часов. Число отказов в каждом из интервалов приведен в таблице 1.1. Определить вероятность безотказной работы на конец каждого интервала, интенсивность отказов в каждый из интервалов, среднюю наработку до отказа. Распределение интенсивности отказов отобразить на графике  $\lambda(\tau)$ . Сделать выводы о надежности партии.

Таблица 1.1

## Распределение отказов

Интервалы, ч	0-100	100- 200	200- 300	300- 400	400- 500	500- 600	600- 700	700- 800
Число от- казов 1 партии	5	15	19	16	12	8	3	2
Число от- казов 2 партии	9	4	2	10	13	16	15	11

**Задача 2**

Годовое время работы одной буровой лебедки составляет 3500 часов. За год проводится 4 технических обслуживания продолжительностью 65 часов каждое и 1 средний ремонт продолжительностью 360 часов. Определить коэффициент технического использования и коэффициент готовности буровой лебедки.

**Вопросы**

1. Какие показатели определяют надежность оборудования?
2. Что определяет теория надежности машин?
3. Что отражают показатели долговечности оборудования?
4. Классификация отказов.
5. Что такое наработка, ресурс?

## Практическое занятие № 2 «Определение вида износа»

Цель практического занятия: закрепить теоретические знания по теме «Основы теории износа машин», научиться определять вид износа, изучить методы предотвращения износа.

Задание:

- 1) изучить теоретический материал;
- 2) определить к какому виду относится износ на рисунках в таблице 2.1 (кавитационный, коррозия сплошная/местная, усталостный, тепловой (ползучесть), задираание, абразивный);
- 3) выявить возможные причины износа;
- 4) предложить методы предотвращения износа.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### Теоретические положения

Износ - изменение размеров, формы, массы твердых тел или состояния их поверхностей вследствие либо остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок, либо разрушения поверхностного слоя при трении.

К главным видам износа можно отнести следующие виды.

*Адгезионный износ* возникает в условиях трения, когда два гладких тела скользят друг по другу и частицы материала, вырванные с одной поверхности, прилипают к другой. Этот вид износа имеет место, когда атомы контактирующих поверхностей входят в близкий контакт. На площадях контакта при скольжении поверхностей всегда существует вероятность того, что из-за адгезионных сил разрушение этого контакта происходит не по первоначальной поверхности раздела одного материала, а внутри него.

*Абразивный износ* возникает в условиях трения, когда более твердые шероховатые поверхности скользят по более мягким, царапают или пропахивают ее, образуя свободные частицы. Абразивный износ может возникнуть и тогда, когда твердые частицы



попадают между поверхностями фрикционной связи и изнашивают их.

*Кавитационный износ* – это вид износа, при котором разрушение поверхности металла происходит под действием ударов газовых пузырьков, образующихся в обтекающем изделие высокоскоростном потоке жидкости при перепадах давления.

*Коррозионный износ* имеет место, когда контакт поверхностей происходит в коррозионных средах. В процессе скольжения образующиеся на поверхности пленки разрушаются и коррозионное воздействие распространяется вглубь материалов. По механизму протекания процесса выделяют: химическую коррозию (в жидких неэлектролитах и в сухих газах), электрохимическую коррозию (при воздействии на металлы водных растворов электролитов и влажных газов). Контактная коррозия является видом электрохимической коррозии, которая вызвана контактом металлов, имеющих разные электродные потенциалы в данной коррозионной среде.

*Поверхностная усталость* наблюдается во время многократного скольжения или качения по одним и тем же поверхностям с непрерывно повторяющимися циклами нагружения и разгрузки.









К основным явлениям и процессам при трении и изнашивании относятся: схватывание, перенос материалов, задираание, выкрашивание и отслаивание.

Различают схватывание 1-го рода (холодный задир) и 2-го рода (горячий задир).

Установлено два наиболее решающих фактора, влияющих на процесс схватывания трущихся тел: их температура и нагрузка.

Таблица 2.1

Примеры изношенных деталей

<p>1.</p> 	<p>2.</p> 
<p>3.</p> 	<p>4.</p> 
<p>5.</p> 	<p>6.</p> 
<p>7.</p> 	<p>8.</p> 

### **Практическое занятие № 3**

#### **«Выбор конструкционных материалов при ремонте»**

Цель практического занятия: углубить знания о конструкционных материалах.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) используя литературные источники, ознакомиться с нормативно-технической документацией на машиностроительные материалы (ГОСТ 380-94, ГОСТ 1050-88, ГОСТ 4543-71, 14959-79, ГОСТ 19281-89, ГОСТ 1435-90, ГОСТ 5950-73);
- 3) для материала по варианту (таблица 3.1) привести химический состав, привести механические свойства, сделать вывод о применении каждой стали.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

#### **Теоретические положения**

При выборе материалов для конкретных деталей необходимо учитывать целый ряд условий: 1 — их свойства; 2 — условия работы деталей; 3 — характер нагрузок; 4 — вид и характер напряжений; 5 — стоимость и доступность.

##### *Свойства материалов*

Физико-химические свойства определяются химическим составом (наличием входящих элементов и их количественным соотношением), способом изготовления (для металлов — их металлургия) и обработкой (для металлов — термическая и химико-термическая).

Масса (плотность) материала представляет интерес при оценке общего веса конструкции и ее отдельных сборочных единиц, а также для составления сводных материальных спецификаций.

Теплоемкость, теплопроводность, жаростойкость, линейное и объемное расширение при нагревании — свойства, имеющие

большое значение при конструировании деталей, работающих при высоких температурах.

Коррозионная стойкость материала очень важна для деталей, подверженных действию различных кислот, морской воды, газов, влажного воздуха, атмосферных осадков и т. д.

Электропроводность, магнитная проницаемость и другие электрические и магнитные свойства материалов имеют значение для деталей, работающих в электротехнических изделиях и электронных блоках.

Прозрачность — оптическое свойство, характеризующее стекло, целлулоид, слюду и некоторые пластики.

Механические свойства определяют твердость материала, прочность, упругость, пластичность, вязкость и т. д.

Технологические свойства характеризуют свариваемость, штампуемость, обрабатываемость (механическая, термическая и химико-термическая) и литейные свойства (для деталей, изготовляемых литьем).

#### *Условия работы деталей*

Детали могут работать в условиях высоких температур, корродирующего воздействия различных сред, приводящих к быстрому механическому износу, обеспечивающих минимальные потери энергии на трение, обеспечивающих герметичность соединений и изоляцию соединяемых деталей (термическую, электрическую и т. п.).

#### *Характер нагрузок*

Нагрузки, воспринимаемые деталями, по характеру действия могут быть постоянными (статическими) и переменными (динамическими). Выбор материалов для деталей, подверженных воздействию динамических нагрузок, — ответственное дело. Материалы в этом случае, кроме повышенной статической прочности, должны иметь некоторые особые механические качества.

#### *Вид и характер напряжений*

Под влиянием приложенных нагрузок в работающих деталях возникают напряжения. Основные виды напряжений: растяжение, сжатие, сдвиг (срез), изгиб и кручение. Иногда на детали воздействуют одновременно несколько видов напряжений, например, сжатие или растяжение с изгибом и т. д. В некоторых случаях вид напряжения оказывает влияние на выбор материала.

Например, чугун используют там, где деталь работает только на сжатие, так как известно, что он хорошо работает на сжатие, но плохо на растяжение.

#### *Стоимость и доступность материала*

Оптимальным решением будет назначение такого материала, который, обеспечивая необходимую прочность, жесткость, износоустойчивость, обрабатываемость и т. д., одновременно не дорог и доступен.

Кроме указанных свойств, конструктор при выборе материала учитывает и его способность принимать требуемую форму.

Одним из критериев выбора материалов для изготовления новых деталей при ремонте является износостойкость, которая в основном определяется твердостью. Если твердость материала сопрягаемых деталей выше твердости абразива, то износ мал. Износостойкость может достигаться и таким образом: одну деталь (например, вал) выполняют из материала высокой твердости, а другую (подшипник скольжения) — из мягкого антифрикционного (бронзы, баббита, металлокерамики и др.). В зависимости от условий эксплуатации и требований, предъявляемых к деталям, выбирают материал для изготовления последних. Например, к твердости шеек шпинделей (легких и средних), работающих в подшипниках скольжения, предъявляются повышенные требования, поэтому их закаливают током высокой частоты (ТВЧ), достигая твердости HRC 54...60; шпиндели изготавливают из стали 40X. Такие же шпиндели, работающие в подшипниках качения, производят из стали 45 и улучшают термообработкой до HRC 23... 27.

Ходовые винты (средние и легкие) токарных станков должны обладать высокой износостойкостью и минимально деформироваться. Их изготавливают из стали 45, подвергая сначала предварительному, а затем вторичному отжигу после обдирки.

Червяки, работающие на больших скоростях, изготавливают из стали 12ХНЗА, цементируют и закаливают с низким отпуском до HRC 56; червяки, работающие на средних скоростях, выполняют из стали 45 и закаливают с отпуском до HRC 23..30. Пружины изготавливают из стальной проволоки (марки 65Г) диаметром менее 6 мм, затем подвергают закалке и отпуску до HRC 58...62.

Углеродистые стали в ряде случаев не отвечают требованиям, предъявляемым к металлам и сплавам в современном производстве, так как не обладают достаточно высокими физико-химическими и механическими свойствами. Легирование значительно повышает твердость и прочность стали при сохранении достаточной вязкости, также придает сталям ряд особых свойств: жаропрочность, окалино-стойкость, коррозионную стойкость и др.

Легирующие элементы (Cr, Ni, Mo, Ti, W, V, Si, Mn, Al, Co, В и др.) вводятся в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств:

- легирующие элементы, растворяясь в феррите, изменяют параметры решетки и повышают твердость, снижая пластичность. Однако никель, интенсивно упрочняя феррит, не снижает его вязкость и понижает порог хладноломкости;

- все легирующие элементы при нагреве сдерживают рост зерна аустенита, т.е. способствуют образованию мелкозернистой структуры; кроме марганца и бора;

- все легирующие элементы расширяют область существования  $\alpha$ -железа, т.е. являются  $\alpha$ -стабилизаторами. Исключение: марганец и никель –  $\gamma$ -стабилизаторы;

- все легирующие элементы, растворяясь в аустените, замедляют диффузию углерода, что в свою очередь замедлит распад аустенита и повысит прокаливаемость стали. Исключение – кобальт;

- легирующие элементы не влияют на кинематику мартенситного превращения, их влияние сказывается на температурном интервале мартенситного превращения. Некоторые элементы повышают мартенситную точку и уменьшают количество остаточного аустенита (алюминий, кобальт), другие не влияют на нее (кремний), но большинство снижает мартенситную точку и увеличивает количество остаточного аустенита;

- легирующие элементы замедляют процесс распада мартенсита. Никель и марганец влияют незначительно, тогда как большинство (хром, молибден, кремний и др.) – весьма заметно, что позволит поднять температуру отпуска и увеличит его продолжительность.

В зависимости от суммарного содержания легирующих элементов различают низколегированные, содержащие не более 2,5 % легирующих элементов, среднелегированные – 2,5 – 10 % и высоколегированные стали – более 10 %.

Необходимый комплекс свойств в легированных сталях является только после термической обработки, в результате которой можно получить наиболее оптимальную структуру, а, следовательно, и изменение свойств.

Применение легирующих элементов существенно влияет на стоимость стали. Чем выше степень легирования стали, тем больше ее стоимость. Высокой стоимостью отличаются стали, содержащие большое количество Ni, Mo, W, Co.

Легированные стали, как правило, классифицируют по структуре в равновесном состоянии, по структуре после охлаждения на воздухе, по количеству легирующих элементов и назначению.

Приведенная ниже классификация отражает назначение сталей.

- строительные стали – 15ХСНД, 17ГС, 18Г2АФ

- конструкционные стали:

- 1) стали общего назначения:

- а) цементируемые – 15ХН, 12Х2Н4А, 18ХГТ;

- б) улучшаемые – 35ХГСА, 38ХМЮА, 40ХН, 45Х;

- в) высокопрочные – Н18К9М5Т, Н9Х12Д2ТБ, 30Х9Н8М4Г2С2;

- 2) специализированного назначения:

- а) шарикоподшипниковые – ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ;

- б) рессорно-пружинные – 50С2, 50ХГСФА, 60С2Н2А;

- в) износостойкие – 110Г13, Х12Ф1

- инструментальные стали:

- 1) режущие – Х, ХВГ;

- 2) быстрорежущие – Р18, Р6М5;

- 3) штамповые:

- а) для штампов холодного деформирования – Х12Ф1, Х6ВФ;

б) штампов горячего деформирования – 5ХНМ, 3Х2В8Ф;

- стали и сплавы с особыми свойствами:

- 1) нержавеющие – 12Х13, 12Х18Н10Т, 15Х25Т;
- 2) жаропрочные – 12Х2МФБ, Х10С2М, Х25Н20С2;
- 3) с особыми магнитными свойствами:
  - а) ферромагнитные – ЮНДК15, 80ХНС;
  - б) парамагнитные – 110Г13, 55Г9Н9;
- 4) с особыми электротехническими свойствами – 79ХН, 1211, 3411;
- 5) особыми тепловыми и упругими свойствами – Н36, Н48, Н35ХМВ.

Таблица 4.1

### Варианты

№ варианта	Марка стали		
1	Ст 0	05кп	65Г
2	Ст1кп	10	65С2Г
3	Ст3кп	08кп	15ХА
4	Ст4сп	10пс	30ХРА
5	Ст2сп	15	40ГР
6	Ст5пс	20кп	40ХМФА
7	Ст2кп	55кп	20ХН4ФА
8	Ст4сп	18кп	18ХГТ
9	Ст5Гсп	60	50ХФА
10	Ст1пс	20пс	25ХГТ
11	Ст0	40	70С2ХА
12	Ст2пс	15	12Х2МФБ
13	Ст3кп	08кп	12Х18Н10Т
14	Ст5пс	18кп	Х12Ф1
15	Ст2кп	20пс	80ХНС
16	Ст4сп	08пс	Н35ХМВ
17	Ст1пс	05кп	60С2Н2А
18	Ст3кп	15	ХВГ
19	Ст5сп	20пс	30Х9Н8М4Г2С2
20	Ст1кп	10	40ХН
21	Ст5пс	08кп	35ХГСА
22	Ст5сп	18кп	Н18К9М5Т
23	Ст2кп	55пс	38ХМЮА
24	Ст0	10пс	15ХН
25	Ст1кп	10	18Г2АФ



## **Практическое занятие № 4**

### **«Методы упрочнения деталей»**

Цель практического занятия: углубить знания об методах упрочнения деталей.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) описать методы упрочнения деталей;
- 3) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Термическая обработка производится путем нагрева, выдержки и охлаждения деталей с целью получения необходимой структуры металла, которая влияет на его механические свойства, прочность, твердость, износостойкость и обрабатываемость.

Термической обработке подвергаются железоуглеродистые сплавы и некоторые сплавы цветных металлов. В машиностроении широко распространена термическая обработка стали. основными видами термической обработки являются: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

*Отжиг* заключается в нагреве детали до определенной температуры, выдержке при этой температуре и затем последующем медленном охлаждении (2- 3 °С в 1 мин) до температуры охлаждающего воздуха. Отжиг применяется для снижения твердости, повышения пластичности, снятия внутренних напряжений, устранения структурной неоднородности, улучшения обрабатываемости и подготовке детали к последующей термической обработке. В зависимости от цели отжиг производится при различных режимах. Различают отжиг 1 рода: диффузионный, рекристаллизационный, низкий и отжиг 2 рода: полный, изотермический, неполный. В ремонтном деле применяют полный и неполный отжиг – нагрев стали с содержанием углерода до 0,8 % до 750 – 760 °С, а с меньшим содержанием углерода до 930 – 950 °С с выдержкой

при этих температурах и медленном охлаждении в печи. Неполный отжиг – нагрев стали с любым содержанием углерода до 750 – 760 °С. Снижается внутреннее напряжение и улучшается обрабатываемость поковок и проката.

*Нормализация* – разновидность полного отжига, отличается тем, что охлаждение обрабатываемой детали после выдержки в течение 5-6 ч при температуре нагрева производится на воздухе. Целью нормализации является улучшение микроструктуры металла, обрабатываемости, устранение наклепа после обработки резанием и подготовка к последующей термической обработке. нормализацией улучшают структуру металла после цементации,ковки и штамповки, сварки деталей.

*Закалка* – нагрев детали до определенной температуры, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении в воде, масле, водных растворах солей и других жидкостях с последующим отпуском. Целью закалки является получение высокой твердости, износостойкости и прочности металла. В зависимости от протекания процесса закалку делят: непрерывная (одно охлаждение), прерывистая (охлаждение в двух средах), ступенчатая (охлаждение в расплавленных солях, затем охлаждение на воздухе). Закалке подвергаются стали с содержанием углерода не менее 0,35 %. Температура нагрева зависит от марки стали и находится в пределах 770-850 °С. Закаленные детали обладают высокой твердостью (НВ 500-600) и износостойкостью, но имеют низкую вязкость и пластичность. Для устранения этих дефектов применяют поверхностную закалку.

*Отпуск* – операция, применяемая после закалки для снижения внутренних напряжений, хрупкости и твердости. При отпуске деталь нагревают до 150 – 160 °С, выдерживают при этой температуре 1-2 часа и охлаждают в воде. Различают низкий, средний и высокий отпуски, они отличаются температурой нагрева.

Среди методов поверхностного упрочнения наибольшее распространение получили поверхностная закалка, обработка лазером и электроискровое легирование.

*При поверхностной закалке* на некоторую заданную глубину закаливается только верхний слой, тогда как сердцевина изделия остается незакаленной.

Основное назначение поверхностной закалки: повышение твердости, износостойкости и предела выносливости обрабатываемого изделия. Сердцевина изделия остается вязкой и воспринимает ударные нагрузки. Поверхностную закалку осуществляют несколькими методами: нагревом токами высокой частоты (ТВЧ); нагревом газовым пламенем.

Закалка ТВЧ впервые предложена В. П. Вологдиным. При закалке по этому методу стальное изделие размещают внутри индуктора в форме спирали или петли. Ток высокой частоты подводится от генератора к индуктору. Во время прохождения тока через индуктор в поверхностных слоях изделия за счет индукции возникает ток противоположного направления, нагревающий сталь.

В связи с тем, что скорость нагрева ТВЧ значительно выше скорости нагрева в печи, фазовые превращения в стали происходят при более высоких температурах и температуры нагрева под закалку повышаются.

После прогрева ТВЧ стали до температуры закалки изделие охлаждают водой. При закалке ТВЧ получается высокодисперсная структура кристаллов мартенсита, обеспечивающая более высокую твердость и прочность стали, чем при печном нагреве.

Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем является - старейшим процессом упрочнения, который в настоящее время начинает терять свое значение в связи с вредностью и трудоемкостью.

Поверхность детали нагревается специальными горелками до закалочной температуры на глубину 1 – 6 мм, и производится немедленное резкое охлаждение. При поверхностной закалке упрочнению подвергаются только отдельные участки поверхности деталей машин, например, зубья зубчатых колес, ходовые дорожки крановых блоков, шейки валов, верхняя поверхность головки рельса и т. д. Твердость поверхности после закалки зависит от качества упрочняемого материала и режима упрочнения.

Под влиянием структурных изменений в поверхностном слое возникают большие остаточные напряжения сжатия. Эти свойства обеспечивают после термообработки высокую износостойкость и усталостную прочность деталей машин.

*Сущность лазерного упрочнения* состоит в мощном импульсном (или непрерывном) воздействии светового пучка чрезвычайно большой плотности энергии, что вызывает мгновенный нагрев поверхности до высоких температур, превышающие температуры структурно-фазовых превращений металла и температуру плавления. С учетом чрезвычайно высоких скоростей охлаждения, которые в 10 – 100 раз превышают скорости охлаждения при закалке, в поверхности материала формируются особомелкозернистая или даже псевдоаморфная структура, имеющая повышенную твердость (20 -30%).

Лазерная термическая обработка позволяет повысить твердость и износостойкость упрочняемых материалов. Твердость зависит от концентрации углерода и легирующих элементов в стали. Хорошо упрочняются средне- и высоколегированные углеродистые и инструментальные стали. Стали с низким содержанием углерода и высокопрочные низколегированные стали при лазерной обработке, упрочняются плохо. Лазерная термическая обработка не влияет на предел прочности и предел текучести сталей.

*Электроискровое легирование (ЭИЛ)* относится к технологиям упрочнения, основывающимся на взаимодействии материалов с высококонцентрированными потоками энергии и вещества. Образование упрочненного слоя происходит в результате сложных плазмохимических, теплофизических и механотермических процессов, реализуемых на микролокальных участках взаимодействия материала с единичным искровым разрядом. В результате на поверхностях анода (легирующий электрод) и катода (упрочняемая деталь) образуются локальные очаги электроэрозионного разрушения.

Упрочненная поверхность представляет собой композиционную структуру.

Самый верхний слой состоит тонкопленочных «островковых» или сплошных формирований, состоящих из материала анода, и межэлектродной среды. Сплошность этого слоя зависит от режимов и условий упрочнения. Под верхним слоем располагается зона, представляющая смесь материалов анода и катода, образованную в результате конденсации ионно-плазменной и капельной фаз на упрочняемой поверхности. Далее следует слой, сформированный за счет диффузии элементов легирующего

электрода в упрочняемой матрице катода-детали. Под ним располагается зона термического воздействия, представляющая трансформированную структуру исходного материала с измененной плотностью дефектов кристаллического строения по причине импульсного теплового воздействия. С перемещением в глубь структура зоны термического воздействия плавно переходит в структуру основного материала.

В зависимости от режимов электроискрового легирования величина и степень упрочнения каждого слоя могут варьироваться в широком диапазоне, но наибольшую толщину всегда имеет зона термического воздействия, которая в большинстве случаев и определяет эксплуатационные свойства поверхности.

Химико-термическая обработка стали вызывает изменение химического состава структуры и свойств поверхностного слоя деталей и является разновидностью поверхностной термической обработки. При этом происходит поверхностное насыщение соответствующим элементом (C, N, B, Al, Cr, Si, Ti и др.) путем его диффузии в атомарном состоянии из внешней среды (твердой, газовой, паровой, жидкой) при высокой температуре. Широко применяют азотирование, цементацию, хромирование, алитирование, борирование, силицирование.

#### Механическое упрочнение

Упрочнение металла под действием холодной пластической деформации называется наклепом или нагартовкой (рисунок 4.1).

Наличие на поверхности деталей неровностей приводит к концентрации напряжений и снижению усталостной прочности. Уменьшить это можно путем механического наклепа поверхности, создающего остаточные сжимающие напряжения и увеличивающего механические свойства поверхностного слоя (рисунок 4.2). При этом твердость увеличивается в поверхностном слое на глубине 0,1-3 мм.

*Обкатка* – производится на токарных, сверлильных станках при помощи закаленных роликов и применяется после чистовой обработки. Накатка (обкатка) или раскатка (для внутренних поверхностей) роликами и шариками – операция, при которой стальной закаленный ролик (шарик), обкатывая упрочняемую поверхность при заданной нагрузке (нажатии), деформирует, т. е. сминает поверхностный слой металла на определенную глубину

(рисунок 4.3). Глубина упрочненного слоя – 0,5 – 2,0 мм. Этим методом в основном упрочняются детали типа тел вращения (валы, оси, гильзы) или имеющие значительные по размерам плоские поверхности.

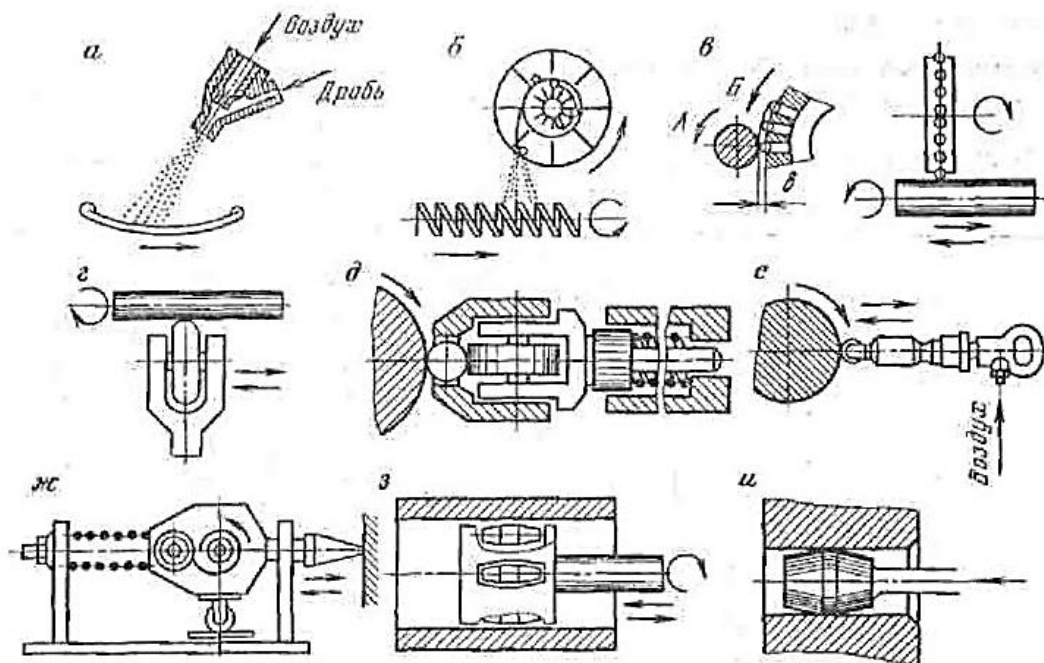
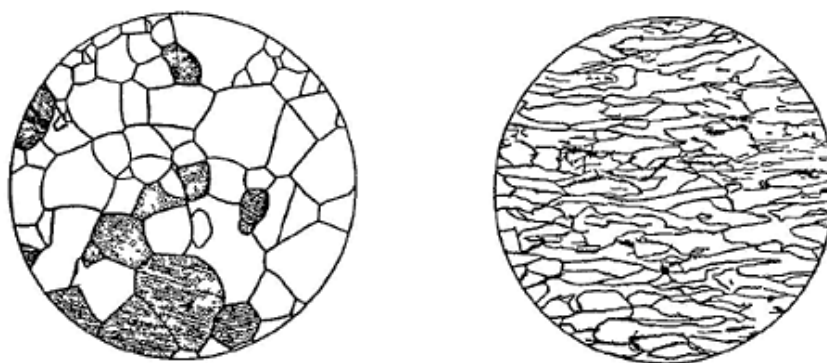


Рисунок 4.1 – Виды поверхностного упрочнения деталей пластическим деформированием:

- а) накип дробью; б) накип центробежно-шариковый; в, г) обкатка роликами; д) обкатка шариками; е) обкатка вибрирующим роликом; ж) накип механической чеканкой; з) раскатывание отверстия роликами; и) дорнование.



а б

Рисунок 4.2 – Влияние пластической деформации на микроструктуру металла:

- а) до деформации; б) после деформации

*Дробеструйная обработка* – операция, при которой частицы твердого металла (дробь), вылетая из дробемета с большой скоростью ( $90 - 150$  м/с), ударяют по упрочняемой поверхности, и происходит ее наклеп. Прочность, твердость и предел усталости повышаются. Толщина упрочненного слоя составляет  $0,2 - 0,4$  мм. Дробеструйному наклепу подвергают пружины, рессоры, зубчатые колеса, валы торсионные и т. п. Например, рессорные листы после термообработки перед сборкой в пакет подвергают дробеструйному наклепу, что значительно увеличивает срок службы рессоры (в три – пять раз).

Дробеструйную обработку применяют как эффективный метод повышения выносливости изделий из ковanej и литой стали, для упрочнения высокопрочных чугунов.

Во многих случаях для упрочнения деталей машин выгодно применять операцию чеканки.

Сущность способа упрочнения *чеканкой* заключается в следующем. С помощью специального приспособления; механического, электромеханического, пневматического, имеющих в своем устройстве бойки, производятся частые удары и как следствие наклеп обрабатываемой поверхности. Подобные устройства позволяют упрочнять сложные поверхности, которые нельзя упрочнять другими путями (например, шариковым и роликовым упрочнением).

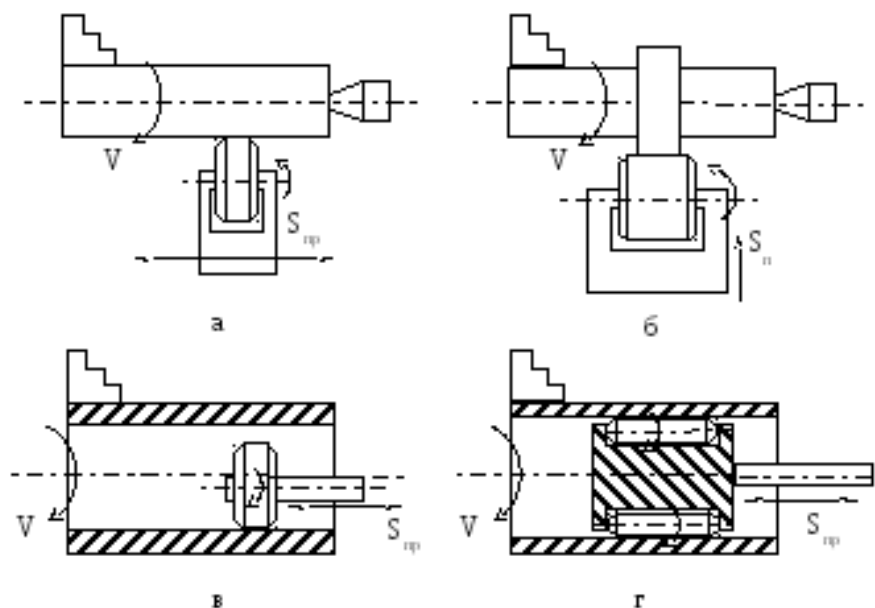


Рисунок 4.3 – Схемы обкатывания (а,б) и раскатывания (в,г)

### *Калибровка отверстия шариком*

Сущность калибрования заключается в том, что через отверстие с силой проталкивается шарик, диаметр которого больше диаметра отверстия.

Данный вид упрочнения может выполняться только на отверстиях небольшого диаметра, для которых возможно использование шариков от шарикоподшипников.

Калибрование выполняется на прессе путем проталкивания шарика через отверстие. Превышение диаметра шарика над диаметром отверстия обычно устанавливается опытным путем. Оно зависит от толщины стенок втулки, от упругих свойств материала детали, от чистоты обработки и т.д.

*Дорнование* является процессом, при котором инструмент (дорн), производит очень сильное пластическое деформирование отверстия.

При протягивании дорна через отверстие происходит сильное пластическое деформирование отверстия, часть материала выдавливается на боковые поверхности и происходит увеличение наружного диаметра втулки. От калибрования шариками (которое нередко называют дорнованием) дорнованием отличается тем, что имеет большие припуски под обработку.

### Поверхностное упрочнение сплавами

Эффективным методом поверхностного упрочнения сталей является наплавка твердых сплавов. Они содержат карбиды хрома, ванадия, титана и др. металлов и характеризуются высокой твердостью, износостойкостью, прочностью и химической стойкостью. Твердые сплавы производятся порошкообразные, литые, электродные и металлокерамические.

Порошкообразные – сталинит, вокар наносятся путем наплавки на поверхность. Ими наплавляют детали, не требующие последующей механической обработки.

Литые – стеллит, сормайт – прутки диаметром 5-8 мм. Наплавляются с помощью газового или электродугового способа и применяются для деталей машин, работающих на истирание.

Электродные – изготавливают в виде трубчатых электродов или металлических электродов с легирующими износостойкими добавками. Электроды наплавляются электродуговым способом.



Металлокерамические сплавы обладают высокой твердостью и износостойкостью при температуре 7000-8000 °С и применяются в основном для упрочнения режущего инструмента.

### **Вопросы**

1. Термические методы упрочнения поверхности.
2. Методы поверхностного упрочнения деталей.
3. В чем суть термо-химического упрочнения?
4. Для чего проводят отпуск после закалки?
5. На какие механические свойства влияет закалка?

## **Практическое занятие № 5**

### **«Определение ремонтной сложности оборудования и трудоемкости его ремонта»**

Цель практического занятия: научиться определять трудоемкость ремонта оборудования, пользоваться нормативно-технической документацией.

#### **Задание:**

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) определить трудоемкость каждого вида ремонта по вариантам, пользуясь справочником (Укрупненные типовые нормы времени на работы по ремонту металлорежущего оборудования, 1990).

#### **Отчет должен содержать:**

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Для определения объема ремонтных работ, степени их сложности при осуществлении капитального и текущего ремонтов, планово-профилактического (технических осмотров) и текущего обслуживания оборудования предприятий почтовой связи классифицируется по категориям ремонтной сложности.

Ремонтная сложность — это затраты труда работников при осуществлении капитального ремонта оборудования, выраженные в условных единицах. Ремонтная сложность зависит от конструктивных и технологических особенностей, а также размеров оборудования. Чем сложнее и крупнее оборудование и чем оно точнее, тем выше категория сложности его ремонта. В свою очередь, ремонтная сложность подразделяется на ремонтные сложности механической, электротехнической и гидравлической части оборудования.

Поэтому ремонтную сложность оборудования обозначают буквой с соответствующим индексом (для механической части —  $R_m$ , электротехнической —  $R_э$ , гидравлической —  $R_g$ ), а ее значение, присвоенное данному типу оборудования, — коэффициентом перед этой буквой. Так, например, запись  $3R_m$ ,  $4R_э$  обозначает, что данный тип оборудования имеет третью ремонтную сложность механической и четвертую — электротехнической частей, общая ремонтная сложность - 7.

Категория ремонтной сложности оборудования - это условная величина, по которой можно судить о сложности ремонта. Она определяется в единицах ремонтной сложности (е. р. с.).

Категория ремонтной сложности указывается в технической документации к оборудованию или в справочниках.

Если в номенклатуре нет значения ремонтной сложности для конкретного оборудования, то разрешается ориентироваться на ремонтную сложность аналогичного оборудования.

Наряду с ремонтной сложностью для удобства выполнения расчетов ремонтных и других элементов системы ППР используется понятие ремонтная единица. Для каждого типа оборудования ремонтная сложность определяется совокупностью ремонтных единиц. Так как ремонтная сложность выражается через затраты рабочего времени на осуществление различного вида работ, то ремонтная единица выражается через нормы времени на слесарные, станочные и прочие работы. Практикой для каждого вида планово-профилактических мероприятий в системе ППР выработаны соответствующие нормативные величины, которые распространяются на механическую и электротехническую части оборудования.

Трудоемкость каждого вида ремонта или осмотра, чел-ч:

$$T = R_M \cdot t_M + R_Э \cdot t_Э + R_Г \cdot t_Г,$$

где  $t$  – нормы времени затрат на различные виды работ (слесарные, станочные и т.д.) на одну ремонтную единицу, ч\*1рем.ед.

Нормативная трудоемкость учитывает труд слесарей, станочников, монтажников, электрогазосварщиков, газорезчиков и ремонтников других специальностей, а также другого ремонтного персонала, привлекаемого для проведения ремонтных работ. Нормативная трудоемкость указывается в технической документации к оборудованию или справочнике.

Для оборудования, проработавшего свыше 20 лет, нормы на выполнение слесарных операций могут быть увеличены на 10%. При механической обработке сопрягаемых поверхностей вместо ручного шабрения нормы на слесарные работы должны быть уменьшены на 10-15%.

### **Варианты**

1. Токарно-револьверный станок 1Е316. Год выпуска 1995
2. Радиально-сверлильный станок 2М57. Год выпуска 1990
3. Вертикально-сверлильный станок 2Н125. 1997
4. Продольно-фрезерный станок 660. 1998
5. Координатно-расточной станок 2421. 1999
6. Горизонтально-расточной станок 2Е656Р. 1991
7. Круглошлифовальный станок 3М1253. 1992
8. Радиально-сверлильный станок 2М55. 1993
9. Вертикально-сверлильный станок 2Н135. 1997
10. Круглошлифовальный станок 3М151. 1999
11. Горизонтально-расточной станок 2А615. 2000
12. Внутришлифовальный станок 3К225В. 1991
13. Координатно-расточной станок 2455. 1992
14. Круглошлифовальный станок 3М150. 1993
15. Внутришлифовальный станок 3А227П. 1994
16. Токарный станок 1А670. 1995
17. Универсальный заточной станок 3Д642Е. 1996
18. Вертикально - фрезерный станок 6Р10. 1997

19. Горизонтально - фрезерный станок 6Р82Г. 1998
20. Радиально-сверлильный станок 2М57. 1990
21. Токарный станок 1А660. 1991
22. Токарно-винторезный станок 16Б16А. 1992
23. Радиально-сверлильный станок 2М55. 1993
24. Продольно-фрезерный станок 660. 1998
25. Внутришлифовальный станок 3А227П. 1994

### **Практическое занятие № 6**

#### **«Основные конструкторские и эксплуатационные документы согласно ЕСКД»**

Цель практического занятия: углубить знания о нормативно-технической документации, научиться оформлять эксплуатационную документацию.

Задание:

- 1) изучить теоретический материал;
- 2) выписать из ЕСКД виды конструкторских и эксплуатационных документов с определениями. (ГОСТ 2.102-2013, ГОСТ Р 2.601-2019, ГОСТ 2.602-2013);
- 3) оформить документ по заданию преподавателя.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

#### **Теоретические положения**

Все стадии ремонта (планирование, подготовка, проведение, сдача в эксплуатацию отремонтированного оборудования) оформляются документально. Состояние документации контролируется отделом главного механика (ОГМ) предприятия и ОГМ вышестоящих организаций.

Состав документов и их содержание определяются утвержденными положениями о планово-предупредительном ремонте (ППР) и о системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования соответствующей отрасли промышленности. Этими положениями установлены следующие формы документов.

Годовой график ППР оборудования, представляемый руководством цеха (начальником и механиком). Он согласовывается с начальником производственного отдела и главным механиком и утверждается главным инженером предприятия. В этом графике указывается вид ремонта (текущий, капитальный) и месяц, в течение которого он должен быть проведен. В графике предусматриваются также нормативы времени непрерывной работы оборудования между ремонтами и времени простоя в ремонте, потребности в рабочей силе на производство ремонтных работ, данные о годовом простое в ремонте и годовом фонде рабочего времени.

План-график ремонта оборудования на планируемый месяц, составляемый цеховым механиком в соответствии с годовым графиком. Этот график утверждается начальником цеха, в нем указываются календарные дни и вид ремонта, а также продолжительность его проведения.

График остановки на капитальный ремонт заводов, цехов и особо важных объектов, представляемый главным механиком совместно с начальником отдела и утвержденный директором предприятия после согласования с руководством вышестоящей организации. В нем указывается продолжительность простоя оборудования в капитальном ремонте в сутках по месяцам за весь планируемый год.

Ведомость затрат труда на ППР оборудования, представляемая руководством цеха в ОГМ. В этой ведомости приводится дифференцированный подсчет плановых затрат труда на все виды ремонта. На основании таких ведомостей, получаемых от цехов, ОГМ планирует общие трудовые затраты по предприятию, а также работу центральных ремонтных баз.

Ремонтный журнал по учету проведенного планово-предупредительного ремонта и осмотра, составляемый на каждое отдельное оборудование, которое имеет собственный инвентарный номер. В нем регистрируют дату проведенного ремонта и его вид, краткое содержание ремонта, фамилии исполнителей, а также фактическое время работы после предыдущего текущего и капитального ремонтов.

Ведомость дефектов (ВД), подлежащих устранению при каждом ремонте, служит основанием для определения объемов ремонтных работ по видам, необходимых для ремонта матери-

альных ресурсов, распределение их по отдельным объектам ремонта, составления смет, разработки сетевых или линейных графиков, технологических карт производства работ на отдельных объектах ремонта, общей организации и технологии ремонта всего технологического комплекса.

ВД представляет собой подробный перечень дефектов (неисправностей, повреждений деталей, узлов технологического оборудования). ВД должна содержать перечень дефектов, не только предполагаемых или обнаруженных при осмотре в период подготовки оборудования для сдачи в ремонт, но и уточненных при разборке оборудования. ВД утверждается главным механиком завода.

Ведомость работ, подлежащих выполнению во время капитального ремонта. В ней указываются наименование и объем работ, перечень и количество материалов, необходимых для проведения ремонта. По этой ведомости производится сметный расчет стоимости каждого вида работ, а также распределяются все работы между исполнителями.

Сметы - основной плановый документ для финансирования расходов из государственного бюджета. Смета определяет объем, целевое направление и распределение бюджетных ассигнований на расходы, в частности, на капитальный ремонт оборудования.

Акт сдачи оборудования в ремонт руководством технологического цеха и прием в ремонт руководством ремонтного цеха, в котором подтверждается факт готовности объекта к проведению ремонтных работ.

Акт сдачи оборудования из ремонта руководством ремонтного цеха руководству технологического цеха, в котором указывается качество выполненных работ, их соответствие техническим условиям, а также дата окончания ремонта.

## **Практическое занятие № 7**

### **«Комплектация и подгонка деталей»**

Цель практического занятия: ознакомиться с методами комплектации и пригонки деталей.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

#### **Теоретические положения**

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

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

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

При групповой комплектации поле допусков размеров сопрягаемых деталей разбивают на несколько интервалов, а детали

сортируют в соответствии с этими интервалами на размерные группы. Размерные группы сопрягаемых деталей обязательно маркируют цифрами, буквами или цветом.

Групповую комплектацию применяют для подбора ответственных деталей.

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

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

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

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

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

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



контргайками или стопорными винтами, подвижные клинья, регулируемые резьбовые детали, эластичные или пружинные муфты и т.д.

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

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

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

Пришабривание применяют для доводки поверхности после предварительной обработки ее напильником, резцом или другим режущим инструментом. Шабрение широко применяют при подгонке плоскостей разъема деталей, направляющих оборудования, станков и вкладышей подшипников, втулок и т.д. Качество шабрения определяется по числу точек соприкасания сопрягающихся поверхностей на квадрате со стороной 25 мм, для плотных соединений — не менее трех точек, для герметичных — не менее пяти. Шабрение вкладышей продолжают до тех пор, пока 75—80 % их поверхностей (при проворачивании шейки вала, покрытой тонким слоем краски) не будет равномерно покрыто краской.

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

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

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

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

### **Вопросы**

1. В чем суть групповой комплектации деталей?
2. Как производится штучная комплектация?
3. Приведите пример неподвижного компенсатора.
4. В чем суть подвижного компенсатора износа?
5. Каким инструментом производят шабрение?

## **Практическое занятие №8 «Контроль качества сборки»**

Цель практического занятия: ознакомиться с методами контроля качества сборки.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) кратко описать пусконаладочные работы реактора с рамной мешалкой, работающей под давлением 2МПа. При опи-

сании указать какие методы контроля используются на каждом этапе.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Контроль качества сборки и испытание собранных изделий являются важными этапами в процессе производства в машиностроении. Они позволяют убедиться в правильности и надежности сборки изделий, а также проверить их работоспособность и соответствие требованиям и стандартам.

При узловой и общей сборке проверяют:

- 1) наличие необходимых деталей в собранных соединениях (выполняется осмотром в соответствии со спецификацией);
- 2) правильность положения сопрягаемых деталей и узлов и перемещения всех механизмов, устройств управления (выполняется осмотром и опробыванием действия всех рукояток);
- 3) зазоры в собранных соединениях (измеряют щупом, по легкости вращения), контроль зазоров в зубчатых зацеплениях (выполняют щупом, методом проволочек, по величине «мертвого» хода);
- 4) точность взаимного сопряжения деталей (контроль на радиальное или осевое биение; выполняют в контрольных приспособлениях);
- 5) герметичность соединений проверяют в специальных устройствах, а плотность прилегания поверхностей контролируют на краску;
- 6) затяжку резьбовых соединений, наличие стопорящих элементов (пружинных шайб, шплинтов, штифтов и т. п.); плотность и качество постановки заклепок, плотность вальцованных и других соединений;
- 7) размеры, заданные в сборочных чертежах (габаритные и присоединительные размеры, расстояния осей входных и выходных валов от опорных поверхностей изделия);

8) выполнение специальных требований (уравновешенности вращающихся узлов, подгонке по массе или статическому моменту);

9) выполнение функциональных показателей собранных изделий и их составных частей (производительности и развиваемого напора насосов, точности делительных механизмов и т. п.);

10) внешний вид собранных изделий (проверяется отсутствие повреждений деталей, дефекты окраски и др.);

11) контроль уровня масла в машине.

Большинство указанных контрольных операций выполняют сборщики и наладчики оборудования для сборки и собираемого оборудования. В функцию контроля со стороны технологической и контрольной служб входит проверка установленной технологическим процессом последовательности и правильности выполнения основных и вспомогательных сборочных операций, соблюдения правил пользования сборочными приспособлениями и оборудованием. На контрольные операции составляют инструкционные карты, в которых подробно отражают последовательность контроля и используемые технические средства.

#### *Органолептические методы контроля*

Органолептический метод (органо- + греч. *Leptikos* – способный взять, воспринять) основан на анализе информации, воспринимаемой органами чувств человека (зрение, обоняние, осязание, слух) без применения технических измерительных или регистрационных средств. Эта информация не может быть представлена в численном выражении, а основывается на ощущениях, генерируемых органами чувств. Решение относительно объекта контроля принимается по результатам анализа чувственных восприятий.

Поэтому точность метода существенно зависит от квалификации, опыта и способностей лиц, проводящих диагностирование. При органолептическом контроле могут использоваться технические средства, не являющиеся измерительными, а лишь повышающие разрешающие способности или восприимчивость органов чувств (лупа, микроскоп, слуховая трубка и т.п.).

Визуальный контроль – это первичная проверка собранных изделий на наличие видимых дефектов, таких как трещины, сколы, неправильное выравнивание и т.д. Он проводится с помощью

глаза или с помощью оптических приборов, таких как микроскопы или лупы. Осмотр может проводиться в динамическом режиме (при работающем механизме) и в статическом (при остановленном механизме).

Методы осязания используются при оценке волнистости, шероховатости, температуры, вибраций, качестве смазочного материала, его вязкости, пластичности, наличии посторонних включений.

Контроль температуры позволяет оценить степень нагрева корпусных деталей по уровням «холодно», «тепло», «горячо». «Холодно» – температура менее +20С, «тепло» – температура +30...40С, «горячо» – температура выше +50С. Пределом для непосредственного восприятия является температура +60С – выдерживаемая, у большинства тыльной стороной ладони без болевых ощущений в течение 5 с. Использование дополнительных средств – брызг воды позволяет контролировать значения +70С – видимое испарение пятен воды и +100С – кипение воды внутри капли на поверхности корпусной детали. Недопустимым является прикосновение к вращающимся и токоведущим деталям.

Восприятие вибрации основано на тактильном анализе (как реакции соприкосновения), как и контроль температуры. Значения параметров вибрации субъективно оценить нельзя. Возможен сравнительный анализ вибрации. Абсолютная оценка практически всегда содержит грубые ошибки из-за различных ощущений человека и широкого спектрального состава вибрации. В высокочастотном диапазоне возможности человека по восприятию вибрации ограничены. В низкочастотном диапазоне возможности человека по восприятию вибрации существенно различаются из-за различного уровня подготовки.

Акустическое восприятие, позволяющее оценивать наиболее значимые повреждения, меняющие акустическую картину механизма. Весьма эффективно при определении повреждений муфт, дисбаланса или ослабления посадки деталей, обрыве стержней ротора, ударах деталей. Диагностические признаки – изменение тональности, ритма и громкости звука.

#### *Приборные методы контроля*

Наряду с органолептическими методами при техническом диагностировании используются приборные методы, позволяю-

щие получить количественную оценку измеряемого параметра. Диагностирование с применением приборов основано на получении информации в виде электрических, световых, звуковых сигналов, отображающих изменение состояния объекта. В зависимости от физической природы измеряемых параметров различают:

1) механический метод – основан на измерении геометрических размеров, зазоров в сопряжениях, давлений и скорости элементов. Применяется при количественной оценке износа деталей, установлении люфтов и зазоров в сопряжениях, давлениях в гидро-и пневмосетях, силз атяжки резьбовых соединений, номинальной скорости привода. Используется разнообразный мерительный инструмент и приборы: линейки, штангенциркули, щупы, шаблоны, индикаторы перемещения часового типа, динамометрические ключи, ключи предельного момента, манометры;

2) электрический метод (ваттметрия) заключается в измерении: силы тока, напряжений, мощности, сопротивлений и других электрических параметров. Метод позволяет по косвенным параметрам установить техническое состояние механизма. Средства для реализации: амперметры; вольтметры; измерительные мосты; датчики: перемещений, крутящих моментов, давлений; тахогенераторы; термопары;

3) тепловой метод (термометрия) – основан на измерении температурных параметров диагностируемого объекта. С помощью термометрии определяются: деформации, вызываемые неравномерностью нагрева, состояние подшипниковых узлов, смазочных систем, тормозов, муфт. Используются: термосопротивления, термометры, термопары, термоиндикаторы, термокраски, тепловизоры;

4) виброакустические методы (виброметрия) основаны на измерении упругих колебаний, распространяющихся по узлам в результате соударения движущихся деталей при работе механизмов. Область применения: оценка и контроль механических колебаний; определение, распознавание и мониторинг развития повреждений в деталях и конструкциях. Используются: шумомеры, виброметры, спектроанализаторы параметров виброакустического сигнала;

5) методы анализа смазки основаны на определении вида и количества продуктов изнашивания в масле. Применяются спо-

собы: колориметрический, полярографический, магнитно-индукционный, радиоактивный спектрографический;

б) методы неразрушающего контроля: магнитные, вихретоковые, ультразвуковые, контроля проникающими веществами, радиационные, радиоволновые. Методы используются для определения целостности отдельных деталей механизма.

### *Испытание собранных изделий*

Конструкция большинства изделий в собранном виде не допускает проведения непосредственного измерения фактических значений геометрических параметров, оговоренных в технических условиях. В связи с этим качество сборки изделий оценивают интегральным способом путем проведения испытаний.

Испытание собранных изделий – это процесс проверки и оценки работоспособности, надежности и соответствия требованиям собранных механических изделий. Этот этап является важной частью контроля качества и позволяет убедиться, что изделие готово к использованию и соответствует ожиданиям заказчика.

## **Практическое занятие №9 «Балансировка вращающихся деталей»**

Цель практического занятия: ознакомиться с методами балансировки вращающихся деталей.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) по заданию преподавателя описать балансировку детали (шлифовальный круг, турбина, шкив, зубчатое колесо, рабочее колесо насоса).

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Неуравновешенность вращающихся деталей получается при смещении их массы в одну сторону, в результате чего смещается

центр тяжести относительно оси вращения, а также при смещении оси вращения относительно центра тяжести. Масса детали смещается из-за неоднородности материала, неточности механической обработки и в результате одностороннего износа в процессе эксплуатации. Ось вращения относительно центра тяжести смещается вследствие перекосов при сборке или неточности изготовления.

При больших оборотах вращения неуравновешенных деталей возникают неуравновешенные центробежные силы, приводящие к вибрации детали и агрегата в целом и преждевременному его износу. Поэтому вращающиеся детали должны быть тщательно сбалансированы.

Существуют два способа балансировки: статический и динамический.

При статической балансировке деталь уравнивают относительно оси вращения за счет уменьшения ее массы на той стороне, куда смещен центр тяжести, или увеличения массы на диаметрально противоположной стороне. При этом способе деталь находится в статическом состоянии и в случае ее балансировки (уравнивания) деталь будет оставаться в любом положении, в которое она поворачивается относительно оси вращения.

Статическое уравнивание производят на горизонтальных призмах, валиках или роликах. Наиболее простое устройство для статической балансировки — параллельные стенды, представляющие собой две закрепленные на основаниях направляющие в виде ножей, по которым может перекатываться уравниваемая деталь.

Ножи выверяют при помощи уровня в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для балансировки массивных деталей (шкивы насосов) применяют роликовые или дисковые стенды, у которых вместо ножей имеются шарикоподшипники или ролики.

Статическую балансировку производят следующим образом. Уравниваемую деталь устанавливают на стенд «и поворотом на некоторый угол определяют ее уравновешенность. При неуравновешенности тяжелая часть детали возвращается вниз, а при уравновешенности она остается в том положении, в кото-рое



поворачивается. Неуравновешенную массу детали удаляют сверлением по отметке с обеих ее сторон. Если при сверлении ослабнет конструкция детали, то в этом случае на диаметрально противоположной стороне при помощи винтов устанавливают уравновешивающую массу (груз) в виде отдельных пластинок.

Для цилиндрической детали, имеющей сравнительно большую длину (шкивы трансмиссий клиноременных передач), одного способа статической балансировки будет недостаточно, так как неуравновешенная и уравновешенная массы при балансировке могут быть удалены от поперечной оси детали на расстояние. При вращении детали центробежные силы этих масс, находящихся в разных плоскостях, создают пару сил, которые будут поворачивать деталь относительно оси вращения и создавать дополнительные нагрузки на вал и подшипники. В этом случае ликвидировать влияние пары сил можно только динамической балансировкой, при которой положение и величину уравновешивающей массы определяют в динамическом состоянии детали — во время ее вращения.

Процесс динамической балансировки осуществляют на специальных станках или же непосредственно в машинах и механизмах на собственных подшипниках при помощи специальных приборов: виброметров, виброскопов.

Динамическая балансировка, выполняемая на современных автоматизированных балансировочных станках, в интервале 1-2 мин выдает данные: глубину и диаметр сверления, массу грузов, размеры контргрузов и места, где необходимо закрепить и снять грузы, а также амплитуду колебаний опор.

### **Практическое занятие №10**

#### **«Восстановление деталей пайкой»**

Цель практического занятия: углубить знания о методе восстановления деталей пайкой.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Пайкой (паянием) называют процесс получения неразъемного соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, при помощи расплавленного вспомогательного (промежуточного) металла или сплава, имеющего температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы.

Процесс пайки заключается в следующем: при нагревании припой расплавляется и, соприкасаясь с нагретым, но свободным от окисной пленки основным металлом, смачивает его и растекается по его поверхности. Способность припоя заполнять швы зависит от степени смачивания припоем основного металла, его капиллярных свойств и шероховатости поверхности спаиваемых деталей.

Пайка как способ восстановления деталей имеет следующие преимущества:

- простота технологического процесса и применяемого оборудования;
- высокая производительность процесса;
- сохранение точной формы, размеров и химического состава деталей (а при пайке легкоплавкими припоями — сохранение структуры и механических свойств металла);
- простота и легкость последующей обработки, особенно после пайки тугоплавкими припоями; небольшой нагрев деталей (особенно при низкотемпературной пайке);
- возможность соединения деталей, изготовленных из разнородных металлов;
- достаточно высокая прочность соединения деталей;
- низкая себестоимость восстановления детали.

Основной недостаток пайки — некоторое снижение прочности соединения деталей по сравнению со сваркой.

В зависимости от требований, предъявляемых к соединению (в основном по прочности), различают мягкую и твердую пайку.

Мягкую пайку осуществляют легкоплавкими припоями, представляющими собой сплавы на оловянной и свинцовой основах и имеющими температуру плавления ниже 450 °С.

При твердой пайке применяют тугоплавкие припои с температурой плавления выше 450 °С, преимущественно медно-цинковые и алюминиевые.

К припоям предъявляются следующие основные требования:

- температура плавления ниже, чем у соединяемых металлов;
- высокая текучесть и хорошая смачиваемость соединяемых поверхностей;
- достаточно высокая прочность и пластичность шва;
- высокая коррозионная стойкость в паре с паяемыми металлами;
- коэффициент теплового расширения должен быть близок к коэффициенту линейного расширения основного металла.

Припой в процессе паяния в результате смачивания образует с поверхностью спаиваемой детали зону промежуточного сплава, причем качество паяния в таком случае при наличии чистых металлических поверхностей будет зависеть от скорости растворения данного металла в припое: чем скорость растворения больше, тем качество пайки лучше. Иначе говоря, качество паяния зависит от скорости диффузии.

Увеличению степени диффузии способствуют:

- наличие чистых металлических поверхностей спаиваемых деталей. При окисленной поверхности степень диффузии припоя значительно уменьшается или полностью отсутствует;
- предотвращение окисления расплавленного припоя в процессе пайки, для чего применяются соответствующие паяльные флюсы;
- паяние при температуре, близкой к температуре плавления спаиваемой детали;
- медленное охлаждение после паяния.

В зависимости от назначения спаиваемых деталей швы пайки подразделяются: на прочные швы (должны выдерживать механические нагрузки); плотные швы (не должны пропускать жидкостей или газов, находящихся под слабым давлением);

прочные и плотные швы (должны выдерживать давление жидкостей и газов, находящихся под большим давлением).

В паяемых конструкциях применяют стали всех типов, чугуны, никелевые сплавы (жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие), медь и ее сплавы, а также легкие сплавы на основе титана, алюминия, магния и бериллия. Ограниченное применение имеют сплавы на основе тугоплавких металлов: хрома, ниобия, молибдена, тантала и вольфрама.

Технологический процесс паяния состоит из следующих операций:

1) механической (шабером, напильником, шлифовальной шкуркой) или химической очистки. Промежуток между двумя поверхностями должен быть везде одинаков и не превышать 0,1...0,3 мм. Такой небольшой промежуток необходим для образования капиллярных сил, которые способствуют засасыванию припоя на значительную глубину от кромки. Если спаиваемые поверхности имеют следы жира или масла, то их обрабатывают горячим раствором щелочи. Обычно берут 10% раствор соды. Если механически очистить детали по какой-либо причине нельзя, то применяют травление деталей в кислотах. Обычно берут 10% раствор серной кислоты для меди и ее сплавов, а для деталей из черных металлов — 10% раствор соляной кислоты, причем раствор должен быть подогрет до 50 – 70 °С;

2) нагревания детали (паяльником, паяльной лампой и другим способом);

3) покрытие флюсом и предварительного облуживания припоем (паяльником, или натиранием, или погружением в припой). Предварительное лужение имеет весьма важное значение, так как в этом случае достигаются повышенные прочность и плотность спая. В случае невозможности предварительного лужения паяние ведут и по чистой поверхности, но результаты будут более низкими. Для предварительного лужения применяется тот же припой, какой применяется и для последующего паяния;

4) скрепления мест для спаивания, покрытия их флюсом и нагревания. Детали скрепляют, чтобы места соединений не расходились при небольших механических воздействиях, например, при наложении паяльника. Флюс для пайки позволяет избавиться от оксидной пленки и примесей с поверхности металлов, а также

обеспечить равномерное растекание припоя. Область стыка прогревается до температуры, существенно превышающей температуру плавления припоя;

5) введение припоя, его расплавление, застывание и удаление излишков припоя, а также остатков флюса. Процесс остывания спаянной детали должен быть естественным.

Родственным пайке процессом является *лужение*, при котором поверхность металлической детали покрывают тонким слоем расплавленного припоя, образующего в контакте с основным металлом припой-сплав переменного состава с теми же зонами, что и зоны при пайке. Лужение можно применять как предварительный процесс с целью создания более надежного контакта между основным металлом и припоем или как покрытие для защиты металлов от коррозии.

Технологический процесс лужения состоит из следующих операций:

- 1) очистки поверхности от посторонних веществ металлической щеткой, песком, известью или шлифовальной шкуркой;
- 2) обезжиривания бензином или горячим водным раствором соды или едкого натра;
- 3) промывки в воде;
- 4) химической чистки от окислов, травления в кислотах;
- 5) покрытия флюсами (хлористым цинком) кистью или погружением в водный раствор флюса;
- 6) подогревания поверхности детали до температуры плавления полуды и лужения.

Лудят небольшие предметы паяльником. Лужение больших предметов производят методом натирания. Для этого изделие смачивают раствором хлористого цинка и нагревают до температуры плавления олова, после чего посыпают порошкообразной смесью олова с хлористым аммонием (нашатырем). Олово при этом плавится и, растертое паклей, образует на поверхности ровный слой. После лужения остатки флюса отмывают горячей водой.

После пайки выполняется очистка деталей и при необходимости термическая обработка. При очистке удаляют остатки флюса. Флюсы, частично оставшиеся после пайки на изделии, портят его внешний вид, изменяют электропроводность, а неко-

торые вызывают коррозию. Канифоль удаляют растворителями — спиртом, ацетоном. Агрессивные кислотные флюсы, содержащие соляную кислоту или ее соли, тщательно смывают последовательно горячей и холодной водой.

В случае необходимости закалки паяных изделий следует выбирать припой, температура плавления которого выше температуры закалки стали. Типичный случай необходимости закалки — режущий инструмент с напаянными твердосплавными пластинками. Закалка инструмента может быть совмещена с пайкой. Пайку проводят с использованием высокотемпературных припоев при температуре, превышающей температуру закалку сталей, из которых изготовлены корпуса инструмента. Инструмент подстуживают до температуры закалки стали, а затем охлаждают в соответствующей среде. После закалки выполняют отпуск на необходимую твердость.

### **Вопросы**

1. Опишите процесс пайки.
2. Для чего необходим флюс? Что это такое?
3. В чем суть процесса травления?
4. Для чего проводят лужение?
5. Какие припои используют при мягкой пайке?

## **Практическое занятие №11 «Восстановление деталей перезаливкой антифрикционными сплавами»**

Цель практического занятия: углубить знания о методе восстановления деталей перезаливкой антифрикционными сплавами.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) описать процесс перезаливки антифрикционными сплавами вкладыша подшипника скольжения;
- 3) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

К антифрикционным относят материалы, которые идут на изготовление различных деталей, работающих в условиях трения скольжения. Антифрикционный материал должен обладать низким коэффициентом трения в кинематическом узле, хорошей прирабатываемостью, высокой износостойкостью, малой склонностью к заеданию (схватыванию), способностью обеспечить равномерную смазку. Перечисленные свойства антифрикционного материала должны им обеспечиваться при определенных удельных контактных нагрузках и различных конструктивных решениях узлов трения.

Большое разнообразие конструктивных типов узлов трения, а также условий эксплуатации привело к необходимости создания самых разнообразных антифрикционных материалов. Различают следующие антифрикционные материалы: сплавы на основе олова, свинца (баббиты), меди (бронзы), железа (сталь, чугун), металлокерамические (бронзографит, железографит), пластмассы (текстолит, фторопласт-4, древеснослоистые пластики и др.), а также сложные композиции типа “металл–пластмасса”.

Этот способ восстановления применяется в основном для подшипников скольжения (вкладышей) и втулок валов. В качестве антифрикционных сплавов применяются баббиты и свинцовистая бронза.

Баббиты разделяются на оловянистые и свинцовистые.

1. Оловянистые баббиты (Б-83 и -89) содержат в основном олово Sn — до 89% (сурьма Sb — до 12%, медь Cu — до 8%). Они применяются только при малом давлении (до 12 МПа) и температуре ниже 120 °С. Их достоинствами являются прирабатываемость, хорошие антифрикционные и литейные свойства, недостатками — малая долговечность и высокая стоимость.

2. Свинцовистые баббиты (СОС-6-6) содержат в качестве основы свинец Pb (70 – 80 %), на долю Sn и Sb приходится по 5,5 – 6,5 %. Применяют их при высоком давлении (20 МПа) и температуре до 300 °С, конкретно — для дизелей. К положительным особенностям этих сплавов относятся высокое сопротивление

усталостному разрушению и сохранение прочности при нагреве, к недостаткам — плохая прирабатываемость.

Процесс ремонта подшипников перезаливкой антифрикционным составом состоит из подготовки подшипника к заливке, плавки баббита, заливки подшипника баббитом и механической обработки подшипника с последующим контролем.

Удаление старого баббита производится путем нагрева вкладыша в печи, горне или газовой горелкой с обратной стороны вкладыша до температуры, соответствующей началу размягчения баббита (240 – 260 °С); после этого вкладыш встряхивается и баббит должен отстать от тела вкладыша. Не рекомендуется производить нагрев и выплавление баббита, направляя пламя горелки непосредственно на баббит, так как он при этом интенсивно окисляется. Нагревать вкладыш до полного расплавления баббита также не рекомендуется, так как при этом происходит выгорание сурьмы. Старый баббит должен быть удален полностью, без остатка в канавках и углублениях.

После выплавления баббита внутренняя поверхность вкладыша тщательно очищается шабером, стальной щеткой и наждачной шкуркой.

Подготовка вкладыша к перезаливке определяет качество заливки вкладыша и обеспечивает необходимую адгезию баббита с телом вкладыша.

Обезжиривание подшипников производится в растворе каустической соды при температуре 80 – 90 °С в течении 10 минут. После этого вкладыш промывается горячей проточной водой для удаления грязи и щелочи.

Первоначальное протравливание вкладыша производится погружением на 10 – 15 мин в 10 %-ный раствор соляной или серной кислоты (1 л концентрированной кислоты на 10 л воды). При приготовлении раствора кислоты необходимо соблюдать правила техники безопасности, добавляя концентрированную кислоту в воду и ни в коем случае не наоборот. После протравливания вкладыш промывается горячей проточной водой и высушивается.

Вторичное протравливание и лужение вкладыша производятся следующими способами.



*При лужении погружением*, перед вторичным протравливанием, производится окраска поверхностей, не подлежащих лужению, меловой краской, препятствующей пристаиванию полуды.

Вторичное протравливание заливаемой поверхности вкладыша производится насыщенным раствором хлористого цинка ("травленной" кислотой). Способ ее приготовления следующий: в четырех весовых частях концентрированной соляной кислоты растворяется одна весовая часть цинка. Процесс растворения должен продолжаться до тех пор, пока не прекратится выделение пузырьков водорода, а на дне сосуда останется некоторое избыточное количество нерастворенного цинка. Протравливание (покрытие флюсом) производится путем нанесения раствора с помощью волосяной кисти или пакли. В случае, если обезжиривание произведено некачественно, протрава не ложится ровным слоем на поверхность, а сбегает с поверхности. В этом случае операцию обезжиривания необходимо повторить.

По окончании протравливания нагретый до температуры 220 – 230 °С вкладыш медленно (во избежание выплескивания) погружается в расплав чистого олова (возможно применение для полуды смеси 50 % олова и 50 % свинца; баббита Б-83) на 5 – 7 минут. Температура полуды должна быть 300 – 320 °С. Полуда должна покрыть поверхность вкладыша сплошным ровным тонким слоем и иметь тускло серебристый цвет, за исключением поверхностей, покрытых меловой краской.

Если на облуженной поверхности вкладыша остались черновины, окисленности, места с отставанием полуды, их необходимо протравить и залудить.

Этот способ нанесения полуды целесообразно применять в местах централизованной перезаливки вкладышей.

*При лужении паяльником или обмазкой* на облуживаемую поверхность вкладыша производится нанесение насыщенного раствора хлористого цинка. Поверхность покрывается порошком сухого нашатыря, вкладыш нагревается до температуры 220 – 230 °С, и с помощью паяльника наносится олово на облуживаемую поверхность.

Перед производством заливки вкладыша баббитом все имеющиеся во вкладыше отверстия и масляные каналы уплотняются асбестом.

После лужения сразу начинают заливку баббитом расплавленным в электротиглях. Заливку баббитом производят в кокиль или центробежным способом. К недостаткам заливки в кокиль следует отнести низкую производительность и повышенный расход баббита. Более совершенной является центробежная заливка, осуществляемая в специальном приспособлении. После заливки подшипники растачивают и контролируют.

### **Вопросы**

1. Для чего лудят поверхность перед нанесением баббита? Какие есть способы?
2. Опишите процесс травления.
3. Опишите процесс лужения.
4. Какую роль выполняют антифрикционные сплавы при восстановлении деталей?
5. Опишите способы нанесения баббита?

## **Практическое занятие №12 «Восстановление деталей механической и слесарной обработкой. Механическая обработка деталей под ремонтный размер»**

Цель практического занятия: углубить знания о методах восстановления деталей механической и слесарной обработкой.

Задание:

- 1) изучить теоретический материал;
- 2) законспектировать материал в виде перечисления методов и применяемых инструментов;
- 3) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

## **Теоретические положения**

Слесарно-механическая обработка состоит из слесарной и механической обработки, которые часто применяются в сочетании между собой.

Слесарная обработка представляет собой холодную обработку металлов, выполняемую ручным или механизированным инструментом.

При восстановлении деталей применяют следующие виды слесарной обработки: разметка, рубка, опилование, отрезание, запрессовка деталей, развертывание, нарезание резьбы, правка и гибка.

Механическая обработка применяется как самостоятельный способ восстановления деталей, а также в качестве операций, связанных с подготовкой или окончательной обработкой при восстановлении другими способами.

В качестве механической обработки применяются следующие виды: токарная, сверлильная, фрезерная, расточная, шлифовальная, полировальная, хонинговальная обработки.

После восстановления поверхностей деталей большинство из них подвергаются механической обработке для получения требуемой точности размеров и шероховатости поверхности.

Иногда при обработке требуется обеспечить не только геометрическую форму и размеры, но и взаимное расположение установочных баз. Поэтому как восстановление поверхностей деталей, так и их обработку необходимо производить при одинаковой установке.

Одним из способов восстановления деталей механической обработкой является обработка под ремонтный размер. Так восстанавливают различные детали пар трения типа «вал – втулка» или «поршень – цилиндр». Суть способа состоит в следующем: наиболее дорогостоящую деталь (например, коленчатый вал) восстанавливают, обрабатывая под ремонтный размер, а вторая деталь (например, вкладыш) заменяется на новую или тоже восстанавливается под ремонтный размер. С помощью данного способа восстанавливают геометрическую форму, шероховатость и прочностные характеристики изношенных поверхностей деталей. Ремонтные размеры подразделяют на регламентированные и нерегламентированные.

Регламентированные размеры назначает предприятие изготовитель, и детали с регламентированными размерами выпускает промышленность. Примерами таких деталей могут служить поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, тонкостенные вкладыши. Ремонтные предприятия обрабатывают сопряженные детали под регламентированные размеры, в этих деталях сохраняются класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Нерегламентированные размеры – это размеры с учетом припуска на пригонку детали «по месту». В таком случае восстанавливаемую деталь обрабатывают до получения необходимой шероховатости и правильной геометрической формы. В качестве примера можно привести обработку фаски седла клапана в головке цилиндров лишь до выведения следов износа, в которой затем по месту притирается клапан двигателя. Преимуществами способа обработки под ремонтный размер являются увеличение срока службы сложных и дорогих деталей и повышение качества ремонта. Однако имеется и ряд недостатков: ограничение взаимозаменяемости восстановленных деталей и снижение их износостойкости после снятия поверхностного слоя металла.

### **Вопросы**

1. Чем отличается слесарная обработка от механической?
2. В чем суть обработки под ремонтный размер?
3. Чем определяется нерегламентированный размер?
4. Как определить ремонтный размер?
5. Что такое хонингование?

## **Практическое занятие №13 «Установка и закрепление дополнительных ремонтных деталей»**

Цель практического занятия: ознакомиться с методами установки дополнительных ремонтных деталей, областями их применения.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;

- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) применяют для компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части детали. В первом случае ДРД устанавливают непосредственно на изношенную поверхность детали. Этим способом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения, отверстия с изношенной резьбой и другие детали.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, пластины, резьбовой втулки или спирали.

Если на детали сложной формы изношены отдельные ее поверхности, то ее можно восстановить полным удалением поврежденной части и постановки вместо нее заранее изготовленной дополнительной детали. Этот способ применяют при восстановлении крышек коробок передач, блоков шестерен, ведущей шестерни коробки передач и других деталей. Дополнительные ремонтные детали обычно изготавливают из того же материала, что и восстанавливаемая деталь. При восстановлении посадочных повреждений в чугунных деталях втулки могут быть изготовлены также из стали.

Преимуществом восстановления деталей постановкой ДРД является простота технологического процесса и применяемого оборудования. Недостатки — большой расход материала на изготовление дополнительной ремонтной детали, а также снижение механической прочности восстанавливаемой детали.

Разновидностью способа ДРД является пластинирование — способ облицовки рабочих поверхностей деталей машин тонкими износостойкими легкоменяемыми пластинами. Областью его применения является производство и ремонт машин, имеющих детали с интенсивно изнашивающимися поверхностями в виде

гладких замкнутых и разомкнутых цилиндрических и конических отверстий, а также плоских поверхностей.

Виды пластинирования деталей машин показаны на рисунке 13.1.

Базой для объединения различных технологий пластинирования в виды по эксплуатационно-ремонтным признакам является цель, достигаемая при помощи пластинирования в процессе эксплуатации и ремонта машины. По этим признакам различают износостойкое (ресурсоувеличивающее), восстановительное (ресурсовосстанавливающее) и регулировочное пластинирование.

Износостойкое пластинирование применяют для увеличения ресурса деталей, повышения их ремонтпригодности, для компенсации износов сопряженных деталей. Восстановительное пластинирование позволяет неоднократно восстанавливать ресурс деталей, как не подвергавшихся ранее пластинированию, так и уже пластинированных деталей. Регулировочное пластинирование применяется для получения требуемых зазоров и натягов в сопрягаемых деталях в результате подбора при сборке толщины регулировочных прокладок. Регулировочным пластинированием можно также компенсировать износ деталей.

Технологические признаки учитывают сходство формы и процессов обработки пластин, а также способы установки их на рабочую поверхность. По способам установки пластин на рабочую поверхность пластинирование бывает напряженным, свободным и связанным.

*Напряженным пластинированием* называется способ, при котором пластину перед установкой на поверхность детали обжимают и устанавливают на деталь в напряженном состоянии. Фиксация пластины производится в результате действия сил трения. Напряженное пластинирование делится на поясное, продольное(осевое) и спиральное.

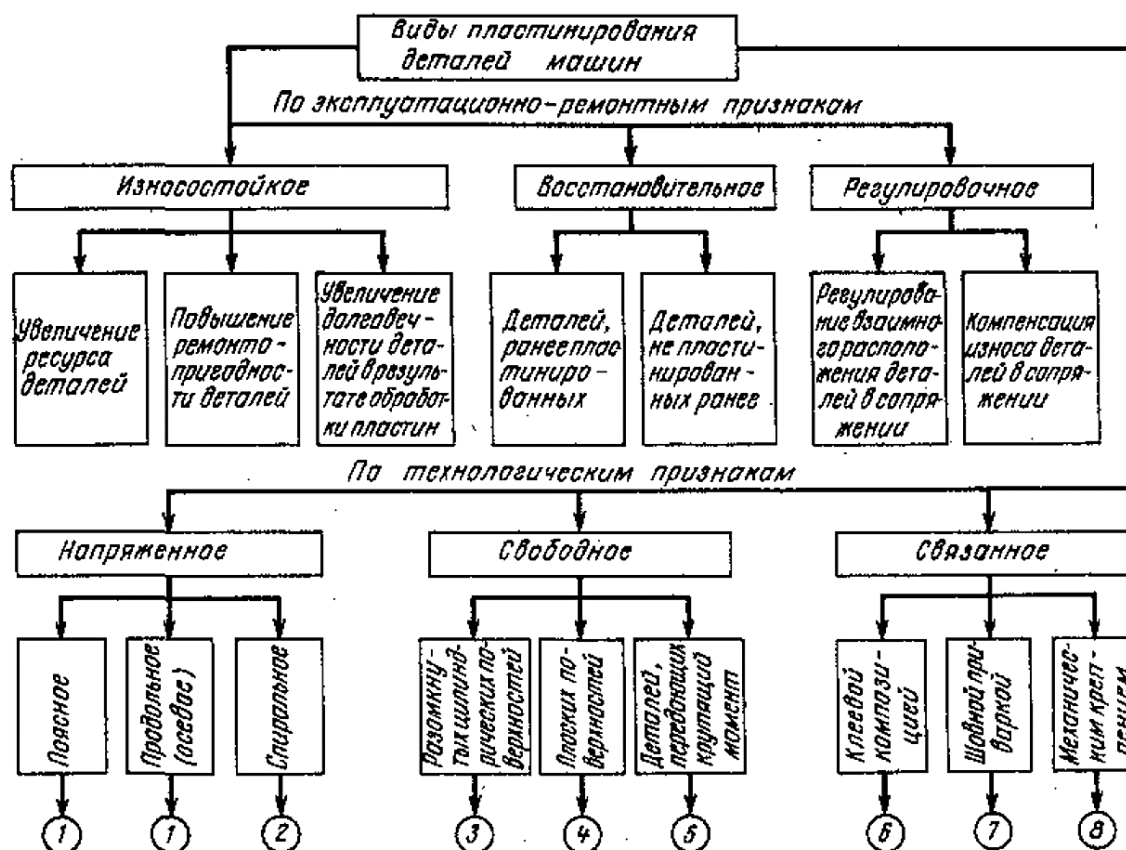


Рисунок 13.1 – Виды технологических методов пластинирования поверхностей деталей машин:

- 1) внутренние цилиндрические и конические поверхности;
- 2) внутренние и наружные цилиндрические и конические поверхности;
- 3) постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания (ДВС); 4) направляющие станин металлорежущих станков, опорные плоскости шестерен и сателлитов; 5) пакеты жестких пластин бортовых фрикционов гусеничных машин; 6) внутренние поверхности цилиндрических отверстий; 7) гладкие валы; 8) направляющие станин металлорежущих станков, упругие пластины в сцеплениях колесных машин

Поясное пластинирование предусматривает установку на внутренние цилиндрические и конические поверхности отверстий одной или нескольких пластин — поясов, расположенных перпендикулярно к образующей отверстия. В случае применения нескольких поясов стыки их концов располагаются вдоль образующей под углом: при двухпоясном пластинировании –  $180^\circ$ , при трехпоясном –  $120^\circ$ , при четырехпоясном –  $90^\circ$ .

Формы пластин, применяемых для поясного пластинирования, показаны на рисунке 13.2,а. Поясным пластинированием

можно восстанавливать гильзы цилиндров. Продольное или осевое пластинирование применяется для восстановления внутренних поверхностей длинных отверстий, в которых затруднительно использовать поясное пластинирование из-за большого числа поясов. При продольном пластинировании стыки пластин располагаются только вдоль оси отверстия. Комплект пластин для сохранения продольной устойчивости вводят в отверстие вместе с поддерживающей оправкой. Наружный диаметр свернутого комплекта пластин должен быть больше внутреннего диаметра отверстия детали на размер натяга. Формы пластин, применяемых для продольного пластинирования, показаны на рисунке 13.2,б.

Спиральное пластинирование заключается в том, что на внутреннюю или наружную поверхность детали устанавливают по винтовой линии тонкую стальную пластину, имеющую форму удлиненного параллелограмма. При этом витки спирали располагаются под углом к плоскости, перпендикулярной к оси цилиндра. Для удержания пластины требуется дополнительное крепление. Пластины для спирального пластинирования показаны на рисунке 13.2, в. Этот способ целесообразно использовать для восстановления цилиндрических деталей, длина которых более чем в 4 раза превышает их диаметр, например, для восстановления гидросиловых цилиндров, а также валов с неограниченными размерами.

*Свободным пластинированием* называется способ, при котором пластина устанавливается свободно и удерживается на ней в результате конструкции деталей формы пластины. Формы пластин для свободного пластинирования показаны на рисунке 13.2, г. Данным способом можно восстанавливать постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания, регулирующих прокладок в зацеплениях главных передач ведущих мостов автомобилей.

*Связанное пластинирование* предусматривает применение дополнительных средств крепления пластин — приварки, приклеивания или установки механических стопоров. Пластины при этом можно устанавливать поясами, продольно или спирально.



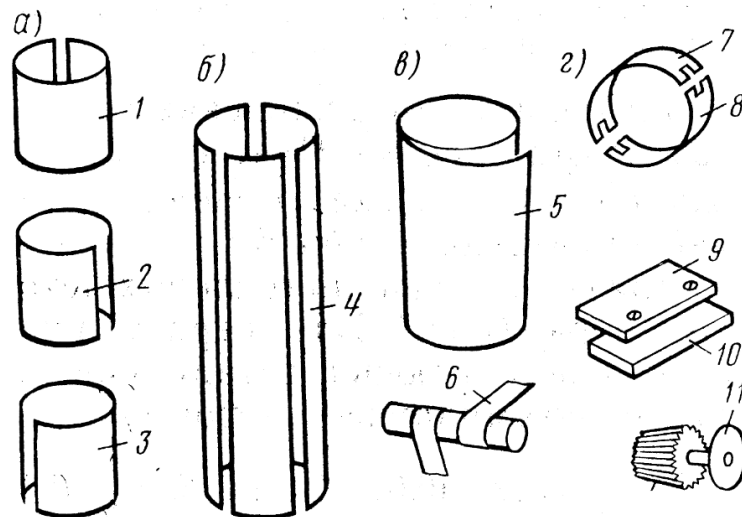


Рисунок 13.2 – Формы пластин при различных видах пластинирования деталей машин:

1, 2, 3) разновидности поясов, изготовленных из пластин;  
 4) пластины, подготовленные для продольного пластинирования внутренних цилиндрических поверхностей; 5, 6) спирали, предназначенные для облицовки соответственно внутренних и наружных цилиндрических поверхностей; 7, 8) пластины для пластинирования разомкнутых цилиндрических поверхностей; 9, 10) соответственно плоская пластина и деталь, подлежащая облицовке; 11, 12) облицовочная пластина и деталь, предназначенная для передачи крутящего момента

### *Способы установки ДРД*

ДРД закрепляют на восстанавливаемых поверхностях натягом, деформированием материала, силами упругости и упорами (на шейках валов), резьбой, сварным швом, сварными точками (электрозаклепками), клеем, припоем, заклепками, штифтами и винтами.

Распространено закрепление ДРД в виде втулок на шейках валов или в отверстиях корпусов за счет натяга. Необходимую прочность соединения получают выбором длины и натяга посадки. Для надежного соединения ДРД с основной деталью их совместно просверливают, отверстие развертывают или в нем нарезают резьбу. В отверстие устанавливают штифт или резьбовой стопор.

Наибольшее применение получило закрепление ДРД сваркой. Так восстанавливают шейки коленчатых валов, канавки поршней, венцы зубчатых колес, стыковые приливы картеров и др.

Дополнительная ремонтная деталь может быть закреплена электрозаклепками. ДРД, имеющие форму дисков или пластин, закрепляют на основной детали с помощью винтов с потайной головкой, при этом толщина ДРД не менее 4 мм.

Сущность клеесварного способа закрепления ДРД заключается в следующем. Поверхность основной детали зачищают металлической щеткой, шлифовальным кругом или другими инструментами. Затем поверхность обезжиривают органическим растворителем и наносят клеевую композицию. После этого устанавливают накладку из стали 20 и приваривают ее контактной сваркой.

Дополнительные ремонтные детали закрепляют также на поверхности шеек валов силами упругости и упорами (рисунок 13.3). ДРД вырубают из шлифованной и полированной полосы из пружинной стали толщиной 0,4 мм. Длина ДРД соответствует длине окружности восстанавливаемого элемента. В ДРД пробивают фигурные отверстия с усиками и отверстия для подвода масла. Затем ДРД сворачивают в кольцо и отгибают усики. На шейке вала фрезеруют углубления. ДРД в виде браслета надевают на шейку вала таким образом, чтобы усики ДРД вошли во фрезерованные углубления. Силы упругости заставляют ДРД копировать форму шейки, а усики, взаимодействующие с торцами углубления, фиксируют ДРД от проворота.

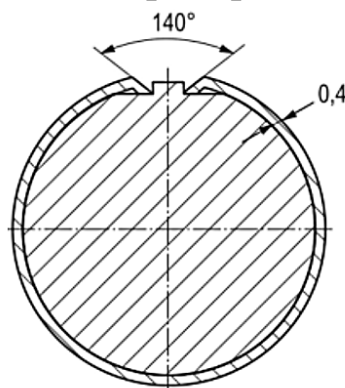


Рисунок 13.3 – Схема установки упругой ДРД на шейку вала

Отверстия под подшипники в корпусных деталях могут быть восстановлены свертными втулками из низкоуглеродистой конструкционной стали. Из отожженной рулонной ленты толщиной 0,8 мм отрезают пластину, длина и ширина которой соответствует размерам развертки поверхности отверстия. Платину изгибают в кольцо на гибочном станке. Диаметр ДРД определяют сменные оправки. Свертные втулки могут быть закреплены в отверстиях путем их раскатывания. В этом случае свертную втулку устанавливают в предварительно расточенные отверстия с винтовыми канавками треугольного профиля с углом при вершине 30 – 40 °С и глубиной 0,35 – 0,50 мм. Ленту раскатывают на сверлильном станке с помощью многороликового жесткого раскатника. Снимают фаску. Канавки на восстанавливаемой поверхности при раскатывании заполняются металлом ленты.

#### *Восстановление резьбовых отверстий ДРД*

Дефекты резьбовых отверстий восстанавливают несколькими способами:

- нарезанием резьбы ремонтного размера,
- заваркой отверстия с последующей обработкой и нарезанием резьбы прежнего размера,
- стабилизация и стопорение при помощи металлополимерных композиций,
- постановкой дополнительной детали (резьбового ввертыша или спиральной вставки).

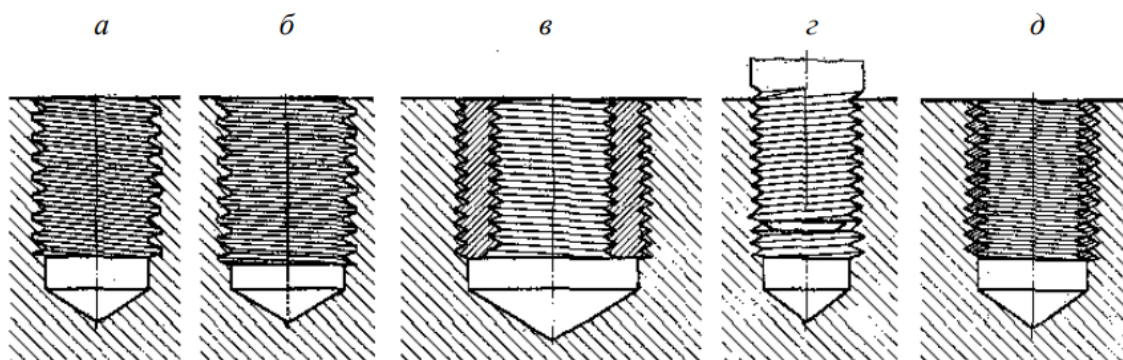


Рисунок 13.3 – Способы ремонта резьбовых соединений:

- а) заварка отверстий с изношенной резьбой с последующим нарезанием резьбы номинального размера; б) нарезание резьбы увеличенного размера (под ремонтный размер); в) установка ввертыша; г) стабилизация резьбовых соединений полимерной композицией; д) установка спиральной вставки

Спиральные вставки изготавливают из коррозионностойкой проволоки ромбического сечения в виде пружинящей спирали с поводковой цапфой для монтажа вставки в отверстие.

Перед монтажом ремонтной детали необходимо очистить отверстие от грязи и ржавчины. Затем отверстие рассверливают и с помощью специального метчика перерезают резьбу на один или несколько размеров больше, чтобы обеспечить место для установки спиральной вставки. При этом диаметр резьбового отверстия должен быть меньше, чем наружный диаметр вставки, тогда после завинчивания в отверстие вставка будет находиться в напряженном состоянии и плотно прижиматься к виткам резьбы. Вставка накручивается на специальный шпиндель или устройство и вкручивается в подготовленное отверстие. Она имеет внутреннюю резьбу, соответствующую исходному размеру ремонтируемого отверстия. После установки втулки её поводок обычно отламывают или загибают для удобства дальнейшей сборки.

При постановке резьбового ввертыша (футорки) изношенное резьбовое отверстие рассверливают, нарезают в нем резьбу и вкручивают в него ввертыш. Если ввертыш (резьбовая пробка) не имел резьбу, то сначала необходимо сделать в нем отверстие и нарезать резьбу необходимого диаметра. Так же изготавливают самонарезающие резьбовые ввертыши. Для их монтажа нет необходимости нарезать резьбу в отверстии.

Резьбовые ввертыши дополнительно закрепляют посредством клеевых композиций или стопорными шпильками, ввернутыми на границе ввертыша с деталью. Ввертыши изготавливают из мало и среднеуглеродистых сталей независимо от материала ремонтируемой детали.

#### *Устранение трещин ДРД*

Стенки корпусных деталей с трещинами восстанавливают установкой вставок из малоуглеродистой стали. Каждая вставка выполнена в виде цилиндров с параллельными осями, расположенными в одной плоскости. Диаметр окружности в основании цилиндров равен 3,5; 4,8 или 6,8 мм. Вставки бывают уплотняющими (устанавливаемые вдоль трещины) и стягивающими (устанавливаемые поперек трещины, рисунок 13.4). Расстояния между осями отверстий в восстанавливаемой детали и осями цилиндрических элементов уплотняющей вставки равны между собой. Шаг

осей отверстий в восстанавливаемой детали для стягивающих вставок на 0,2 мм больше, чем шаг между осями цилиндров самой вставки. Сущность способа заключается в запрессовывании вставок в предварительно подготовленные пазы детали.

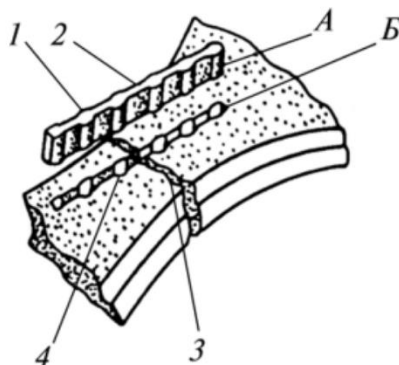


Рисунок 13.4 – Схема ремонта трещин стягивающими фигурными вставками:

- 1) цилиндр вставки; 2) перемычка вставки; 3) трещина; 4) отверстие паза;  
А) фигурная вставка; Б) паз в детали под фигурную вставку

Трещины длиной до 50 мм устраняются только стягивающими вставками, а более 50 мм - уплотняющими и стягивающими вставками. Высота уплотняющих вставок составляет 10-15 мм и превышает толщину стенки восстанавливаемой детали, а высота стягивающих вставок равна 3 мм и составляет часть толщины этой стенки.

Процесс устранения трещин следующий: отступают от конца трещины в сторону ее продвижения на 4-5 мм и сверлят насквозь отверстие диаметром 3,5 мм для деталей толщиной стенки до 8 мм, диаметром 4,8 мм - для деталей с толщиной стенки 8-12 мм или диаметром 6,8 мм - для деталей с толщиной стенки более 12 мм. В просверленное отверстие устанавливают оправку специального кондуктора и сверлят второе отверстие.

Затем последовательно ориентируют кондуктор по выполненным отверстиям и сверлят необходимое число отверстий по всей длине трещины. Подобным образом поперек трещины через каждые пять отверстий вдоль нее сверлят на глубину 3,5 мм по два отверстия с каждой стороны трещины. Перемычки между отверстиями удаляют специальным пробойником шириной 1,8; 2,4 или 3,0 мм (в зависимости от диаметра просверленных отверстий).

Сжатым воздухом выдувают стружку из отверстий. Поверхности отверстий и вставок обезжиривают органическим растворителем и смазывают эпоксидным компаундом. Вдоль трещины устанавливают уплотняющие вставки, а поперек нее - стягивающие. Вставки расклепывают и выступающую поверхность зачищают заподлицо с поверхностью детали.

### **Вопросы**

1. Опишите установку свертных втулок.
2. Какие методы используются для пластинирования поверхностей?
3. Как ДРД применяется для ремонта резьбовых соединений?
4. Какие преимущества и недостатки у метода восстановления резьбовых отверстий путем нарезания резьбы большего диаметра?
5. Применение ДРД для устранения трещин.

### **Практическое занятие №14**

#### **«Восстановление деталей пластической деформацией»**

Цель практического занятия: углубить знания о методах восстановления деталей пластической деформацией.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Пластическое деформирование применяют для восстановления размеров и форм изношенных деталей, устранения деформаций в деталях, а также для упрочнения их поверхностей.

Восстановление размеров достигается путем перераспределения металла давлением с нерабочих элементов детали на изношенные рабочие поверхности при постоянстве его объема. Процесс основан на использовании пластических свойств металла и применяется для восстановления деталей, изготовленных в основном из сталей и бронзы.

Пластическое деформирование выполняют в холодном или в горячем состоянии. Нагрев детали увеличивает пластичность ее материала (стали) и снижает в 10 раз и более сопротивление деформированию. В зависимости от конструкции детали, характера и места износа нагрев может общим или местным.

Процесс восстановления размеров деталей состоит из операций:

- подготовка – отжиг или отпуск обрабатываемой поверхности перед холодным или нагрев их перед горячим деформированием;
- деформирование – осадка, раздача, обжатие, вытяжка, правка, электрохимическая обработка и др.;
- обработка после деформирования – механическая обработка восстановленных поверхностей до требуемых размеров и при необходимости термическая обработка;
- контроль качества.

В зависимости от направления внешней силы, необходимой для деформирования и требуемой величины деформации, в ремонтном производстве применяют следующие виды обработки: осадка, раздача, вдавливание, обжатие, вытягивание, накатывание и правка (рисунок 14.1).

*Осадку* используют для увеличения наружного диаметра сплошных и полых деталей, а также для уменьшения внутреннего диаметра полых деталей за счет сокращения их высоты. Осадку втулок из цветных металлов выполняют в холодном состоянии с применением специальных приспособлений. При необходимости механической обработки внутренней поверхности втулки перед осадкой выбирают оправку размером на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия. Уменьшение высоты втулок относительно первоначального размера допускается (не более): для сильно нагруженных 5 – 8 %, менее нагруженных 10 – 15 %. В специальных штампах при нагреве до температурыковки

осадкой восстанавливают шейки, расположенные на концах стальных валов.

*Раздачей* восстанавливают наружные размеры полых деталей за счет увеличения их внутренних размеров: поршневые пальцы, посадочные поверхности под кольца подшипников качения чашек дифференциалов, наружные цилиндрические поверхности кожухов, труб полуосей и др. детали.

В зависимости от материала и термической обработки деталей раздача осуществляется в холодном состоянии или с нагревом. Нормализованные детали подвергают раздаче без нагрева, закаленные или цементированные – подвергают отжигу или высокому отпуску с последующим восстановлением термической обработкой.

*Вдавливание* применяют для увеличения размеров наружных поверхностей путем выдавливания материала детали с ее нерабочей части. Вдавливанием восстанавливают тарелки клапанов двигателей, зубчатые колеса, боковые поверхности шлицев на валах т.д. Шлицы прокатывают по направлению их продольной оси заостренным роликом, который внедряется в металл и разводит шлиц на 1,5 – 2,0 мм в сторону. Инструментом служат ролики диаметром 60 мм с радиусом заострения около 0,4 мм. Нагрузка на ролик составляет 2,0 – 2,5 кН.

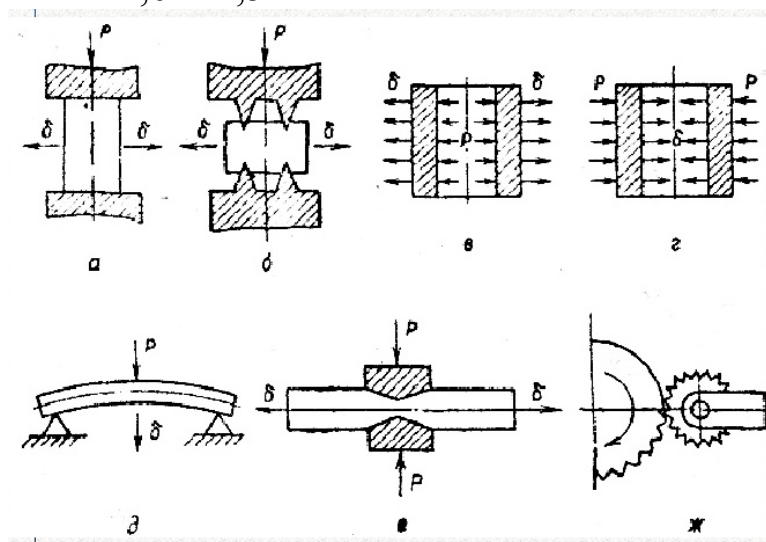


Рисунок 14.1 – методы деформирования для ремонта деталей  
а – осадка; б – вдавливание; в – раздача; г – обжатие; д – правка; е – вытягивание; ж – накатывание;  $P$  – усилие деформации;  $\delta$  – деформация



*Обжатие* применяют для восстановления полых деталей с изношенными внутренними поверхностями за счет уменьшения их наружного диаметра. Этим способом можно восстанавливать втулки из цветных, отверстия в проушинах рулевых сошек, рычагов поворотных цапф, корпуса гидравлических насосов и др. Процесс обжатия может выполняться в холодном и горячем состоянии в зависимости от материала детали и ее термической обработки. Втулку проталкивают через матрицу, которая имеет сужающее входное отверстие, калибрующую часть и выходное отверстие, расширяющееся под углом  $18^{\circ} - 20^{\circ}$ . Калибрующая часть матрицы позволяет уменьшить внутренний диаметр детали на величину износа с учетом припуска на развертывание до требуемого диаметра.

*Вытягивание* применяют для увеличения длины деталей путем местного обжатия. Этим методом восстанавливают длину тяг, стержней, шатунов и других деталей.

Технологический процесс вытягивания включает: нагрев, динамическое или статическое деформирование, термическую и механическую обработку, контроль.

*Накатывание* применяют для компенсации износа наружных цилиндрических поверхностей деталей путем выдавливания металла из отдельных частей изношенной поверхности. Способ позволяет увеличивать диаметр накатываемой поверхности детали на 0,3 – 0,4 мм и применяется для восстановления изношенных посадочных мест под подшипники качения, но при этом потеря опорной поверхности не должна превышать – 50 %. К типовым деталям, подлежащим ремонту объемной накаткой, относятся чашка коробки дифференциала, валы коробки передач, поворотные цапфы и т.д. Накатке подвергаются детали без термической обработки ( $HRC < 32$ ), с обильной подачей индустриального масла. При большей твердости деталь подвергают отпуску. В качестве инструмента для накатки используют рифленый цилиндрический ролик или обойму с шариками, устанавливаемый на суппорте токарного станка.

*Правку* применяют для восстановления первоначальной формы деталей, если в них возникли остаточные деформации (изгиб, скручивание или коробление) в результате механических повреждений, при восстановлении сваркой (наплавкой) или других

причин. В зависимости от степени деформации и размеров детали применяют *механический* (давлением и наклепом), *термомеханический* и *термический* способы правки.

Большинство деталей правят механической правкой статическим давлением в холодном состоянии (рамы, коленчатые валы, шатуны). Однако при холодной правке деталей в них возникают внутренние напряжения (снижающие усталостную прочность на 15 – 40 %), которые при ее работе иногда складываются с напряжениями, возникающими под действием рабочих нагрузок, в результате чего могут появиться вторичные деформации. Для повышения качества холодной правки применяют следующие способы: выдерживание детали под прессом в течение длительного времени; двойная правка детали, заключающаяся в первоначальном перегибе детали с последующей правкой в обратную сторону; стабилизация правки детали последующей термообработкой (нагрев до 450 °С и выдержка при этой температуре 0,5 – 1,5 ч).

Механическая (горячая) правка производится при необходимости устранения больших деформаций детали и осуществляется при температуре 600 – 800 °С. Нагревать можно как часть детали, так и всю деталь. Правка завершается термической обработкой детали.

Правка наклепом (чеканкой) не имеет недостатков, присущих правке давлением. Она обладает простотой и небольшой трудоемкостью. При правильной чеканке достигаются: высокое качество правки детали, которое определяется стабильностью ее во времени; высокая точность правки (до 0,02 мм); отсутствие снижения усталостной прочности детали; возможность правки за счет ненагруженных участков детали. В качестве инструмента для чеканки применяются пневматические или ручные молотки. От наносимых ударов в поверхностном слое детали возникают местные напряжения сжатия, которые вызывают устойчивую деформацию детали.

Для упрочнения таких деталей, как спиральные пружины, листы рессор, торсионные валы, шатуны и т.п. применяется обработка дробью, которая повышает их усталостную прочность.

Термический способ правки заключается в нагревании ограниченных (местных) участков детали (вала) с выпуклой стороны.

В результате нагревания металл расширяется. Противодействие соседних холодных участков приводит к появлению сжимающих усилий. Выправление вала происходит под действием стягивающих усилий, которые являются результатом пластического упрочнения волокон. Эффективность правки зависит от степени закрепления концов детали – при жестком закреплении прогиб устраняется в 5 – 10 раз быстрее, чем при незакрепленных концах балки. Оптимальная температура нагрева стальных деталей составляет 750 – 850 °С.

При термомеханическом способе правки осуществляют равномерный нагрев детали по всему деформированному сечению с последующей правкой внешним усилием. Нагрев осуществляется газовыми горелками до температуры отжига (750 – 800 °С).

Правка и рихтовка без нагрева вмятин капотов, крыльев применяется, если толщина их стенок не превышает 1 мм.

Процесс предварительного выравнивания вмятин происходит выбиванием вогнутой части детали до получения у нее правильной формы, его называют выколоткой. Процесс окончательной доводки поверхности после выколотки называют *рихтовкой*. При правке вмятины под нее устанавливают поддержку 3 (рисунок 14.2, а); ударами молотка (выколотки) по вмятине выбивают ее до уровня неповрежденной части поверхности. Подравнивают деревянной или резиновой киянкой оставшиеся после выколотки бугорки. При правке вмятин соблюдают следующие требования: глубокие вмятины без острых загибов и складок выравнивают, начиная с середины и постепенно перенося удары к краю; вмятины с острыми углами выбивают, начиная с острого угла или с выправки складки; пологие вмятины выправляют с краев, постепенно перенося удар к середине.

Рихтовка может быть ручная и механизированная. Ручную рихтовку выполняют рихтовальными молотками и поддержками, которые подбирают по профилю восстанавливаемых панелей. Под растянутую поверхность подставляют поддержку 3 (рисунок 14.2, б), которую одной рукой прижимают к панели.

По лицевой стороне восстанавливаемой поверхности наносят частые удары рихтовальным молотком 4 так, чтобы они попадали на поддержку. При этом удары постепенно переносят с одной точки на другую, осаживая бугорки и поднимая вогнутые

участки. Рихтовку продолжают до тех пор, пока ладонь руки не перестанет ощущать шероховатость. При работе необходимо ударять всей плоскостью головки молотка. Удары острым краем головки оставляют насечки (рубцы), которые трудно удалить.

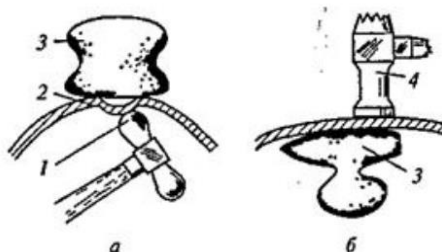


Рисунок 14.2 - Выколотка и рихтовка вмятин:  
а) выколотка; б) рихтовка; 1) выколотка; 2) вмятина;  
3) поддержка; 4) рихтовальный молоток.

### **Практическое занятие №15** **«Сварка и наплавка»**

Цель практического занятия: углубить знания о методе восстановления деталей сваркой и наплавкой.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) дополнить таблицу 15.3 определениями из ГОСТ 2601-84;
- 3) рассчитать параметры наплавки под слоем флюса.

Отчет должен содержать:

- 3) название и цель работы;
- 4) результаты выполнения работы.

#### **Задача**

Рассчитать параметры наплавки под слоем флюса по заданным условиям:

Вариант 1: диаметр детали 60 мм, износ 1 мм

Вариант 2: диаметр детали 70 мм, износ 1,5 мм

Вариант 3: диаметр детали 100 мм, износ 3 мм

Вариант 4: диаметр детали 200 мм, износ 3,5 мм

Скорость наплавки, м/ч:

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma},$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки г/А\*ч (при наплавке постоянным током обратной полярности  $\alpha_H=11-14$ );

$I$  – сила тока, А (принимается по таблице 15.1);

$h$  – толщина направленного слоя, мм;

$S = (2 \dots 2,5) \cdot d_{\text{пр}}$  – шаг наплавки, мм/об;

$\gamma$  – плотность электродной проволоки, г/см<sup>3</sup> ( $\gamma=7,85$  г/см<sup>3</sup>).

Частота вращения детали, мин<sup>-1</sup>:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot d},$$

где  $d$  – диаметр детали, мм.

Скорость подачи проволоки, м/ч:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I}{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot \gamma},$$

где  $d_{\text{пр}}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

Вылет электрода, мм:

$$\delta = (10 \dots 12) \cdot d_{\text{пр}}$$

Смещение электрода, мм:

$$l = (0,05 \dots 0,07) \cdot d$$

Параметры режима наплавки подставлять в формулы без изменения размерностей.

Толщина покрытия  $h$ , мм, наносимого на наружные цилиндрические поверхности, определяется по следующей формуле:

$$h = I/2 + z_1 + z_2,$$

где  $I$  – износ детали, мм;

$z_1$  – припуск на обработку перед покрытием, мм. (на сторону). Ориентировочно  $z_1 = 0,1 \dots 0,3$  мм;

$z_2$  – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм. (на сторону, см. таблицу 15.2).

В зависимости от необходимой твердости наплавленного слоя применяют следующие марки проволок и флюсов.

Наплавка проволоками Св-08А, Нп-30, Нп-40, Нп-60, НП-ЗОЧГСФ под слоем плавных флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость НВ 187-300.

Использование керамических флюсов (АНК-18, ШСН) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до НРС-40-55 (без термообработки).

Таблица 15.1

Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока при диаметре электродной проволоки, мм	
	1,2 – 1,6	2 – 2,5
50 – 60	120 – 140	140 – 160
65 – 75	150 – 170	180 – 220
80 – 100	180 – 200	230 – 280
150 – 200	230 – 250	300 – 350
250 - 300	270 - 300	350 - 380

Таблица 15.2

Припуск на механическую обработку  
при восстановлении деталей различными способами

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск, мм
Ручная электродуговая наплавка	1,4 – 1,7
Наплавка под слоем флюса	0,8 – 1,1
Вибродуговая наплавка	0,6 – 0,8
Наплавка в среде углекислого газа	0,6 – 0,8
Плазменная наплавка	0,4 – 0,6
Аргонно-дуговая наплавка	0,4 – 0,6
Электроконтактная наплавка	0,2 – 0,5
Газотермическое напыление	0,2 – 0,5
Осталивание	0,1 – 0,2
Хромирование	0,05 – 0,1

## **Теоретические положения**

В соответствии с ГОСТ 2601–84 по технологическому признаку сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого. При ремонте и восстановлении сварка используется для восстановления разрушенных сварных швов, удаления трещин и сколов, прогаров и других дефектов.

В зависимости от состояния металла в зоне соединения способы сварки подразделяются на сварку давлением (в твердой фазе) – когда температура металла в зоне соединения не превышает температуры свариваемых металлов; сварку плавлением (в жидкой фазе) – когда температура металла в зоне соединения выше температуры его плавления.

Преимуществами методов сварки плавлением являются:

- возможность сварки в монтажных и цеховых условиях;
- разнообразие применяемых типов соединений;
- широкие возможности сварки конструкций различных габаритов;
- большой диапазон свариваемых толщин металла (от нескольких микрометров до одного метра);
- возможность сварки швов в любых пространственных положениях;
- возможность изменения химического состава и свойств наплавленного металла.

Недостатками методов сварки плавлением являются:

- кристаллизация металла шва при растягивающих напряжениях, что приводит к возникновению трещин;
- возможность образования в наплавленном металле неметаллических включений, закалочных структур, развитие ликвационной неоднородности в шве;
- образование напряжений и деформаций при сварке.

Преимуществами сварки давлением являются:

- более широкий диапазон свариваемых материалов,
- исключение возникновения трещин,
- уменьшение деформации сварных узлов,

- менее значительные изменения свойств основного металла,
- высокая производительность, возможности механизации и автоматизации.

Таблица 15.3

Способы сварки

Классы сварки	Виды сварки
Термическая сварка	Электродуговая сварка
	Газовая сварка
	Электрошлаковая сварка
	Электронно-лучевая сварка
	Лазерная сварка
Термомеханическая сварка	Контактная сварка
	Диффузионная сварка
Механическая сварка	Холодная сварка
	Сварка взрывом
	Магнитоимпульсная сварка
	Ультразвуковая сварка
	Сварка трением

К термическим классам относятся виды сварки, осуществляемые расплавлением соединяемых элементов при использовании тепловой энергии. Источниками теплоты при этом могут являться электрическая дуга, газовое пламя, теплота, выделяемая при электрошлаковом процессе.

К термомеханическому классу относятся виды сварки, при которых используются тепловая энергия и давление, а к механическому классу – виды сварки, использующие механическую энергию и давление.

Ручная дуговая сварка (РДС)

Ручная дуговая сварка (РДС) покрытыми электродами является самым распространенным методом сварки, что объясняется универсальностью процесса, простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и местах, труднодоступных для механизированных способов сварки. Недостатками такого вида сварки являются невысокая производительность и зависимость качества сварного шва от квалификации сварщика.



Ручная дуговая сварка покрытым электродом осуществляется следующим образом: к электроду и свариваемому изделию для возбуждения и поддержания сварочной дуги от источника питания подводится постоянный или переменный ток (рисунок 15.1).

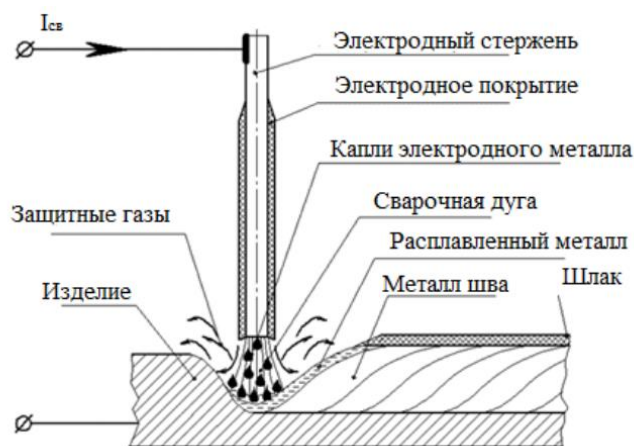


Рисунок 15.1 – Схема дуговой сварки покрытым электродом

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющееся покрытие образует шлак и газы. Шлак обволакивает капли металла, образующиеся при плавлении электродной проволоки. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия, а шлак всплывает на поверхность ванны. Расплавленный шлак, покрывая капли электродного металла и поверхность расплавленной сварочной ванны, способствует предохранению их от контакта с воздухом и взаимодействует с расплавленным металлом. Образующиеся при расплавлении покрытия газы отесняют воздух из зоны дуги и способствуют созданию лучших условий для защиты нагретого металла.

*Автоматическая сварка под флюсом* – самый распространенный способ механизированной дуговой сварки плавящимся электродом. Такой способ целесообразно применять в условиях серийного и массового производства для выполнения кольцевых, прямолинейных, стыковых и угловых швов протяженностью не менее 0,8 м на металле толщиной 3–100 мм со свободным входом и выходом сварочной головки.

Преимуществами сварки под флюсом являются:

- высокая производительность,

- стабильно высокое качество и хороший внешний вид сварочных соединений,
- высокий уровень локальной механизации сварочного процесса и возможность его комплексной автоматизации,
- снижение удельного расхода электродного металла и электроэнергии.

Недостатками данного способа сварки являются: возможность сварки только в нижнем положении шва, необходимость более тщательной (по сравнению с ручной сваркой) подготовки кромок и более точной сборки деталей под сварку, невозможность сварки стыковых швов на весу, т. е. без подкладки или предварительной проварки корня шва.

Сущность процесса сварки под флюсом заключается в применении непокрытой сварочной проволоки и гранулированного флюса, насыпаемого впереди дуги слоем толщиной 30–50 мм. Схема процесса автоматической дуговой сварки под флюсом приведена на рисунке 15.2.

Под действием тепла расплавляются проволока, основной металл и флюс. В зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва. Неизрасходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и используется в дальнейшем при сварке.

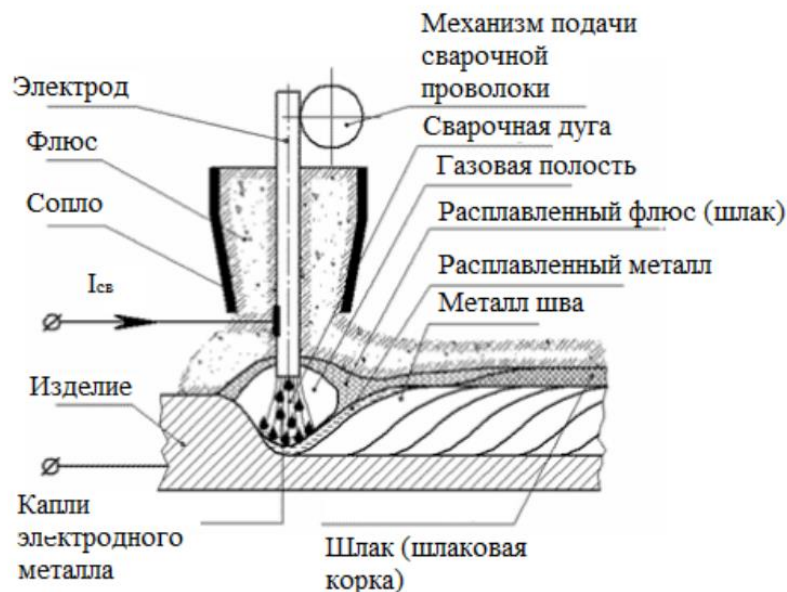


Рис. 63. Схема автоматической сварки под флюсом

Рисунок 15.2 – Схема автоматической сварки под флюсом

Областью применения сварки под флюсом является сварка в цеховых и монтажных условиях, сварка металлов толщиной от 1,5 до 150 мм и более, а также сварка всех металлов и сплавов (возможна сварка разнородных металлов).

*Сварка в среде инертных газов* производится неплавящимся вольфрамовым электродом или плавящимся электродом, химический состав которого близок к составу свариваемого металла. Она осуществляется вручную, полуавтоматически или автоматически. Такой вид сварки удобен для выполнения сварных соединений в любых пространственных положениях, легко поддается механизации, позволяет наблюдать за сварочной ванной в процессе работы, имеет высокую производительность – 40– 50 м/ч при ручной сварке и 200 м/ч при автоматической сварке.

Неплавящийся электрод изготавливают из графита, вольфрама, меди, меди со вставкой из тугоплавкого металла – вольфрама, циркония, гафния. Защитный газ должен быть инертен к металлу электрода и к свариваемому металлу.

В качестве защитного газа при сварке вольфрамовым электродом применяют аргон, гелий, смесь аргона и гелия; для сварки меди медным электродом или медным электродом со вставкой из гафния (циркония) можно применить азот.

При ручной дуговой сварке в среде инертного газа (рисунок 15.3) кромки свариваемого изделия и присадочного материала расплавляются дугой, горящей между неплавящимся электродом и изделием. Дуга, сварочная ванна, торец присадочной проволоки и кристаллизующийся шов защищены от воздуха инертным газом, подаваемым в зону сварки горелкой.

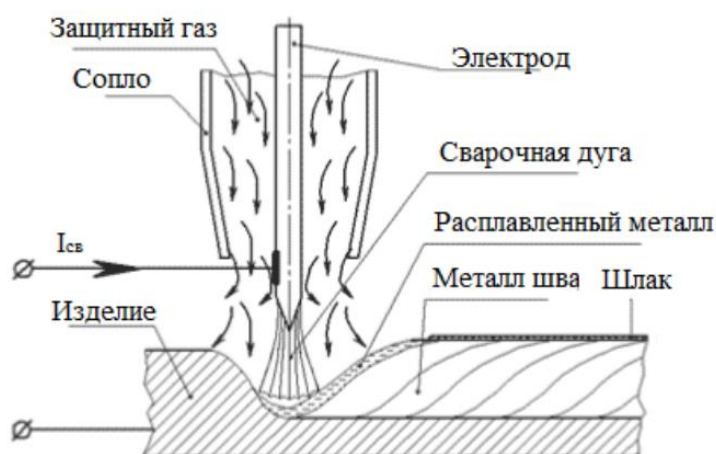


Рисунок 15.3 – Схема сварки в среде защитных газов неплавящимся электродом

Преимуществами способа сварки неплавящимся электродом являются:

- высокая устойчивость дуги независимо от полярности тока,
- возможность получения шва с долей участия основного металла от 0 до 100 %,
- возможность регулирования химического состава металла шва и геометрических параметров сварного шва.

К недостаткам данного способа сварки можно отнести: низкую эффективность использования электрической энергии (КПД от 0,40 до 0,55), необходимость в устройствах, обеспечивающих начальное возбуждение дуги, высокую скорость охлаждения сварного шва.

#### Наплавка электродом

Наплавка представляет собой разновидность сварки, заключающуюся в локальном нанесении методом сварки материала на основное изделие для защиты его от коррозии и износа или для

наращивания и увеличения его объема. Различаются следующие виды наплавки: восстановление материала, защита материала и плакирование.

Восстановление – наплавка слоя из того же или аналогичного основному металлу материала.

Защита материала (наплавка твердыми сплавами) – наплавка износостойкого (и жаростойкого) металла для повышения механической и термической стойкости основного металла.

Плакирование – наплавка коррозионно-стойкого или жаростойкого металла для защиты основного металла от химического или термического воздействия.

Назначение параметров наплавки сводится к определению их сочетания, обеспечивающего необходимое качество наплавленного слоя при максимальной производительности и минимальных затратах. На процесс наплавки влияют такие параметры, как род и полярность тока, напряжение на дуге, шаг наплавки, диаметр электрода, скорость наплавки, вылет электрода, начальная температура наплавляемой детали, ориентация электрода относительно наплавляемой детали, направление вращения наплавляемой детали, состав газовой среды и место ее подвода, расход охлаждающей жидкости.

На рисунке 15.4 представлена схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом. Наплавка в защитных газах характеризуется универсальностью процесса: возможность наплавки во всех пространственных положениях, на объекты сложной геометрической формы без применения каких-либо специальных приспособлений в зависимости от условий наплавки. Наплавка в защитных газах целесообразна в тех случаях, когда невозможна или затруднена наплавка под флюсом.

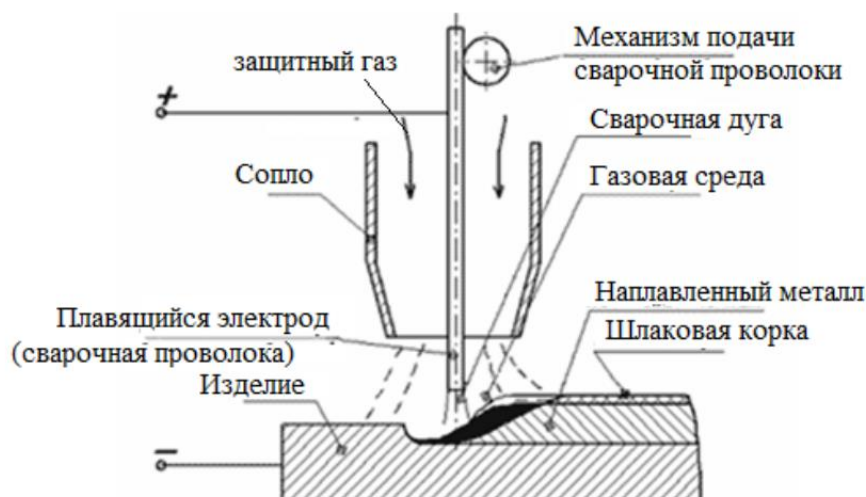


Рис. 65. Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

### Рисунок 15.4 – Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

Большинство наплавочных технологий ориентированы на работу с изделиями из стали, в том числе с нанесением на нее покрытий из цветных металлов. Как правило, среди них выделяют следующие виды:

- электродуговая;
- вибродуговая;
- газопламенная;
- плазменная;
- лазерная;
- индукционная;
- электрошлаковая;
- электроискровая.

Отдельной разновидностью этих технологий является наплавка баббитами, которая производится при температурах от +300 до +400 °С с использованием газопламенного нагрева.

## **Практическое занятие №16**

### **«Газопламенное напыление. Газопорошковая наплавка»**

Цель практического занятия: углубить знания о методе восстановления деталей газопламенным напылением и газопорошковой наплавкой.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

#### **Теоретические положения**

Процесс восстановления деталей методом *газопорошковой наплавки* заключается в нанесении на подготовленную поверхность струей горючих газов, образующих ацетиленокислородное или пропанокислородное пламя, частиц самофлюсующегося порошкового сплава. Нагретые до высокопластичного состояния в пламени частицы, попадая на поверхность детали, последовательно схватываются с ней и друг с другом. После нанесения первого слоя толщиной не более 500 мкм производится его оплавление, а затем наносятся последующие слои. Наплавка производится до получения слоя необходимой толщины с припуском на механическую обработку и усадку до полного остывания. Затем производится механическая обработка покрытия точением и шлифованием в зависимости от твердости нанесенного слоя до чертежных размеров (если требуется).

В результате наплавки и последующей механической обработки детали получают номинальные чертежные размеры и необходимые в эксплуатации свойства нанесенного слоя (твердость, износостойкость, коррозионная стойкость и т.д.), с гарантированной прочностью его сцепления с основой, определяемой условиями работы детали. Детали, имеющие достаточно широкие поля допусков сопряжения, можно восстанавливать без последующей

механической обработки, так как после наплавки деталь имеют ровную и гладкую поверхность.

Напыление с одновременным оплавлением (газопорошковая наплавка) возможно лишь газовым пламенем. Дуга из-за интенсивного неравномерного нагрева напыленного слоя не обеспечивает получение качественного покрытия.

Наплавку напылением с одновременным оплавлением рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- 1) подогреть всю деталь до температуры 250 – 300 °С;
- 2) на восстанавливаемые поверхности для их защиты от последующего окисления напылить слой толщиной (0,2 – 0,3) мм;
- 3) напыленный участок нагреть до состояния «запотевания», выражающегося в появлении на оплавляемых участках блестящей поверхности, что характерно для процесса оплавления;
- 4) на предварительно оплавленный слой нанести новый, доводя его до состояния оплавления. За один проход наплавки (напыление порошка и последующее его оплавление) рекомендуется наплавлять слой толщиной до 1 мм.

При необходимости получения большей толщины наплавляемого слоя цикл повторяется. Толщина наплавляемого слоя и количество проходов определяются величиной износа поверхности и припуском на механическую обработку.

Последовательность наплавки других участков зависит от формы детали и расположения на ней изношенных поверхностей. Важно, чтобы в процессе оплавления не допустить перегрева напыленного слоя до состояния жидкой ванны, а после оплавления обеспечить медленное охлаждение детали (в песке, асбесте, печи и др.). Перегрев приводит к стеканию металла, образованию пор, а быстрое охлаждение к возникновению трещин и отслаиванию наплавленного слоя.

*Газоплазменное напыление* порошковых покрытий - прогрессивный метод защиты деталей и конструкций от изнашивания и коррозии, восстановления размеров и декоративной обработки.

Сущность метода состоит в нанесении покрытия из отдельных частиц материала, нагретого и ускоренного с помощью высокотемпературной плазменной струи.



При газопламенном напылении высокотемпературный поток создается при сгорании горючих газов (ацетилен, водорода, метана и др.) в атмосфере кислорода или воздуха. Температура пламени горючих газов в смеси с кислородом – от 2000 до 3200 °С, в смеси с воздухом – от 500 до 900 °С.

Аппараты для газопламенного напыления в зависимости от вида напыляемого материала существуют двух типов: проволочные и порошковые (рисунок 16.1).

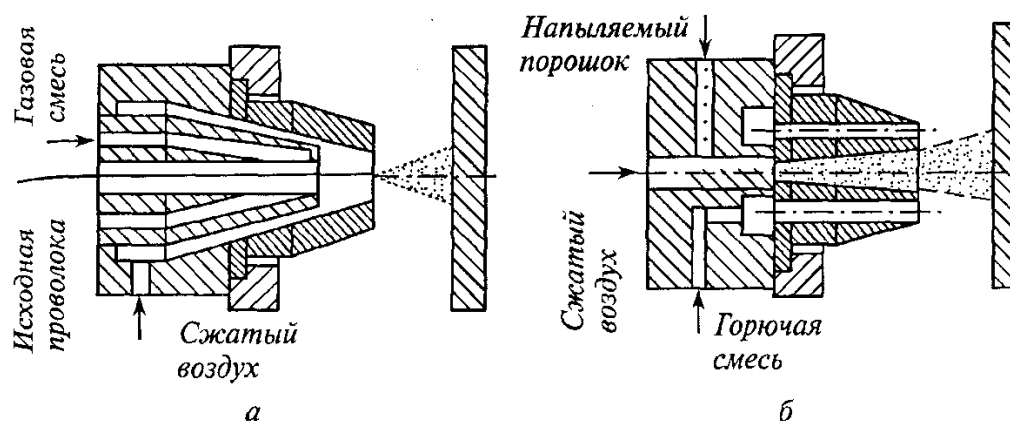


Рисунок 16.1 – Схема процессов газопламенного напыления с применением:

а) проволоки или стержней; б) порошков

Основные этапы напыления:

- 1) подача напыляемого материала,
- 2) нагрев напыляемого материала,
- 3) транспортирование нагретого материала на обрабатываемую поверхность,
- 4) формирование нанесенного напылением слоя на изделии.

Нанесение покрытий газотермическим напылением имеет ряд преимуществ:

- обеспечивается возможность нанесения поверхностного слоя из материалов широкого диапазона составов;
- обеспечивается возможность нанесения покрытия на неметаллические материалы, такие как стекло или полимеры;
- упрощаются требования к технологическому оборудованию и расширяются геометрические размеры обрабатываемых изделий;

- обеспечивается возможность получения слоя относительно большой толщины до 2 мм;
- обеспечивается возможность нанесения широкого набора напыляемых материалов, выпускаемых промышленностью.

Недостатками процесса газотермического напыления являются:

- низкий КПД использования напыляемого материала при нанесении покрытий на мелкие детали;
- необходимость тщательной подготовки поверхности под нанесение слоя для высоконагруженных деталей.

### **Вопросы**

1. В чем суть газопорошковой наплавки?
2. Какими аппаратами осуществляется газопламенное напыление?
3. Чем отличается процесс газопламенного напыления от газопорошковой наплавки?
4. От чего зависит состав наносимого материала?
5. Какие преимущества этих методов по сравнению с другими методами восстановления изношенных поверхностей?

## **Практическое занятие №17**

### **«Подготовка поверхности к нанесению покрытий»**

Цель практического занятия: углубить знания о способах подготовки поверхностей к нанесению покрытий.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) описать подготовку детали по заданию преподавателя;
- 3) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

## **Теоретические положения**

Подготовка поверхности основного металла выполняется для придания детали правильной геометрической формы, удаления жировых и окисных загрязнений и уменьшения шероховатости поверхности. Подготовка состоит из следующих операций:

- механическая обработка поверхностей, подлежащих наращиванию;
- очистка деталей от оксидов и промывки их органическими растворителями;
- монтаж деталей на подвесные приспособления и изоляции мест, не подлежащих покрытию;
- обезжиривание (химического или электрохимического);
- промывка в проточной горячей, а затем в холодной воде;
- химическая или электрохимическая обработка;
- повторная промывка в проточной воде.

Предварительная механическая обработка осуществляется для устранения следов износа и восстановления правильной геометрической формы. Наиболее часто применяемые способы предварительной механической обработки – шлифование и полирование. Обычно поверхность шлифуют до шероховатости, соответствующей 6 – 8-му классам. В процессе нанесения защитно-декоративных покрытий требуется более тщательная механическая обработка для получения минимальной шероховатости. Обрабатывая деталь, следует закруглять, где это допустимо, острые кромки, фаски и углы, что позволит избежать образования на них наростов.

Шлифование и полирование перед нанесением покрытия производят с помощью шлифовальных кругов или непрерывной гибкой абразивной ленты. При этом используют шлифовальные круги двух типов: твердые и изготовленные из эластичных материалов. Твердые состоят из зерен абразивного материала размером 250 – 1200 мкм, скрепленных связкой. Круги из эластичных материалов (войлока, фетра) применяют для тонкого окончательного шлифования перед нанесением защитно-декоративных покрытий. Абразивным материалом служат мелкие зерна (75 – 120 мкм) корунда, наждака, кварца, которые наклеивают по перифе-

рии круга. Цветные металлы шлифуют кругами из мягкого войлока, стальные детали – кругами из жесткого войлока.

Режимы шлифования выбирают так, чтобы исключить прижоги и образование трещин. При этом применяют обильное охлаждение.

При подготовке мелких деталей к нанесению гальванических и химических покрытий используют галтовку, заключающуюся в обкатке деталей совместно с абразивными материалами в колоколах или барабанах.

Для окончательной отделки деталей (перед нанесением защитно-декоративных покрытий) их полируют с использованием очень мелких абразивных материалов (микropорошков), обрабатывают при помощи эластичных кругов или лент с нанесенным слоем полирующей пасты. Абразивные материалы в качестве абразива содержат природный оксид железа (крокус), оксиды хрома и алюминия или другие соединения; связующими веществами служат стеарин, парафин, техническое сало (говяжье, баранье, свиное) и перезин (смесь твердых углеводов).

Перспективным способом механической обработки деталей перед нанесением покрытий является их виброабразивная обработка. В этом случае детали и абразив помещают в контейнер, которому сообщается колебательное движение (вибрация) с частотой 1500 – 3000 колебаний в минуту (25 – 50 Гц) при амплитуде 1 – 5 мм. Оптимальные значения частоты и амплитуды колебаний составляют соответственно 35 – 50 Гц и 1 – 3 мм.

При виброшлифовании, очистке деталей и снятии заусенцев в качестве рабочей среды применяют бой абразивных кругов, при виброполировании — порошки оксидов железа, хрома, алюминия, а также мрамор, мел. Детали занимают 30 % вместимости контейнера, абразив 60 %, остальное пространство остается незаполненным. Виброобработку деталей выполняют сухим и мокрым способами.

Для очистки поверхности деталей от ржавчины, окалины, краски, травильного шлама и других загрязнений можно использовать кварцевание, при котором дисковым щеткам из проволоки диаметром 0,05 – 0,3 мм, закрепленным на шпинделе шлифовально-полировального станка или на валу электродвигателя, сообщают вращение с частотой 1200 – 2500 об/мин. Для кварцева-

ния стальных деталей служат стальные щетки, для кварцевания цветных деталей — щетки из латунной проволоки, а мягкие металлы обрабатывают волосяными, капроновыми или травяными щетками.

В процессе очистки деталей с поверхностей удаляются продукты коррозии, масляные и другие загрязнения. При монтаже деталей на подвесное приспособление требуется обеспечить надежный контакт в электрической цепи деталь — подвеска — штанга, убедиться в наличии благоприятных условий для равномерного распределения покрытия по поверхности деталей и для удаления пузырьков водорода, выделяющегося при электролизе.

Поверхности деталей, не подлежащие покрытию, изолируют, то есть защищают диэлектриком от осаждения на них металла. Изоляция позволяет сохранить геометрические размеры непокрываемых участков, уменьшить непроизводительные потери электрического тока и металла, защищает от коррозии внутренние поверхности. В качестве изоляторов служат съемные футляры, коробки, трубки, шайбы, изготовленные по форме защищаемой поверхности из текстолита, эбонита, винипласта, фарфора и других электроизоляционных материалов. Детали несложной формы удобно изолировать пленочными материалами, которыми плотно обертывают защищаемые места. Лакокрасочные материалы наносят пульверизатором или кистью в 2 – 3 слоя с промежуточной сушкой каждого.

Жировые пленки могут быть удалены с поверхностей деталей одним из следующих способов:

- механической очисткой кашицеобразным раствором кальцемагниевого (венского) известняка;
- обезжириванием органическими растворителями;
- химическим обезжириванием;
- электрохимическим обезжириванием;
- обезжириванием с применением ультразвука.

Следует помнить, что большинство органических растворителей токсичны, ряд из них пожароопасны. После обезжиривания ими на поверхности деталей остается очень тонкая пленка жиров, которая препятствует прочному сцеплению покрытия с основным металлом.

Для химического и электрохимического обезжиривания используются растворы щелочей, причем при электрохимическом обезжиривании концентрации веществ берутся меньшими. При электрохимическом обезжиривании на поверхности деталей, завешиваемых на катодную штангу, бурно выделяется водород, который способствует механическому отрыву жировой пленки. Для предохранения поверхностей деталей от наводораживания, увеличивающего хрупкость основного металла, в конце процесса обезжиривания меняют полярность на обратную, и в течение короткого времени (0,2 – 0,25 длительности обработки на катоде) обрабатывают детали на аноде. Этот же эффект достигается и при электрохимическом обезжиривании переменным током.

После обезжиривания деталь промывают в горячей, а затем в холодной воде. О хорошем качестве удаления жиров судят по сплошной, без разрывов, пленке воды на обезжиренной поверхности.

Химическая и электрохимическая обработка (травление) применяется для удаления с восстанавливаемых поверхностей деталей оксидных и других пленок, наличие которых препятствует осаждению гальванических покрытий или сильно ослабляет сцепление покрытий с основным металлом.

Черные металлы травят в водном растворе серной и соляной кислот или в их смесях. На поверхности детали, погруженной в кислоту, одновременно протекают два процесса: растворение оксидов с образованием солей железа и воды и частичное растворение самого железа с образованием его солей и водорода. Выделяющийся водород действует механически, разрыхляет пленку оксидов железа и отрывает ее от поверхности металла, что способствует ускорению процесса.

Электрохимическая обработка – это травление деталей при помощи электрического тока. Осуществляется она как на аноде, так и на катоде. Использование электрического тока значительно ускоряет процесс травления, снижает расход химических препаратов.

В процессе анодной обработки одновременно с растворением оксидов и получаемых при механической обработке наклепанных поверхностных слоев металла происходит насыщение поверхности кислородом, т. е. образование мономолекулярной

пассивной пленки, предохраняющей поверхность от более глубокого окисления, чем на толщину этой пленки, во время промывки деталей и нахождения в электролите до включения электрического тока. К моменту начала наращивания покрытия пассивная пленка должна быть удалена. Это достигается тем, что в начальный период наращивания процесс ведется при условиях, обеспечивающих преимущественный разряд на катоде ионов водорода, которые и восстанавливают пассивную пленку.

### **Вопросы**

1. Какие методы применяют для обезжиривания поверхностей?
2. Как производят виброшлифование?
3. Опишите суть метода кварцевания.
4. Зачем проводят травление?
5. Какие могут быть последствия, если не подготовить должным образом поверхность перед нанесением покрытий?

## **Практическое занятие №18**

### **«Восстановление деталей полимерными материалами»**

Цель практического занятия: углубить знания о способе восстановления деталей полимерными материалами.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Синтетические, или полимерные, материалы применяются для устранения механических повреждений на деталях (трещины, пробоины, сколы и т.п.), компенсации износа рабочих поверхностей деталей и соединения деталей склеиванием.

Для восстановления деталей используют пластмассы в виде чистых полимеров (полистирол, полиэтилен, полипропилен и др.), полимеров с наполнителями, пластификаторами, красителями, отвердителями и другими добавками, а также синтетические клеи.

Преимуществами применения полимерных материалов являются простота технологического процесса и оборудования, низкая трудоемкость и стоимость работ. В то же время при работе с синтетическими материалами проявляется один, причем серьезный, недостаток: многие их компоненты токсичны и огнеопасны. Поэтому их использование требует обязательного соблюдения правил техники безопасности и противопожарной техники.

Все *пластмассы* делятся на две группы: реактопласты и термопласты.

Реактопласты, или термореактивные пластмассы, применяются в виде различных композиций на основе эпоксидных смол, например, ЭД-16 и ЭД-20.

Промышленность выпускает различные композиции смол с добавками пластификаторов (вещества, придающие эластичность, вязкость, прочность). В композиции вводят также наполнители (для повышения механической прочности) и отвердители для перевода смолы, представляющей собой жидкость, в твердое состояние и придание композиции нерастворимости.

Отвердителем служит полиэтиленполиамин (ПЭПА). Для ускорения отверждения композицию выдерживают при температуре 60 – 70 °С. Реактопласты используют для выравнивания вмятин в обшивке кузова и заделки трещин, а также в клеевых составах.

Среди термопластов, или термопластических пластмасс, находят применение полиамиды, например поликапролактан (капрон), фторопласт и др. При нагреве композиции размягчаются, и им можно придать любую форму, но после охлаждения они затвердевают. При повторном нагреве термопласты сохраняют свои пластические свойства.

Для повышения твердости и износостойкости в полиамидные смолы вводят наполнители: графит, тальк, дисульфид молибдена, металлические порошки и т.п.



Полимерные композиции в виде порошков наносят на изношенную поверхность напылением: газоплазменным, вихревым, вибрационным, вибровихревым.

Такими способами можно восстанавливать поршни гидроцилиндров, подшипники скольжения, посадочные гнезда в корпусных деталях, втулки и г. п. В состав полимерного порошка входят капролон, окись меди, неозон.

Стоимость восстановления изношенных деталей полимерами в 1,5 раза ниже, чем металлизацией или электролитическим наращиванием.

Последовательность заделки трещин и пробоев эпоксидными композициями в виде паст:

- 1) очистка от грязи, ржавчины;
- 2) разделка трещины под углом  $70 - 80^\circ$ ;
- 3) обезжиривание ацетоном;
- 4) нанесение эпоксидной пасты (слой толщиной 1 мм);
- 5) наложение заплат из стеклоткани толщиной 0,3 мм, которая перекрывает трещину на 15 – 20 мм;
- 6) уплотнение стеклоткани роликом;
- 7) повторное нанесение пасты.

Число слоев стеклоткани зависит от величины трещины и может достигать 10. Время полного отверждения пасты при комнатной температуре – до суток, при подогреве до температуры  $60^\circ$  до 3 ч. После отверждения шов зачищают абразивными кругами.

*Синтетические клеи применяют:*

- для восстановления деталей типа бачков радиаторов и других подобных деталей, имеющих пробойны, путем приклеивания накладок;
- восстановления тормозных колодок путем наклеивания фрикционных накладок;
- вклеивания втулок, вкладышей и т.д.

В настоящее время используют следующие синтетические клеи: БФ-2, ВС-300, ВС-10Т, МПФ-1, ВК-200, эпоксидные клеи. Зазор между склеиваемыми частями должен составлять 0,05 – 0,2 мм.

Технологический процесс склеивания состоит в следующем:

1) поверхность детали очищают от загрязнения, обезжиривают, предварительно создав на ней абразивной шкуркой ощутимую шероховатость (ориентировочно  $R_z = 30 - 10$  мкм).

2) наносят 2 – 3 слоя клея толщиной 0,1 мм, просушивая каждый из них в течение заданного для применяемого клея времени. Например, при наклейке фрикционных накладок на тормозные колодки клеим ВС-10Т время сушки 15 – 20 минут. При сушке в сушильном шкафу при температуре 60 °С 5 мин.

3) склеиваемые поверхности соединяют и строго выдерживают под давлением при определенной температуре в течение заданного времени, а после склеивания медленно охлаждают.

Клеи типа БФ-2 относятся к числу универсальных и применяются для склеивания металлов и пластмасс между собой и с другими материалами.

*Анаэробные составы* представляют собой полимеризационно-способные смолы акрилового ряда, которые, находясь в контакте с атмосферным кислородом, сохраняют подвижное состояние. Попадая в зазор, поры и т.п., они отвердевают и образуют прочный полимер после прекращения доступа кислорода.

Скорость полимеризации зависит от контактируемого материала. По признаку влияния на скорость отверждения герметика материалы делятся на 3 группы:

- активные — медь и ее сплавы, кобальт, марганец, никель, железо (контакт с ними ускоряет полимеризацию герметика);
- нормальные — алюминий и его сплавы, углеродистые стали, золото, серебро, цинк (их поверхность реактивна);
- пассивные — имеющие покрытия, в том числе гальванические (кадмированные, анодированные, оксидированные, хромированные, частично оцинкованные); сплавы содержащие титан; нержавеющие стали, пластмассы.

Для наращивания изношенного слоя применяют метод *опрессовки*. Сущность его в том, что изношенную или поврежденную деталь восстанавливают в пресс-форме, заливая в ее рабочую полость расплавленную пластмассу. Размеры полости пресс-формы соответствуют номинальным размерам детали. Этот способ применяют для восстановления малонагруженных деталей.

Эпоксидные составы содержат компоненты, вредные для здоровья, поэтому необходимо соблюдать меры безопасности при их приготовлении и применении. Работать с эпоксидными составами следует в изолированном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией. Приготавливать смесь можно только в вытяжном шкафу. Работать необходимо в спецодежде из плотной ткани, при этом нужно пользоваться прорезиненным фартуком, резиновыми медицинскими перчатками, защитными очками.

Не допускается попадание состава и особенно отвердителя на кожу и в глаза. С кожи состав следует снимать ватным тампоном, смоченным в ацетоне, а затем это место необходимо промыть водой с мылом. При попадании состава в глаза их надо тщательно промыть водой. Отвердитель с кожи снимается только водой. Для нанесения состава надо пользоваться шпателем с металлическим щитком на ручке.

### **Вопросы**

1. Чем отличаются реактопласты от термопластов?
2. Опишите порядок восстановления трещины эпоксидной смолой.
3. Для чего в смолы добавляют пластификаторы?
4. От чего зависит скорость отверждения анаэробных герметиков?
5. В чем суть метода опрессовки?

## **Практическое занятие №19**

### **«Восстановление формы деталей.**

#### **Ремонт деталей с помощью электромеханической обработки»**

Цель практического занятия: углубить знания о методах электромеханической обработки.

#### **Задание:**

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

#### *Электромеханическая обработка*

Этот способ является разновидностью восстановления деталей давлением.

Сущность его заключается в следующем. Деталь (рисунок 19.1) устанавливают в центры токарного станка. В суппорте токарного станка закрепляют пружинную державку, в которой крепят твердосплавную пластину 2. К детали и державке подводят ток силой 300 – 800 А и напряжением 1 – 5 В (от сварочного трансформатора) машин для контактной сварки МТР-25, МГП-50 и др. В зоне контакта пластины с деталью выделяется большое количество тепла, и поверхностный слой металла детали нагревается до температуры 800 – 900 °С. При этом твердосплавная пластина 2 вдавливается во вращающуюся деталь и происходит выдавливание металла. На поверхности ее образуется винтовая канавка, и диаметр детали увеличивается с начального  $d$  до диаметра  $d_1$ . После прохода сглаживающей пластины 3 получают окончательный диаметр  $d_2$ .

Рабочие пластины изготавливают из сплавов Т15К6, ВК6, ВК3, Т30К4, Т60К6. Угол при вершине высаживающей пластины равен 60 – 80 °С радиусом закругления 0,2 – 0,3 мм. Сглаживающая пластина должна иметь радиус закругления рабочей грани 80 – 100 мм. Для подвода тока к детали на патроне устанавливается медное кольцо и меднографитовые щетки. Для питания используют сварочный трансформатор, имеющий три – четыре витка независимой дополнительной обмотки проводов сечением 120 мм<sup>2</sup>. Этим же проводом проводят ток к детали и державке. Величину тока регулируют реостатом.

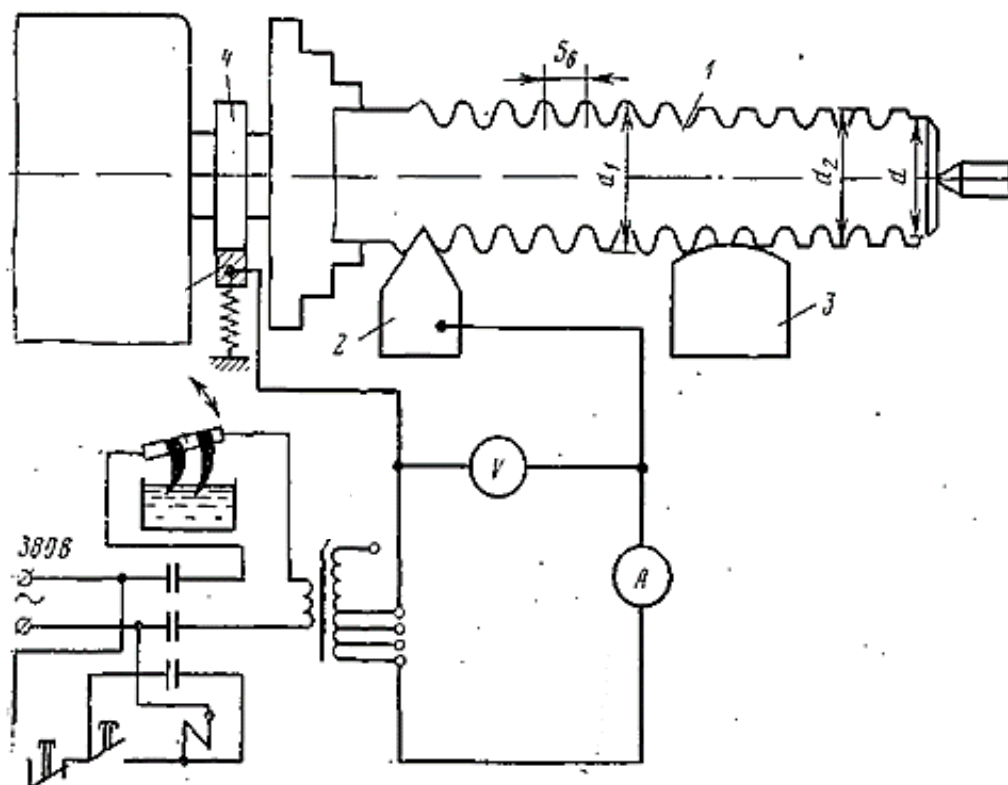


Рисунок 19.1 – Пластическое деформирование  
электромеханической обработкой:

- 1) деталь; 2) твердосплавная пластина; 3) сглаживающая пластина;  
4) шпиндель токарного станка

Электромеханическая обработка применяется для восстановления неподвижных сопряжений деталей с износом менее 0,35 мм (посадочные поверхности валов, осей под подшипники, шкивы и др.). Этот способ по сравнению с электроискровой наплавкой имеет ряд преимуществ:

- повышает производительность;
- снижает расход электроэнергии и себестоимость восстановления;
- исключает коробление деталей;
- не требуются электроды.

К недостаткам следует отнести уменьшение на 15 – 20 % контактной поверхности восстановленной детали и ограниченность применения способа, поскольку он используется при восстановлении деталей с износом менее 0,35 мм.

*Ремонт деталей электроискровым наращиванием металла*

При искровом наращивании используется явление электрической эрозии (разрушения) и переноса металла инструмента (анода) 2 (рисунок 19.2) на наращиваемую поверхность детали (катод) 1 при прохождении искровых разрядов между ними.

Сущность этого процесса состоит в следующем. При достаточно большом зазоре между концами вибрирующего электрода и деталью электрическая цепь системы размыкается и в ней накапливается энергия. При уменьшении межэлектродного промежутка напряженность электрического поля оказывается достаточной для образования между ними искрового электрического разряда. Через образовавшийся канал сквозной проходимости мгновенно проходит вся энергия, накопленная в системе. При этом поток электронов,двигающийся с огромной скоростью, ударяется о поверхность анода и мгновенно нагревает небольшую часть его поверхности до весьма высокой температуры (10 000 – 14 000 °С). Под действием высокой температуры небольшой объем металла анода плавится, закипает и взрывается. При взрыве частицы расплавленного металла анода выбрасываются и, достигая поверхности катода (детали), оседают на нем. Так происходит электроискровое наращивание металла, толщина которого не превышает 0,2 – 0,3 мм.

В качестве материала анода используют сормайт, победит, твердые сплавы Т15К6, Т30К4 и др.

Режимы электроискрового наращивания могут быть рекомендованы следующие: ток в разрядном контуре от 1 до 10 А; напряжение на электродах к началу пробоя от 50 до 100 В; емкость конденсатора от 10 до 150 мкф.

При электроискровом упрочнении и наращивании используют установки УПР-2, УПР-3, ЭФИ-10, ЭФИ-45 и др. Колебания электроду-инструменту передаются от электромагнитного вибратора.

Этим способом рекомендуют восстанавливать посадочные поверхности под подшипники на валах и в корпусных деталях с износом не более 0,3 мм, упрочнять торцы стержней клапанов, бойки коромысел, прошивать отверстия в деталях любой твердости, резать детали с большой твердостью, удалять обломки инструмента и шпилек из деталей и др.

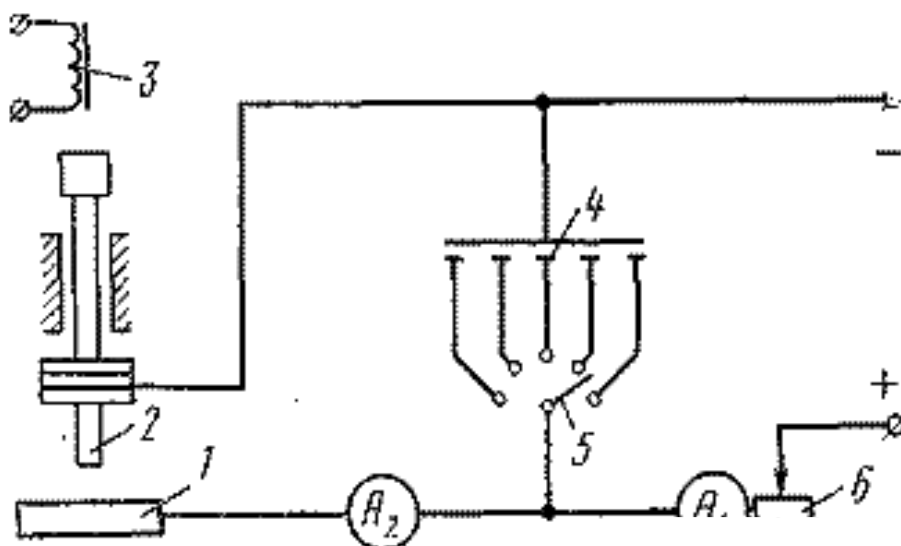


Рисунок 19.2 – Схема электроискрового наращивания:

1) деталь; 2) электрод; 3) вибратор; 4) конденсатор; 5) переключатель

Рабочие места организуются при механических цехах в специально отведенных для этих целей помещениях.

### Вопросы

1. Какие детали можно восстановить электромеханической обработкой?
2. Какие параметры детали восстанавливают при ремонте электромеханическим способом?
3. Опишите процесс ремонта электромеханическим способом.
4. Опишите принцип наращивания при электроискровой обработке.
5. В каких случаях возможно применение данных способов ремонта?

## **Практическое занятие №20**

### **«Определение дефектов цилиндрических (червячных, конических) редукторов»**

Цель практического занятия: углубить знания о методах дефектовки редукторов и способах восстановления.

Задание:

- 1) повторить теоретический материал по соответствующей теме;
- 2) по заданию преподавателя выполнить дефектовку редуктора, составить дефектную ведомость и предложить методы восстановления.

Отчет должен содержать:

1. название и цель работы;
2. результаты выполнения работы.

## **Лабораторная работа №1**

### **«Разборка, дефектовка и сборка механизмов. Составление ведомости дефектов и технологической карты сборки механизмов»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в разборке, дефектовке и сборке механизмов, составлении эксплуатационной документации.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) механизмы для дефектовки;
- 2) набор ключей, набор для выпрессовки и запрессовки подшипников, плоскогубцы, молоток, набор отверток;
- 3) ветошь, перчатки, рабочая одежда;
- 4) обезжиривающая жидкость;
- 4) смазочные вещества: солидол, машинное масло;
- 5) линейка, штангенциркуль.

Отчет должен содержать:



- 1) название и цель работы;
- 2) ведомость дефектов;
- 3) технологическую карту сборки механизма;
- 4) маршрутную карту сборки механизма.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. Подготовить рабочее место (надеть рабочую одежду, подготовить инструменты и материалы).
3. Получить агрегат для разборки, ознакомиться с его устройством, приступить к разборке.
4. Очистить детали, провести дефектовку, составить дефектную ведомость.
5. Смазать детали.
6. Составить технологическую схему сборки и маршрутную карту.
7. Собрать агрегат, провести холодную наладку.
8. Составить отчет.
9. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите порядок разборки любого механизма.
2. Как влияет на работу подшипников качения недостаток/избыток смазочных веществ.
3. Какая информация содержится в ведомости дефектов?
4. Как удалить остаток сломанного винта из отверстия?
5. Назовите методы установки подшипников.

## **Лабораторная работа №2** **«Вибрационная диагностика дисбаланса»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в определении дисбаланса.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) стенд «Вибрационная диагностика дисбаланса»;
- 2) набор болтов, гаек и шайб, ключ к гайкам.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) схема лабораторного стенда с описанием;
- 3) результаты выполнения опытов;
- 4) расчеты и графики;
- 5) вывод.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. По заданию преподавателя провести опыты на стенде «Дефекты и неисправности зубчатых передач»;
3. Составить отчет о проделанной работе;
4. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите методы виброзащиты.
2. Назовите источники вибрации.
3. Что такое механический импеданс?
4. Что такое вибрация?
5. Методы устранения дисбаланса.

## **Лабораторная работа №3**

### **«Дефекты и неисправности зубчатых передач»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в определении дефектов зубчатых передач, определении допускаемых величин износа и разработке процесса восстановления.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) механизмы для дефектовки;
- 2) набор ключей, набор для выпрессовки и запрессовки подшипников, плоскогубцы, молоток, набор отверток;
- 3) ветошь, перчатки, рабочая одежда;
- 4) обезжиривающая жидкость;
- 4) смазочные вещества: солидол, машинное масло;
- 5) линейка, штангенциркуль.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) ведомость дефектов;
- 3) технологическая карта ремонта деталей.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. Подготовить рабочее место (надеть рабочую одежду, подготовить инструменты и материалы).
3. Получить агрегат для дефектовки, ознакомиться с его устройством, приступить к разборке.
4. Очистить детали, провести дефектовку.
5. Смазать детали.
6. Собрать агрегат, провести холодную наладку.
7. Составить отчет в виде дефектной ведомости и технологической карты на ремонт.
8. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите виды зубчатых передач.
2. Что такое профиль зуба? Какие они бывают?
3. Какая информация содержится в ведомости дефектов?
4. Как влияет величина зазора между шестернями на работу механизма?
5. Какими способами можно проверить валы на соосность?

## **Лабораторная работа №4** **«Исследование характеристик колодочного** **тормозного механизма»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в определении характеристик колодочного механизма.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) стенд «Исследование характеристик колодочного тормозного механизма»;
- 2) линейка
- 3) два ключа М12.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) схема лабораторного стенда с описанием;
- 3) результаты выполнения опытов;
- 4) расчеты и графики;
- 5) вывод.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. По заданию преподавателя провести опыты на стенде «Исследование характеристик колодочного тормозного механизма»;
3. Составить отчет о проделанной работе;
4. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Устройство колодочного тормоза.
2. Виды тормозных механизмов.
3. Как регулируется усилие торможения на колодочном механизме?
4. Преимущества и недостатки колодочных тормозов.
5. От чего возрастает момент торможения?

## **Лабораторная работа №5 «Исследование соединений с натягом»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в определении характеристик колодочного механизма.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) стенд «Исследование соединений с натягом».

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) схема лабораторного стенда с описанием;
- 3) результаты выполнения опытов;
- 4) расчеты и графики;

5) вывод.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. По заданию преподавателя провести опыты на стенде «Исследование соединений с натягом»;
3. Составить отчет о проделанной работе;
4. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Как определяется усилие запрессовки?
2. Как влияет зазор между деталями на усилие запрессовки?
3. Опишите способы установки подшипников качения.
4. Какую угловую скорость вращения вала называют критической?
5. Валы каких машин работают в закритической области?

## **Лабораторная работа №6 «Центровка валов по индикаторам»**

Цель лабораторной работы: получить практический навык в центровке валов по индикаторам.

Оборудование, инструмент и аппаратура:

- 1) стенд «Центровка валов по индикаторам»;
- 2) индикатор часового типа;
- 3) набор щупов;
- 4) линейка.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) схема лабораторного стенда с описанием;
- 3) результаты выполнения опытов;
- 4) расчеты и графики;
- 5) вывод.

### **Порядок выполнения работы**

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. По заданию преподавателя провести опыты на стенде «Центровка валов по индикаторам»;
3. Составить отчет о проделанной работе;
4. Защита работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию "центровка осей валов".
2. Перечислите и охарактеризуйте виды дефектов сопряжения осей валов.
3. Объясните принцип центровки осей валов по полумуфтам, а также ограничения, имеющие место при выполнении этой операции.
4. Из каких этапов складывается операция центровки? Раскройте содержание и задачи каждого этапа.
5. Объясните, что понимается под качеством центровки? Сформулируйте условие достаточности точности центровки.

### **Вопросы для самостоятельной работы**

1. Направления модернизации технологического оборудования.
2. Требования бирочной системы и нарядов-допусков при ведении ремонтов оборудования.
3. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий при ведении ремонта оборудования.
4. Испытание оборудования после ремонта.
5. Централизованный и децентрализованный способ ремонта оборудования. Достоинства и недостатки.
6. Организация смазочного хозяйства и смазки машин на предприятиях: контроль состояния смазочных устройств, определение расхода смазочных материалов, их получение, хранение, заправка, учет, отчетность о расходе.

## **2 Практические занятия и самостоятельная работа для МДК.03.02 Осуществление ремонтных работ промышленного (технологического) оборудования**

### **Практическое занятие № 1 «Разработка ремонтного чертежа. Разработка технологической карты ремонта»**

Цель практического занятия: приобрести навык разработки ремонтного чертежа и технологической карты ремонта.

Задание:

1) по заданию преподавателя выполнить ремонтный чертеж детали и технологическую карту ремонта детали.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

#### **Теоретические положения**

Ремонтный чертеж - чертеж, содержащий только те изображения изделия, размеры, предельные отклонения и дополнительные данные, которые необходимы для проведения ремонта и контроля изделия в процессе и после ремонта.

Ремонтные чертежи предназначены для ремонта деталей, сборочных единиц, сборки и контроля отремонтированного изделия, вновь изготавливаемых дополнительных деталей и деталей с ремонтными размерами.

Типовые технологические карты ремонта – это нормативные организационно-технологические документы, которые содержат:

- перечень обязательных операций;
- технические требования;
- применяемые технические средства (оборудование, оснастку);
- необходимые трудовые затраты.

**Практическое занятие № 2**  
**«Применение системы планирования ресурсов**  
**(ERP-системы) для проверки наличия материалов**  
**и запасных частей для ремонта промышленного**  
**(технологического) оборудования»**

Цель практического занятия: познакомиться с ERP-системой.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

**Теоретические положения**

Первые системы, которые должны были помогать следить за ресурсами, появились еще в 1960-х годах. Одна из наиболее эффективных называлась MRP (material requirements planning – планирование потребности в материалах), ее использовали для того, чтобы планировать и распределять материалы и сырье. Это программное обеспечение было дорогостоящим, но вместе с тем неповоротливым и громоздким. Для ее работы требовалось много специалистов, но вместе со всеми неудобствами ее использовали до 80-х годов, как единственно рабочую.

В 1983 году изобрели MRP II (manufacturing resource planning – планирование потребностей производства), которая стала модульной и захватила уже больше ключевых производственных процессов. Сюда входили: планирование, закупка, управление договорами, спецификация.

Вместе с ней стали понимать, как правильно через программное обеспечение управлять информацией и увеличивать эффективность. Стало проще планировать, появилась возможность сократить запасы на складах и минимизировать отходы.



Но работала она недолго. Уже в 1990 году аналитики создали ERP, в которой позже выделили CRM для внешних взаимодействий и PLM для внутренних циклов.

ERP-система – это программа, с помощью которой руководство компании планирует распределение ресурсов предприятия. Это дословный перевод аббревиатуры Enterprise Resource Planning. В системе хранятся данные о сотрудниках, складских запасах, документы, ценовая политика и отчеты о продажах. ERP в основном предназначена для средних и крупных предприятий. Для малого бизнеса она слишком сложная и в ней много избыточных для такого предприятия функций.

Современная ERP состоит из 3 уровней:

- 1) база данных — здесь хранится информация;
- 2) приложения — обрабатывается массив, используется;
- 3) графический интерфейс — нужен для удобства пользователя, часто ведется через веб-программы.

В пользу внедрения ERP говорит способность этой технологии заменить большинство слабоинтегрированных (и зачастую устаревших) информационных приложений, используемых для управления производством, единой интегрированной системой. Обратная сторона этого вопроса состоит в том, что внедрение ERP на производстве – очень непростая задача, предполагающая определенный риск для предприятия. Процесс перехода к технологиям ERP занимает большой промежуток времени, требует значительных материальных вложений и даже определенной «перестройки сознания» руководства и персонала предприятия.

Существует два аспекта, когда для предприятия вопрос внедрения производственного ERP-модуля становится по-настоящему актуальным.

Первый аспект – внешний, или рыночный. Предприятие постоянно сталкивается с такими проблемами, как несоответствие заказа срокам выполнения, а иногда отказ от заказа вообще. К этому могут привести несвоевременные поставки материалов и комплектующих, внеплановые заказы клиентов, брак и другие факторы, в свою очередь влияющие на качество продукции и выполнение производственных планов. К данной группе факторов относятся также сроки подготовки производства продукции. Например, компания X обеспечивает выпуск новой модели авто-

мобилей ежегодно, а компания Y — раз в десять лет. Технологический цикл разработки новых моделей автомобилей Y затрудняет своевременный выход продукции на рынок, «стоит в стороне» от быстрорастущих запросов потребителей. Вышеперечисленные факторы создают ситуацию, когда предприятие не может или не успевает соответствовать требованиям рынка, вовремя откликаться на запросы клиентов.

Второй аспект – внутренний. На предприятии не существует четкого представления о том, из чего складывается себестоимость продукции. Финансовые службы компании не обеспечены в полном объеме информацией для учета своих расходов на производство продукции, в том числе в разрезе материалов, комплектующих и деталей, входящих в производимые изделия. Предприятие не имеет эффективных средств для того, чтобы четко контролировать и планировать загрузку оборудования, трудозатраты и потребности в сырье.

Проблемы эти тем или иным образом зависят от эффективности планирования производства и прозрачности бизнес-процессов предприятия. Если руководители производственного предприятия не получают «прозрачной» информации для планирования потребностей в сырье, комплектующих и мощностях либо информация поступает не вовремя и разрозненно, если предприятие ощущает недостаток оперативных данных для того, чтобы управлять спросом, контролировать качество и себестоимость продукции, тогда стоит задуматься о внедрении ERP-системы на производстве.

Чтобы оперативно решить эти проблемы, предприятию требуются автоматизированные средства управления и создания отчетности, которые покрывают все этапы производства — от его запуска до завершения. В наиболее полном объеме эти средства реализованы в ERP-системах.

Одним из главных поставщиков ERP-систем на данный момент является компания 1С. Ее продукт 1С:ТОИР КОРП имеет следующие возможности:

- учет оборудования и нормативов: сбор и поддержание в актуальном состоянии информации об оборудовании, его характеристиках, нормативах ремонта и ТО;

- учет показателей эксплуатации: сбор, хранение и анализ сведений о техническом состоянии оборудования во время его эксплуатации;
- планирование технического обслуживания и ремонтов: планирование потребности в материальных, трудовых и финансовых ресурсах, необходимых для обеспечения сохранности и поддержания нормативного уровня работоспособности оборудования;
- управление материально-техническим обеспечением ремонтов: обеспечение потребности в запасных частях, материалах и инструментах, необходимых для проведения обслуживания и ремонта;
- управление персоналом: определение численности ремонтного и эксплуатационного персонала для проведения технического обслуживания и ремонтов, его аттестация и допуск к работе;
- управление нарядами и работами: формирование и учет выполнения нарядов на ремонтные и регламентные работы, контроль выполнения работ, учет выполненных ТО и ремонтов;
- управление документацией: консолидация и хранение электронного архива документов, необходимых для проведения ТОиР, предоставление персоналу ремонтных и эксплуатационных служб оперативного доступа к необходимым в работе документам и истории ремонтов;
- мониторинг показателей процессов (KPI) и формирование отчетности: отслеживание количественно определенных целей путем анализа показателей эффективности использования или обслуживания оборудования.

Решение может использоваться сотрудниками подразделений:

- служба главного механика;
- служба главного энергетика;
- отдел КИПиА;
- отдел материально технического обеспечения;
- служба управления надежностью;
- отдел АСУ ТП;
- отдел планирования;
- бухгалтерия.

Основные преимущества решений линейки 1С:ТОИР:

- 1) снижение техногенных рисков и сокращение простоев оборудования;
- 2) получение достоверной информации о состоянии оборудования для последующего планирования производства;
- 3) обнаружение скрытых неисправностей оборудования, повышение надежности критичного оборудования;
- 4) сокращение количества аварийных и сверхурочных работ по ТОиР, увеличение срока службы оборудования;
- 5) оптимизация затрат на обслуживание и ремонт за счет укрупнения партий закупаемых ТМЦ, роста оборачиваемости складов ТМЦ и эффективного планирования трудовых ресурсов.

### **Вопросы**

1. Что такое ERP-система?
2. Какие функции выполняет ERP-система?
3. Из каких уровней состоит ERP-система?
4. Какие возможности имеет продукт 1С:ТОИР КОРП?
5. Назовите предпосылки внедрения ERP-системы.

### **Практическое занятие № 3**

#### **«Восстановление герметичности стенок и стыков. Восстановление жесткости»**

Цель практического занятия: углубить знания о методах восстановления герметичности и жесткости.

Задание:

- 1) изучить и законспектировать теоретический материал;
- 2) ответить на вопросы.

Отчет должен содержать:

- 3) название и цель работы;
- 4) результаты выполнения работы.

## Теоретические положения

Восстановление герметичности стенок и стыков связано главным образом с устранением трещин и пробоев в стенках деталей и заменой уплотнений в их соединениях. Трещины устраняют сваркой, установкой стяжных вставок и заклеиванием полимерными композициями. При наличии пробоев на стенки устанавливают накладки (металлические или стеклотканевые), закрепляя их соответственно сваркой или клеем.

*Устранение трещин* в большинстве случаев осуществляется за счет использования эпоксидных смол.

Неотвержденные эпоксидные смолы легко растворяются в органических растворителях, поэтому при использовании их в ремонтном производстве для восстановления герметичности деталей необходимо применение отвердителей.

Отвердители для смол делятся на две группы: холодного (от 16 до 20 °С) и горячего (от 100 до 200 °С) отверждения.

Наибольшее распространение при выполнении ремонтных работ получили эпоксидные смолы ЭД-16 и ЭД-20, при работе с которыми используют отвердители холодного – ПЭПА (Полиэтиленполиамин) и горячего – фталевый ангидрид отверждения.

Поскольку отвердевшие смолы обладают высокой хрупкостью, плохо выдерживая удары и вибрацию, то при приготовлении эпоксидных составов для выполнения ремонтных работ к ним добавляют пластификаторы, обеспечивающие повышение эластичности эпоксидной композиции. В качестве пластификаторов используют дибутилфталат (ДБФ), диоктилфталат, трикрезилфосфат и низкомолекулярные полиамидные смолы Л-18, Л-19 и Л-20.

Для обеспечения качественного заполнения зазоров и трещин в восстанавливаемых деталях промышленного оборудования, регулирования вязкости, повышения электро- и теплопроводности и снижения стоимости эпоксидной композиции в ее состав вводят наполнители: железный порошок, графит, алюминиевая пудра, бронзовая пудра, портландцемент, измельченный асбест и другие.

Состав эпоксидной композиции для восстановления деталей промышленного оборудования выбирают в зависимости от их конструкции и назначения.

*Восстановление стыков.* Одним из существенных недостатков литых деталей, а также сварных и паяных швов является наличие в них пор и трещин, то есть отсутствие герметичности. Доработка деталей механической разделкой, подваркой и перепайкой мест разгерметизации не всегда приводит к положительным результатам. Анаэробные герметики (АГ), используемые для этих целей, позволяют устранить указанные недостатки.

Анаэробные составы представляют собой полимеризационно-способные смолы акрилового ряда, которые, находясь в контакте с атмосферным кислородом, сохраняют подвижное состояние. Попадая в зазор, поры и т.п., они отвердевают и образуют прочный полимер после прекращения доступа кислорода. Номенклатура марок и свойства анаэробных герметиков, рекомендуемых для исследования при ремонте машин и механизмов:

- анатерм-IV: устранение микропор и микротрещин, уплотнение и герметизация цилиндрических соединений;
- унигерм-7: уплотнение, контровка и фиксация неразъемных цилиндрических и резьбовых соединений;
- унигерм-2Н: пропитка пористого литья, герметизация и фиксация разъемных винтовых соединений;
- анатерм-6: уплотнение, герметизация и фиксация фланцевых, резьбовых и гладких неразъемных соединений;
- анатерм-117: фиксация, уплотнение, герметизация изделий, подвергающихся действию вибрации и ударных нагрузок;
- унигерм-9: крепление, стопорение крепежа и сопряженных деталей, имеющих защитные покрытия;
- анатерм-17: уплотнение и герметизация соединений, работающих при ударных и вибрационных нагрузках;
- анатерм-8: уплотнение фланцевых, резьбовых и гладких разъемных соединений.

Скорость полимеризации зависит от контактируемого материала. По признаку влияния на скорость отверждения герметика материалы делятся на 3 группы:

- 1) активные – медь и ее сплавы, кобальт, марганец, никель, железо (контакт с ними ускоряет полимеризацию герметика);
- 2) нормальные – алюминий и его сплавы, углеродистые стали, золото, серебро, цинк (их поверхность реактивна);

3) пассивные – имеющие покрытия, в том числе гальванические (кадмированные, анодированные, оксидированные, хромированные, частично оцинкованные); сплавы содержащие титан; нержавеющие стали, пластмассы.

Время отверждения на активных поверхностях исчисляется минутами, на нормальных – часами, на пассивных – до нескольких суток. Использование специальных активаторов КС и КВ позволяет сократить процесс полимеризации анаэробных уплотняющих покрытий на неактивных поверхностях до 3 – 6 ч.

Скорость отверждения и время достижения максимальной прочности находятся в прямой зависимости от температуры отверждения. На качество уплотнения влияет также чистота и шероховатость поверхности, зазор, площадь герметизирующей поверхности, технология сборки и т. п.

Анаэробные составы обладают следующими свойствами: высокой химической стойкостью к агрессивным средам, бензо- и маслопродуктам; водозащитными свойствами, предупреждающими коррозию в зоне контакта; высокой механической прочностью, достаточной эластичностью и стойкостью в условиях вибрации; термостойкостью; способностью низковязких составов затекать в любые зазоры, большим диапазоном прочностных и вязкостных свойств; высокой мобильностью и простотой применения в условиях изготовления, эксплуатации и ремонта изделий.

Указанные свойства анаэробных составов позволяют во многих случаях отказаться от традиционных технологий ремонта машин и механизмов и перейти к принципиально новым методам ремонта. Одним из таких методов является применение анаэробных герметиков для стопорения и герметизации резьбовых соединений.

В процессе эксплуатации резьбовые соединения испытывают знакопеременные нагрузки, воздействие высокой температуры, коррозионной и абразивной сред и других факторов, что способствует их быстрому изнашиванию. Напряжение затяжки резьбовых соединений, созданное при сборке, со временем снижается под действием нагрузок и внешних условий, в результате чего нарушается нормальная работа машин.

Применяют различные способы фиксации и стопорения резьбовых соединений: при помощи контргаек, пружинных и

замковых шайб, проволоки, крепления и расклепывания, приварки и пайки. Однако не все способы стопорения достаточно надежны, в ходе эксплуатации машин они требуют периодической подтяжки, на что затрачивается много времени.

В зарубежном и отечественном автомобилестроении анаэробные материалы впервые нашли широкое применение именно для стопорения резьбовых соединений. Это простой, надежный и экономический способ придания соединениям устойчивости к действию вибрации, тряски, ударных нагрузок. В противоположность механическим стопорным устройствам анаэробные герметики заполняют пространство между витками резьбы, благодаря чему возрастает сопротивление трению, предотвращаются наволакивание металла и коррозия, повышается крутящий момент отвинчивания по отношению к моменту затяжки. В результате замены традиционных способов стопорения резьбовых соединений клеевыми производственные затраты снижаются почти на 90 %.

Механизм полимеризации анаэробных герметиков в резьбовых соединениях можно представить следующим образом. При завинчивании резьбового элемента с предварительно нанесенным на него жидким герметиком происходит удаление воздуха из объема, заключенного между сопрягаемыми резьбовыми поверхностями и заполнение его герметиком, который, затвердевая, образует прочное соединение. Использование анаэробных материалов позволяет не только восстановить и предохранить резьбовые соединения от самоотвинчивания в процессе эксплуатации, но и обеспечить хорошую герметичность и работоспособность.

Технологический процесс стопорения резьбовых соединений анаэробными материалами состоит в следующем: сопрягаемые резьбовые поверхности тщательно очищают от ржавчины, старой краски, окалины и других эксплуатационных загрязнений, обезжиривают стандартными средствами, наносят герметик на 3 – 4 нити резьбы болта или шпильки. Материал наносят капельницей флакона или кистью.

На прочность соединения оказывают влияние такие факторы, как зазор, качество обезжиривания, предварительная затяжка, условия эксплуатации, марка анаэробного материала и др. Так, например, для герметика Ан-1У максимально заполняемый зазор – 0,07 мм, а для УГ-8 – 0,45 мм. С увеличением момента затяжки



возрастает и момент отвинчивания. Например, если гайка затянута с моментом 30 – 40 Н\*м, отворачивающий момент увеличивается до 90 – 120 Н\*м (герметики АН-6 и УГ-1), что исключает возможность самоотвинчивания резьбового соединения.

Анаэробные герметизирующие материалы применяют для уплотнения фланцевых соединений вместо твердых прокладок. Известно, что качество уплотнения твердой прокладкой зависит от давления сжатия в сопряжении фланец – прокладка и состояния поверхности сопрягаемых деталей. Свойство анаэробного материала затекать во все впадины соединяемых поверхностей позволяет устранить такие дефекты, как царапины, риски, вмятины, которые не могут быть заполнены традиционными твердыми прокладками.

Анаэробные герметизирующие материалы можно применять как самостоятельно, так и в сочетании с традиционной твердой прокладкой. Для уплотнения фланцевых соединений наиболее предпочтительны "эластичные" анаэробные герметизирующие материалы АН-6К, АН-8К. Такие материалы более устойчивы к действию температурных и вибрационных нагрузок. Существуют примеры применения герметика АН-8К в соединениях паропровода. Вместо паронитовых прокладок используют металлическую прокладку с гарантированным зазором для герметика 0,2 – 0,3 мм. При включении-выключении пара возникают температурные удлинения трубопроводов, которые воспринимаются таким металлополимерным уплотнением, сохраняя хорошую герметичность стыков.

При герметизации пор литья так же, как и для устранения дефектов сварных и паяных соединений, применяют маловязкие с хорошей пропитывающей способностью анаэробные герметики-антипоры (АН-1, АН-IV, УГ-4ПР, ДН-1, ДН-2) вместо бакелитового лака ЛБС-1. При помощи анаэробных материалов можно герметизировать поры сварных швов, благодаря своему смачивающему и капиллярному действию они проникают в невидимые полости и тончайшие поры и, структурируясь в анаэробных условиях, отвердевают, предотвращая утечку газов и жидкостей.

Одной из перспективных областей применения анаэробных герметикой является уплотнение паяных трубных соединений в радиаторах, воздушных кондиционерах, холодильниках и др.

Жидкий материал наносят кистью на неостывшие места пайки, в результате ускоряется его проникновение в тончайшие поры и отверждение. К сожалению, в нашей отечественной технологической практике этот способ применения не нашел.

Эффективность "залечивания" пор анаэробными герметиками и его перспективность дополнительно подтверждаются тем фактором, что при условии применения строго дозированного количества герметика, исключая попадание его на поверхности деталей, последние могут подвергаться последующей сварке и пайке не только без разрушения герметика, но и с его термическим доотверждением.

### **Вопросы**

1. Как производится заделка трещин эпоксидными смолами?
2. Что добавляют в эпоксидные смолы для улучшения свойств?
3. Для чего в эпоксидные смолы добавляют отвердитель?
4. Что заставляет отвердевать анаэробные герметики?
5. Способы восстановления жесткости конструкции.

### **Практическое занятие № 4** **«Определение дефектов цилиндрических** **(червячных, конических) редукторов»**

Цель практического занятия: углубить знания об определении дефектов, научиться находить и пользоваться справочной литературой.

Задание:

- 1) повторить теоретический материал по соответствующей теме;
- 2) провести дефектовку полученной детали;
- 3) составить дефектную ведомость;
- 4) разработать технологическую карту на ремонт детали;
- 5) разработать ремонтный чертеж детали с указанием допусков и шероховатости поверхностей.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Выкрашивание зубчатых колес устраняется методом шлифовки поверхностей шестерней и балансировкой. В отдельных случаях применяют наплавку или полную замену детали в ответственных узлах. Заедание устраняют методом шлифовки граней зубьев шестерни. Локальное повреждение зуба на колесе, устраняют заменой колеса в нагруженных узлах или же наплавкой и обточкой в ненагруженных. Несоосность валов зубчатых передач, устраняют заменой упоров валов, заменой бракованного корпуса. Так как при несоосности валов зубчатые колеса не будут нормально работать, одна часть колеса будет изнашиваться быстрее другой. Эксцентриситет зубчатого колеса, устраняют заменой колеса. Питтинг. Устраняют с помощью шлифовки поверхности, в отдельных узлах подбирают новые группы зубчатых колес. Развивающийся задир устраняют методом шлифовки поверхности зуба и заменой или ремонтом колеса, вызывающего этот дефект.

## **Практическое занятие № 5** **«Определение дефектов подшипников,** **порядок сборки подшипниковых узлов»**

Цель практического занятия: получить практический навык в определении допускаемого износа подшипников и методах восстановления, сборки подшипниковых узлов.

Задание:

- 1) повторить теоретический материал по соответствующей теме;
- 2) по заданию преподавателя определить износ подшипника, сделать вывод о его пригодности к эксплуатации;
- 3) предложить меры по восстановлению изношенных поверхностей;

- 4) определить порядок сборки подшипникового узла.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

Подшипники изготавливаются в строгом соответствии с государственными стандартами и должны соответствовать довольно жестким требованиям. Они являются одними из наиболее точных деталей, которые выпускаются в современном машиностроении. В идеальных условиях подшипники могут работать в течение многих лет, но в большинстве случаев условия работы далеки от идеальных. Поэтому подшипники редко реализуют свой ресурс и часто преждевременно выходят из строя.

Срок службы зависит от качества материалов, технологии изготовления, условий транспортировки, хранения и эксплуатации. Чаще всего, о повреждении свидетельствуют следующие характерные внешние признаки:

- увеличенная вибрация;
- шумы;
- повышение температуры корпуса.

### **Практическое занятие № 6**

**«Проверка оборудования на технологическую точность, на жесткость, вибрационную устойчивость, шум.**

**Сдача оборудования в эксплуатацию.»**

Цель практического занятия: систематизировать знания о проверке оборудования на точность, жесткость, вибрационную устойчивость, шум, об особенностях сдачи в эксплуатацию.

Задание:

- 1) пользуясь нормативной документацией, законспектировать методы проверки оборудования на точность, жесткость, виброустойчивость и шум;

2) по заданию преподавателя описать проверку оборудования (например, металлорежущие станки).

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;
- 2) результаты выполнения работы.

### **Теоретические положения**

После завершения работ по программе-графику комплексной наладки оборудования промышленного объекта или отдельного агрегата и его комплексного опробования производится приемка названного оборудования в эксплуатацию.

Приемка в эксплуатацию производится государственной приемочной комиссией с назначением в необходимых случаях контрольных опробований и испытаний.

Опробования и испытания проводятся под техническим руководством главного инженера промышленного объекта по программе, утвержденной государственной приемочной комиссией.

При успешной приемке государственной приемочной комиссией технологического оборудования промышленного объекта или установки в эксплуатацию оформляется акт о приемке объекта.

### **Практическое занятие № 7**

#### **«Определение дефектов агрегатов гидроприводов (пневмоприводов)»**

Цель практического занятия: закрепить знания об устройстве гидро- и пневмоприводов.

Задание:

- 1) повторить теоретический материал по соответствующей теме;
- 2) по заданию преподавателя определить причины неисправности привода, определить порядок действий по устранению любой из причин.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель работы;

## 2) результаты выполнения работы.

### Теоретические положения

Впервые идею применения в машинах гидропривода высказал в конце XVII века Блез Паскаль, который указывал на возможность создания гидравлического пресса. Эта идея Паскаля была реализована в 1859-1861 гг. Хайзвеллом при разработке конструкции первого гидравлического штамповочного пресса. В дальнейшем гидропривод долгое время применялся лишь при создании кузнечно-прессового оборудования.

Появление паровых машин в XVIII в. было обусловлено, прежде всего, необходимостью привода насосов для откачки воды из шахт. Неглубокие выработки к этому времени уже истощились, а основной проблемой было удаление грунтовых вод из глубоких шахт, которые не позволяли вести добычу полезных ископаемых.

С развитием паровых машин и общим технологическим прогрессом в машиностроении тесно связано совершенствование конструкций поршневых насосов, появление и совершенствование гидравлических двигателей. Далее широкое применение двигателей внутреннего сгорания и электропривода в конце XIX - начале XX вв. послужило сильнейшим толчком в развитии гидравлических приводов.

В настоящее время во всем мире практически невозможно назвать такую отрасль промышленности или сельского хозяйства, в которых не применялся бы гидропривод. А возросшие в последние годы темпы создания и освоения серийного производства новых машин с гидравлическим приводом являются наглядным подтверждением научно-технического прогресса.

В результате внедрения современных технологических процессов и совершенствования гидравлического оборудования и машин с объемным гидроприводом за последние два десятилетия значительно улучшилось качество их изготовления, повысились продолжительность безотказной работы и технический ресурс.

Гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с

одновременным выполнением функций регулирования и реверсирования скорости движения выходного звена гидродвигателя.

Пневматические приводы (пневмоприводы) – совокупность механических устройств, которые приводятся в действие посредством сжатого воздуха. С его помощью пневмоприводы изменяют положение рабочего механизма арматуры. Устройства применяются в ситуациях, когда использование электрического питания невозможно или нецелесообразно.

### **Вопросы для самостоятельной работы**

1. Правила безопасности при выполнении слесарно – сборочных операций
2. Разработка мероприятий по сокращению простоев, повышению сменности, снижению аварий оборудования.
3. Организация складирования, хранения и учета резервного оборудования, запасных частей, инструментов, основных и вспомогательных материалов.
4. Составление заявок на приобретение инструментов для проведения технического обслуживания, ремонта и определительных испытаний промышленного (технологического) оборудования.
5. Особенности технической документации для деталей грузоподъемных механизмов
6. Характерные неисправности и виды износа предохранительных и перепускных клапанов.
7. Передовой отечественный и зарубежный опыт по методам поддержания работоспособности промышленного (технологического) оборудования

## Список литературы

1. Организация ремонтных, монтажных и наладочных работ по промышленному оборудованию : учебник для среднего профессионального образования по специальности "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)", "Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)" : в двух частях / [А. Н. Феофанов, А. Г. Схиртладзе, Т. Г. Гришина и др.]. – ., 2021. – 240 с. – URL: <https://academia-library.ru/catalogue/4831/617383/> (дата обращения: 17.03.2024). – Текст : электронный.

2. Организация ремонтных, монтажных и наладочных работ по промышленному оборудованию : учебник для среднего профессионального образования по специальности "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)", "Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)" : в двух частях / [А. Н. Феофанов, А. Г. Схиртладзе, Т. Г. Гришина и др.]. – ., 2021. – 256 с. – URL: <https://academia-library.ru/catalogue/4831/617385/> (дата обращения: 17.03.2024). – Текст : электронный.

3. Елифанцев, Ю. А. Эксплуатация и организация ремонтов металлургического оборудования.: учебное пособие для СПО / Елифанцев Ю. А.. – Москва : Юрайт, 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-534-13845-0. – URL: <https://urait.ru/book/ekspluatatsiya-i-organizatsiya-remontov-metallurgicheskogo-oborudovaniya477229> (дата обращения: 17.03.2024). – Текст : электронный.

4. Полищук, В. И. Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования : Учебное пособие / В. И. Полищук ; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 203 с. – ISBN 978-5-16-016457-1. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=427019> (дата обращения: 19.03.2024). – Текст : электронный.