

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Технология восстановления и упрочнения деталей

Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Конспект лекций	3
1.1	Лекция № 1 «Основные дефекты деталей машин и методы восстановления посадок».	3
1.2	Лекция № 2 «Восстановление и упрочнение пластическим деформированием».	7
1.3	Лекция № 3-4 «Восстановление и упрочнение ручной сваркой и наплавкой»	13
1.4	Лекция № 5 «Восстановление и упрочнение искровой механизированной наплавкой»	24
1.5	Лекция № 6-7 «Восстановление и упрочнение безыскровой механизированной наплавкой»	28
1.6	Лекция № 8-9 «Восстановление и упрочнение деталей напылением»	32
1.7	Лекция № 10 «Восстановление деталей электролитическим осаждением металлов»	35
1.8	Лекция № 11 «Применение полимерных материалов при восстановлении и упрочнении деталей»	40
1.9	Лекция № 12 «Особенности восстановления размеров деталей при обработке резанием».	47
1.10	Лекция № 13-14 «Другие способы восстановления и упрочнения деталей»	55
1.11	Лекция № 15 «Энергосберегающие технологии восстановления узлов и агрегатов»	60
2.	Методические материалы по выполнению лабораторных работ	67
2.1	Лабораторная работа № ЛР-1 «Расточка вкладышей коренных подшипников двигателя Д-50»	67
2.2	Лабораторная работа № ЛР-2 «Ремонт цилиндров ДВС растачиванием и хонингованием на станках 278Н и ЗБ833»	77
2.3	Лабораторная работа № ЛР-3 «Шлифование шатунных шеек коленчатого вала двигателя А-41М на ремонтный размер»	87
2.4	Лабораторная работа № ЛР-4 «Контроль и ремонт шатуна и поршневых колец двигателя СМД-18».	97
2.5	Лабораторная работа № ЛР-5 «Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса»	108
2.6	Лабораторная работа № ЛР-6 «Восстановление деталей вибродуговой наплавкой»	118
2.7	Лабораторная работа № ЛР-7 «Восстановление деталей наплавкой в среде углекислого газа».	127
2.8	Лабораторная работа № ЛР-8 «Восстановление деталей машин электролитическим хромированием на установке ОРГ – 1349»	137

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Основные дефекты деталей машин и методы восстановления посадок».

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные дефекты деталей.
2. Классификация способов восстановления деталей.
3. Методы восстановления посадок.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Основные дефекты деталей

Вид дефекта	Сущность устраниния дефекта
Износ деталей	Восстановление геометрической формы и размера: а) с нанесением слоя металла или другого материала на изношенную поверхность б) без нанесения металла или других материалов на изношенную поверхность Восстановление первоначальной формы и шероховатости поверхности
Потеря свойств материала детали	Восстановление физико – механических свойств материала детали
Отложения (насосы) на деталях	Очистка деталей
Деформации разрушения деталей	Восстановление геометрической формы Восстановление первоначальной плотности и прочности

2. Классификация способов восстановления деталей.

Под способом восстановления (ремонта) изношенных деталей понимают вид технологического процесса, включающего состав и последовательность операций по изменению размеров, геометрической формы или физико-механических свойств изношенных деталей с целью доведения их качества до уровня новых (при восстановлении) или до уровня, предусмотренного нормативно-технической документацией (при ремонте).

1. Слесарно – механическая обработка

- 1) Обработка под ремонтный размер(РР)
- 2) Постановка дополнительной ремонтной детали
- 3) Обработка до выведения следов износа и придания правильной геометрической формы
- 4) Перекомплектовка

2. Пластическое деформирование

- 1) Вытяжка, оттяжка
- 2) Правка (на прессах, наклепом)

- 3) Механическая раздача
- 4) Гидротермическая раздача
- 5) Электрогидравлическая раздача
- 6) Раскатка
- 7) Механическое обжатие
- 8) Термопластическое обжатие
- 9) Осадка
- 10) Выдавливание
- 11) Накатка
- 12) Электромеханическая высадка

3. Нанесение полимерных материалов

- 1) Напыление: газопламенное, в псевдоожженном слое (вихревое, вибрационное, вобровихревое) и др.
- 2) Опрессовка
- 3) Литье под давлением
- 4) Нанесением шпателем, валиком, кистью и др.

4. Ручная сварка и наплавка

- 1) Газовая
- 2) Дуговая
- 3) Аргонодуговая
- 4) Кузнечная
- 5) Плазменная
- 6) Термитная
- 7) Контактная

5. Механизированная дуговая сварка и наплавка

- 1) Автоматическая под флюсом
- 2) В среде защитных газов: аргоне, углекислом газе (диоксиде углерода), водяном паре и др.
- 3) С комбинированной защитой
- 4) Дуговая с газопламенной защитой
- 5) Вибродуговая
- 6) Порошковой проволокой или лентой
- 7) Широкослойная
- 8) Лежачим электродом
- 9) Плазменная (сжатой дугой)
- 10) Многоэлектродная
- 11) С одновременным деформированием
- 12) С одновременной механической обработкой

6. Механизированные бездуговые способы сварки и наплавки

- 1) Индукционная (высокочастотная)
- 2) Электрошлаковая
- 3) Контактная сварка и наплавка
- 4) Трением
- 5) Газовая
- 6) Электронно – лучевая
- 7) Ультразвуковая
- 8) Диффузионная
- 9) Лазерная
- 10) Термитная
- 11) Взрывом
- 12) Магнитно – импульсная
- 13) Печная наварка

7. Газотермическое нанесение (металлизация)

- 1) Дуговое
- 2) Газопламенное
- 3) Плазменное
- 4) Детонационное
- 5) Высокочастотное
- 6) Электроимпульсное
- 7) Ионно – импульсное

8. Гальванические и химические покрытия

- 1) Железнение постоянным током
- 2) Железнение периодическим током
- 3) Железнение проточное
- 4) Железнение местное (вневанное)
- 5) Хромирование
- 6) Хромирование проточное, струйной
- 7) Меднение
- 8) Цинкование
- 9) Нанесение сплавов
- 10) Нанесение композитных покрытий
- 11) Электроконтактное нанесение (электронатирание)
- 12) Гальваномеханический способ
- 13) Химическое никелирование

9. Термическая и химико – термическая обработка

- 1) Закалка, отпуск
- 2) Диффузионное борирование
- 3) Диффузионное цинкование
- 4) Диффузионное титанирование
- 5) Диффузионное хромирование
- 6) Диффузионное хромотитанирование
- 7) Диффузионное хромоазотирование
- 8) Обработка холодом

10. Другие способы

- 1) Заливка жидким металлом
- 2) Намораживание
- 3) Напекание
- 4) Пайка
- 5) Пайкосварка
- 6) Электроискровое наращивание и легирование

3. Методы восстановления посадок.

1. Без изменения размеров деталей в сопряжении:

- регулировка зазора
- перестановка деталей в дополнительную рабочую позицию

2. Метод ремонтных размеров:

- увеличение размеров вала и отверстия
- уменьшение размеров вала и отверстия

3. Применение деталей восстановленных до начальных размеров

Виды способов восстановления – сварка и наплавка, пайка, напылением (плазменное и газопламенное), металлизация (газовая, электрическая, высокочастотная, плазменная);

- слесарно-механическая обработка;

- электроискровая (электроэррозия, анодно-механическая);

- электромеханическая;

- нанесением полимеров (газовое, в кипящем слое, опрессовка);
- упрочнением (термическое, термомеханическое, химико-термическое, поверхностно-пластическое);
- электролитические и химические способы;
- обработка давлением (раздача, осадка, обкатывание, раскатывание, правка, вытяжка, высадка).
- нанотехнологии (напыление порошков оксида алюминия, нанесение покрытий с частицами кобальта, использование фуллеренов для обеспечения процесса «износ-восстановление»).

Газовая сварка – виды работ (сварка, наплавка, закалка, резка, пайка, сварка пластмассы); - флюсы (бура, борная кислота);- электроды;- режимы.

Электродуговая сварка – полярность; - электроды (толстые с обмазкой, тонкие); - режимы (ток, длина дуги); - источники питания.

Особенности сварки чугунных деталей:

- отбеливание, резкий переход из твердого состояния в жидкое, образование трещин; - горячая сварка; - холодная (электрод ПАНЧ – 11).

Сварка и наплавка деталей из алюминия и его сплавов: образование оксида, загрязнение ванны, жидкотекучесть, трудность определения начала плавления, специальный флюс АФ – 4А, электроды, аргонодуговая сварка (argon, неплавящийся катод из вольфрама с лантаном, установка «Удар- 300», осциллятор, преимущества, режим, материал деталей).

Сущность флюсовой полуавтоматической наплавки, режимы, основное условие наплавки, оборудование, электроды, флюсы.

Наплавка в защитных газах – сущность способа, преимущества, режимы.

Вибронаплавка – оборудование (ОКС – 6569), сущность трехпериодной наплавки, назначение механизма вибрации, параметры вибратора, режимы.

Технологические особенности литейной наплавки (заливки жидким металлом), оборудование, преимущества, детали. Равновидности метода – индукционная наплавка, намораживание.

Электроконтактная приварка проволоки, ленты – сущность метода (диффузия, схватывание), оборудование (токоведущий контур, прерыватель, сварочный трансформатор), продолжительность цикла «импульс тока – пауза», режимы (20000 А, 1,4 кН, 7В). Преимущества метода, детали. Напекание порошков (10 кА, 150 МПа, пористость – 8%, высокая износостойкость, низкое температурное воздействие на деталь).

Сварка трением – температура до 1300⁰, станки МСТ-23, давление -1МПа, осадка – 4-12мм.

Сущность плазменных способов наплавки (напекания), преимущества, схемы плазмотронов, газы транспортирующий, плазмообразующий, защитный, вольфрамовый катод, источник тока с реостатами, врачатель, присадочные материалы, режимы (180-260А, 40-45В, расход аргона – 4...6 л/мин , транспортирующий, расход защитного газа – 15...18 л/мин, скорость подачи проволоки 6...24 м/ч, расстояние от сопла - 10...20 мм).

Металлизация – сущность метода, виды (газовая, электродуговая, ТВИ), режимы (газ - 0,6 МПа, диаметр частиц – 1мкм, скорость движения частиц – 300 м/с), источник тока (30 – 200А, 25- 35 В), производительность – 5-14 кг/ч. Техпроцесс – подготовка поверхности, нанесение металла, обработка после металлизации (токарная, шлифовальная, пропитка маслом). Преимущества – высокая износостойкость, возможность получения псевдосплавов.

1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение пластическим деформированием».

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Способы восстановления пластическим деформированием.
3. Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие сведения.

Сущность метода восстановления деталей пластическим деформированием – способность металлов изменять свою форму и размеры без разрушения под действием нагрузки за счет остаточной деформации. Объем детали не изменяется, но металл перемещается с одного ее участка на другой.

Деформирование детали может проводиться в холодном или горячем состоянии.

При холодном способе деформация происходит вследствие сдвига частиц внутри зерен (кристаллов) металла, что приводит к необходимости приложения больших нагрузок и к изменению физико-механических свойств детали.

При нагреве детали до ковочных температур и приложении нагрузки деформация происходит за счет сдвигов зерен (кристаллов) металла, что приводит к изменению структуры и необходимости финишной термообработки.

Виды пластической обработки – правка (валы, оси, рычаги, балки, коленвалы, распределители, шатуны, штанги толкателей и пр.) ее сущность (направление нагрузки совпадает с направлением деформации), способы реализации (холодная с предварительным нагревом (800°C), местным наклепом); - раздача (втулки, пальцы, пустотелые валы) ее сущность (действующая сила совпадает с направлением деформации); - осадка и обжатие (втулки шатунов, проушины тяг, рычагов), сущность осадки (направление действующей силы не совпадает с направлением деформации), сущность обжатия (уменьшение внутреннего размера при уменьшении наружного, совпадение действующей силы с направлением деформации, проушины звена гусеницы); - вытяжка (увеличение длины штанг, тяг), оттяжка (лемеха, культиваторные лапки), растяжка (шатуны д.в.с., с предварительным нагревом стержня).

Физическая сущность упрочняющее – калибрующей обработки – под давлением калибрующего инструмента выступающие микронеровности деформируются, в результате чего вследствие уплотнения и наклена изменяются шероховатость и физико-механические свойства только поверхностного слоя (чистота, твердость, износостойкость).

Виды обработки – дорнование, обкатывание и раскатывание роликами и шариками, вибронакатка, обдувка дробью, выглаживание алмазным инструментом и твердосплавными гладилками.

Инструмент – шариковые и роликовые накатки (для валов), раскатки (для отверстий), упрочняющее – калибрующие раскатки для обработки втулок шатунов, конические раскатки для клапанных гнезд, роликовая накатка для пружин, вибронакатка для гильз, гладилки и наконечники из синтетических алмазов.

Режим – натяг (давление), подача, скорость обкатывания, припуск, частота вращения инструмента (детали), чистота поверхности.

Преимущества способа – простота и универсальность инструмента, повышение износостойкости, контактной выносливости, поверхностной твердости.

Положительные свойства полимеров - небольшая объемная масса, значительная прочность, хорошая химическая стойкость, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства, вибростойкость, высокая износостойкость (некоторых из них).

Состав: связующее вещество (смола искусственная или естественная); наполнители для улучшения механических свойств (металлическая стружка, портландцемент, хлопчатобумажная ткань, стеклоткань, бумага, асбест, графит, слюда и пр.); пластификаторы для повышения пластичности, вязкости, текучести (дибутилфталат, камфора, олеиновая кислота); отвердители, способствующие переходу полимеров в твердое и нерастворимое состояние (магнезия, известь, полиэтиленполиамин); красители (охра, мумия, сурик и др.).

2. Способы восстановления пластическим деформированием.

Пластическое деформирование – способность металла под действием внешней нагрузки изменять свои формы и размеры без разрушения.

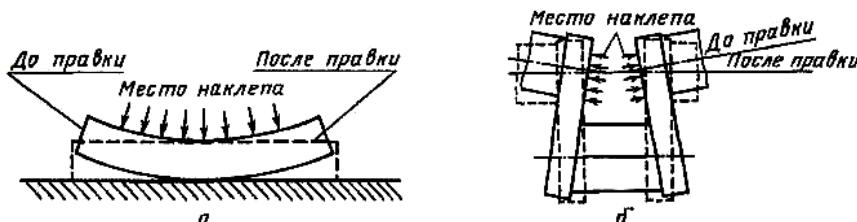
Деформирование без нагрева:

- упрочнение;
- увеличение твердости;
- увеличение прочности;
- уменьшение относительного удлинения;
- уменьшение ударной вязкости.

Деформация с нагревом:

Температура нагрева: бронза – 700...850°C; углеродистые стали – 800...1250°; легированные стали – 850...1150°C.

- повышение пластичности;
- снижение сопротивления деформированию;
- нет разрушения металла.



Осадку применяют для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметра полых и сплошных деталей. Требуемое давление при осадке, МПа.

$$q = \sigma_t \left[1 + \frac{d}{6h} \right]$$

где σ_t – предел текучести материала детали, МПа;

d и h – диаметр и длина детали, мм.

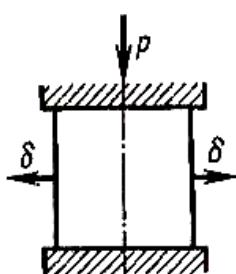


Схема восстановления деталей осадкой

Вытяжку и **растяжку** используют для увеличения длины деталей (тяг, штанг, шатунов, рычагов и др.) за счет уменьшения ее поперечного сечения. При вытяжке направление деформирующей силы P не совпадает с направлением деформации, а при растяжке – совпадает.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин (лемеха, культиваторные лапы и др.) восстанавливают оттяжкой

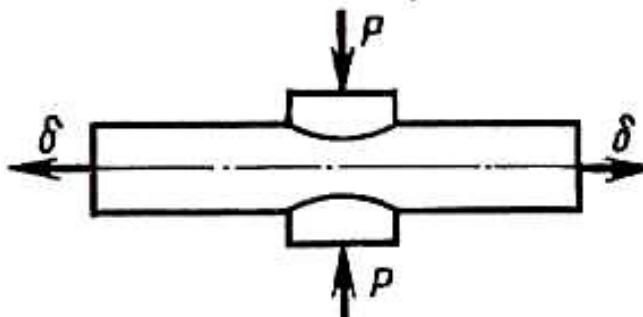


Схема восстановления деталей вытяжкой

Раздачу применяют для увеличения наружных размеров полых деталей за счет увеличения их внутренних размеров. Она характеризуется совпадением направления деформирующей силы P с направлением деформации δ . Давление при раздаче, МПа где R и r – наружный и внутренний радиусы восстанавливаемой детали, мм

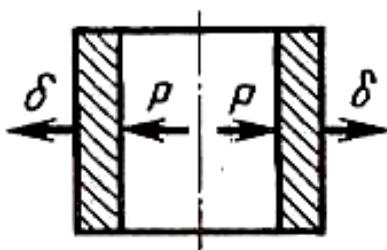
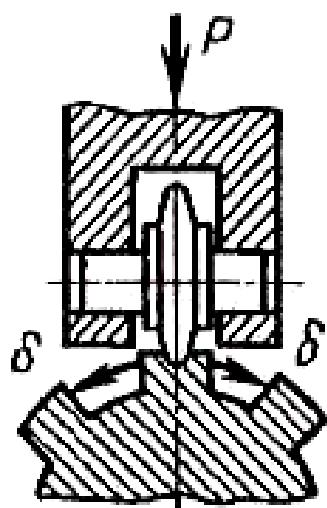


Схема восстановления деталей раздачей

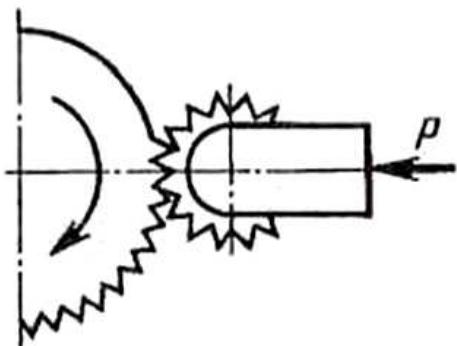
Вдавливание представляет собой одновременную осадку и раздачу, так как деформирующая сила P направлена под углом к направлению деформации δ . Длина детали не изменяется.

Вдавливанием ремонтируют изношенные боковые поверхности шлицев, шаровых пальцев, зубьев шестерен, нагревая их в специальных штампах и используя ролики, клинья и др.

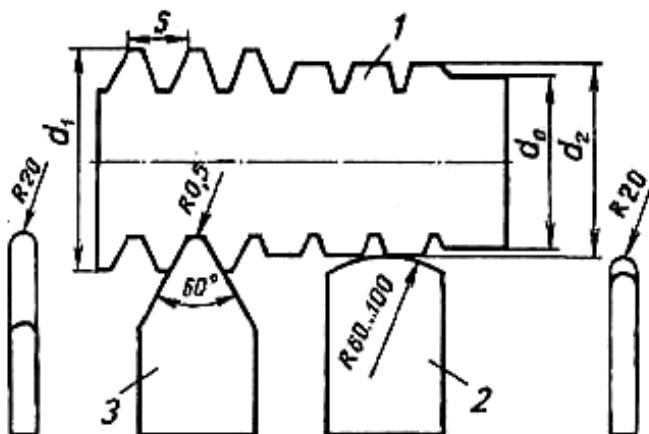


Накатку применяют для увеличения наружного или уменьшения внутреннего диаметра деталей вытеснением металла отдельных участков рабочей поверхности. Направление деформирующей силы P противоположно требуемой деформации δ .

Твердость детали – HRC 25...30; скорость вращения детали 10...15 м/с; продольная подача 0,4...0,6 мм/об; угол заострения зуба инструмента 60...70°С; шаг зубьев 1,5...1,8 мм.



Электромеханическая обработка



Сила тока $I = 300 \dots 500$ А;

Напряжение $U = 1 \dots 2$ В;

Материал пластин – Т15К6;

Сварочный трансформатор ТС – 300.

Количество теплоты, выделяющейся между деталью и высаживающейся пластиной, Дж.

$$Q = Q_1 + Q_2 = I^2 R t + f P_o v t$$

где Q_1 – количество теплоты, выделенной электрическим током при обработке детали, Дж;

Q_2 – количество теплоты, выделенной в результате механической работы, Дж;

I – сила тока, А;

R – сопротивление в месте контакта, Ом;

t – время обработки детали, с;

f – коэффициент трения;

P_o – усилие на инструменте, Н;

v – скорость вращающейся детали, м/с.

Параметры при восстановлении электромеханическим способом

Параметр	Закаленная сталь	Незакаленная сталь
Давление на инструмент при высадке, P_o , Н	900...1200	600...800
Давление на инструмент при сглаживании, P_o , Н	300...400	300...400
Скорость вращения детали, м/мин	1,5...8	5...8
Подача, мм/об	1...2	0,3...1,5
Число проходов	2...4	1...2
Сила тока, А	400...500	250...400

Электромеханическим способом восстанавливают посадочные места подшипников на валах с износом до 0,15 мм.

3. Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием.

Повышается твердость, возрастает усталостная прочность на 30...70%, износостойкость - в 1,5...2 раза, возможно получение поверхности с низкой шероховатостью $R_a = 0,04$ мкм.

Обкатка (раскатка) шариками и роликами

Усилие обкатывания P (раскатывания), Н

при обработки шариками

$$P = \left(\frac{dq}{0,54E} \right)^2 q$$

при деформации роликами

$$P = \frac{dbq^2}{0,126E \left(\frac{d}{d_p} + 1 \right)}$$

где d – диаметр обрабатываемой детали, мм;

q – наибольшее значение давления, Н/мм²;

E – модуль упругости обрабатываемого материала, Н/мм²;

b – длина контакта ролика с деталью, мм;

d_p – диаметр ролика или шарика, мм.

Наибольшее значения давления $q = (1,8...2,1)\sigma_t$.

При работе одним шариком или сферическим роликом продольная подача равна 0,1...0,3 мм/об и роликом с цилиндрическим пояском – 0,2...0,6 мм/об.

Припуск на обкатывание на сторону мкм, назначают в зависимости от шероховатости исходной и обработанной поверхностей и определяют по формуле:

$$\delta = 1,35(R_z - R_{z'})$$

где R_z и $R_{z'}$ – высоты неровностей профиля соответственно до и после обкатывания, мкм.

Алмазное выглаживание заключается в поверхностном пластическом деформировании детали инструментом, рабочим элементом которого служат алмаз или сверхтвердые материалы или нитрида бора (гексанит Р, кубонит и др.).

Радиус алмаза выбирают с учетом твердости обрабатываемой поверхности: чем тверже материал, тем он меньше. Для материалов твердостью НВ < 300 радиус алмаза составляет 2,5...3,5 мм, при HRC 35...50 – 1,5...2,5 и HRC 50...65 – 1,3...2 мм. Усилие выглаживания обычно составляет 150...300 Н и определяется по формулам:

для закаленных сталей

$$P_{\text{опт}} = 0,013H_v \left(\frac{dR_{\text{алм}}}{d + R_{\text{алм}}} \right)^2$$

для незакаленных сталей и цветных сплавов

$$P_{\text{опт}} = 0,08H_v \left(\frac{dR_{\text{алм}}}{d + R_{\text{алм}}} \right)^2$$

где H_v – твердость обрабатываемой поверхности по виккерсу, Н/мм²;

d – диаметр детали, мм;

$R_{\text{алм}}$ – радиус алмаза, мм.

Продольная подача:

для закаленных сталей – 0,02...0,05 мм/об. ($R_{\text{алм}} = 1,3...2$ мм);

для незакаленных сталей и цветных сплавов – 0,03...0,06 мм/об. ($R_{\text{алм}} = 2,5...3,5$ мм).

Скорость выглаживания 10...100 м/мин.

При алмазном выглаживании можно получить поверхность детали с шероховатостью не ниже $R_a = 0,04...0,08$ мкм, повысить твердость на 25...30%, износостойкость на 40...60 и усталостную прочность на 30...60%.

Ультразвуковое упрочнение заключается в том, что специальный инструмент (гладилка) получает вибрацию с частотой не менее 18 кГц, создает ударное воздействие на упрочняемую поверхность и, перемещаясь вдоль поверхности, подвергает ее пластическую деформацию.

Источники колебаний – ламповые генераторы УЗМ – 1,5, ВЗГ – 1,6 и УЗМ – 4.

Материал гладилки – Т15К6.

Усилие прижима гладилки к детали – 400...500 Н.

Частота ультразвуковых колебаний – 18...24 кГц.

Амплитуда колебаний – 20...25 мкм.

Скорость вращения детали – 0,9...1 м/с.

Продольная подача инструмента $S = 0,125$ мм/об.

В процессе упрочнения стальных деталей можно повысить поверхностную микротвердость в 1,5...2 раза с глубиной упрочнения 0,3...0,4 мм и класс шероховатости поверхности, создать остаточные напряжения скатия.

Дробеструйная обработка служит для упрочнения рессор, пружин, валов, зубчатых колес и сварных швов. Усталостная прочность обработанных деталей повышается на 20...60% и твердость – до 40%.

Дробеструйный наклеп заключается в пластическом деформировании поверхности детали потоком дроби, летящей со скоростью 30...90 м/с. На поверхности создается наклепанный слой глубиной 0,5...0,7 мм. По способу сообщения дроби кинетической энергии различают пневматические (дробеструйная обработка) и механические (дробеметная

обработка) установки. В первых энергия сообщается дроби струей сжатого воздуха под давлением 0,5...0,6 МПа, во второй – вращающимся ротором. **Чеканку** выполняют наклепом поверхностей деталей (галтелей коленчатых валов, зубчатых колес и сварных швов) ударами специальных бойков. В поверхностном слое создаются высокие напряжения сжатия. Твердость возрастает на 30...50%.

1. 3 Лекция № 3-4 (4 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение ручной сваркой и наплавкой»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Особенности ручной сварки и наплавки.
2. Электродуговая сварка и наплавка.
3. Газовая сварка и наплавка
4. Сварка и наплавка черных металлов.
5. Сварка и наплавка цветных металлов

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Особенности ручной сварки и наплавки.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений твердых металлов посредством установления межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном нагреве или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Наплавка – разновидность сварки и представляет собой процесс нанесения слоя металла на поверхность изделия.

Сварка и наплавка при распределении работ по методам восстановления занимают 70% всего объема.

Согласно ГОСТ 19521 сварку и наплавку металлов классифицируют по физическим, техническим и технологическим признакам.

К *физическими признаками* относят форму вводимой энергии, наличие давления и вид инструмента как носителя энергии.

К *техническим признакам* относят способ защиты зоны сварки, непрерывность процесса и степень механизации.

По *технологическим признакам* сварка может быть дуговая, газовая, термитная, электрошлаковая, плазменная, электронно – лучевая, лазерная, контактная, диффузионная, газопрессовая, ультразвуковая, взрывом, трением и холодная.

2. Электродуговая сварка и наплавка.

При помощи электро – дуговой сварки можно получить слой наплавленного металла различной высоты, ширины, химического состава и с различными теплофизическими свойствами.

Впервые свойство электро – дугового разряда было открыто академиком В.В. Петровым в 1802 году. В 1882 г. русский инженер Н.Н. Бернадос применил электрическую дугу для целей плавления и сварки металла неплавящимся (угольным) электродом. В 1888 году инженер Н.Г. Славянов была изобретена дуговая сварка плавящимся металлическим электродом.

Окисление металла приводит к снижению механических свойств сварочного шва. Поглощение азота вызывает образование нитридов железа, марганца, что увеличивает прочность шва (σ_b и σ_t), но резко уменьшает ударную вязкость (a_k).

Основная характеристика плавления электрода — линейная скорость его плавления в единицу времени, обусловленная составом электрода, покрытием, режимом сварки, плотностью и полярностью тока.

Коэффициент расплавления: [г/А·ч]

$$\alpha_p = \frac{Q_p}{I \cdot t}$$

Коэффициент наплавки: [г/А·ч]

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{I \cdot t}$$

$\alpha_p > \alpha_n$ на 3...5 [г/А·ч]

$\alpha_n = 3 \dots 12$ [г/А·ч] – зависит от марки электрода

Напряжения и деформации при сварке и наплавке

Напряжения, существующие после окончания сварки или наплавки и полного остывания детали, называют *остаточными сварочными напряжениями*.

Различают сварочные напряжения трех родов: линейные, действующие только по одной оси в одном направлении; плоскостные, или двухосные; объемные, или трехосные.

По направлению действия различают следующие напряжения: продольные и поперечные, расположенные перпендикулярно к оси сварочного шва.

Деформации бывают временные, существующие только во время проведения сварочных работ, и остаточные, которые остаются после остывания деталей.

По расположению в шве дефекты бывают наружные и внутренние.

К *наружным дефектам* относят продольные и поперечные горячие и холодные трещины, подрезы, кратеры, остатки шлака, неровная поверхность шва, наплывы и др.

Горячие трещины образуются в процессе сварки углеродистых сталей при температуре 1200...1350° С. На образование трещин влияют вредные примеси (углерода, кремния, серы, фосфора и водорода) в металле валика. При наличии в сварочном шве полезных примесей (марганца, никеля и хрома) уменьшается вероятность появления горячих трещин. Чтобы снизить образование трещин, перед сваркой детали нужно нагреть до температуры 150...700° С. Температура зависит от химического состава наплавляемого металла.

Холодные трещины возникают при температуре ниже 400°С.

Их делят на закалочные и хрупкие.

Закалочные трещины образуются на границе сплавления в средне- и высоколегированных сталях перлитного и мартенситного классов вследствие того, что объем металла увеличивается и имеют место структурные напряжения.

Хрупкие трещины появляются в наплавленном слое при его быстром охлаждении. Они распространяются из наплавленного металла в основном с большой скоростью (1200...1800 м/с).

Подрез характеризуется наличием канавки у края шва. Он получается при сварке током большой силы или горелкой большой мощности.

Кратеры (незаплавленные углубления), остатки шлака и неровные поверхности шва образуются в результате работы сварщика низкой квалификации.

Наплывы происходят при слишком быстром плавлении электрода и недостаточном нагреве свариваемого металла.

К внутренним дефектам относят непровар корня шва или его кромки, поры, шлаковые включения, пережог металла шва и др.

Непровар характеризуется плохим сцеплением или даже отсутствием сцепления наплавленного металла с основным. Этот дефект получается при недостаточном прогреве свариваемого или наплавляемого металла, малом угле разделки трещины, малом токе или малой мощности горелки, а также из-за большой скорости сварки.

Поры возникают только на границе раздела фаз твердого и жидкого металла, что объясняется наличием в нем пузырьков газа CO, CO₂, H₂ и др. Они образуются при большой влажности электродов или неправильной регулировке газовой горелки, плохой очистке свариваемых и наплавляемых поверхностей от масла, грязи и окалины.

Шлаковые включения образуются при сварке длинной дугой или окислительным пламенем.

Пережог представляет собой окисленный крупнозернистый металл шва вследствие применения тока большой силы, медленного перемещения электрода или горелки.

3. Газовая сварка и наплавка.

Газовая (кислородная) сварка – технологический процесс соединения металлических заготовок за счёт плавления высокотемпературным газовым пламенем.

Горючие газы:

ацетилен;
водород;
природный газ;
сланцевый газ;
нефтяной газ;
пиролизный газ;
пропан;
бутан;

а также пары бензина и керосина.

Наиболее эффективным является ацетилен (C₂H₂), дающий более высокую температуру пламени (3200 °C), что обеспечивает лучшее качество производительность труда. Газокислородное пламя обеспечивает меньшую интенсивность нагрева, чем электрическая дуга. Металл нагревается медленнее, управлять процессом легче, но ЗТВ получается шире.

Область применения:

-изготовление изделий из тонкого листа, труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей (толщина от 0,2 до 5 мм);
-сварка чугуна, бронзы и других цветных металлов;
-исправление дефектов чугунного и бронзового литья;
-наплавочные работы;
-ремонтные работы в полевых условиях, внутри помещений: при сварке труб, кабин и других тонкостенных изделий.

Основные недостатки газовой сварки:

-меньшая производительность, чем при электродуговой сварке;
-меньшая экономичность;
-большие деформации основного металла;
-перегрев и крупное зерно в сварном соединении.

13.1.2. Материалы для газовой сварки.

Кислород – при комнатной температуре представляет собой газ без цвета и запаха. При сгорании горючих газов в смеси с кислородом, по сравнению со смесью «газ – воздух», температура пламени значительно повышается. Технический газообразный кислород имеет чистоту от 99,7% (1 сорт) до 99,2% (3 сорт), т.е. содержит примеси азота и аргона до 0,8%.

Температура кипения кислорода при нормальном атмосферном давлении – минус 183 °C. Из 1 л жидкого кислорода при испарении получается 790 л газообразного.

В промышленности получают кислород электролизом воды или воздуха (в котором по объёму кислорода около 21%). Воздух сжижают при температуре минус 194,5 °C, а затем ректифицируют – разделяют на азот (T_{кипения}=-196 °C) и на кислород. Полученный жидкий кислород в теплообменнике превращается в газообразный и поступает в специальный резервуар – газгольдер. Затем компрессором закачивается в специальные баллоны (Р=15МПа, U'=40л).

Для снижения высокого давления кислорода (от 15 МПа) применяют кислородные редукторы, обеспечивающие для сварки $P_p=0,3\pm0,1$ МПа и для газовой резки $P_p=1,3\pm0,1$ МПа

При соприкосновении с кислородом воспламеняются органические вещества: масло, жиры!

Ацетилен. Химически чистый - бесцветный газ со слабым эфирным запахом. Технический ацетилен загрязнён сероводородом, аммиаком и имеет неприятный резкий запах.

Он легче воздуха и кислорода. Переходит в жидкое состояние при нормальных условиях при температуре минус 84 °C, а при температуре минус 85 °C – затвердевает.

Ацетилен единственный широко применяемый газ, горение которого и взрыв возможны в отсутствии кислорода (других окислителей). Взрывоопасны смеси ацетилена с кислородом или с воздухом в широком диапазоне концентраций (примерно от 2 до 90%). Ацетилен взрывается при длительном соприкосновении с медью и серебром при нагреве.

Получают ацетилен разлагая карбид кальция водой



Из 1 кг технического карбида образуется до 300 л газа. Карбид кальция – гранулированное вещество темно-серого или коричневого цвета, транспортируется в стальных плотно закрытых барабанах (по 50 – 130 кг).

Получают его в электродуговых печах сплавлением кокса или антрацита с известняком $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Затем дробят до размеров 2-120 мм.

Ацетилен получают либо на посту сварки в ацетиленовом генераторе, либо на заводах с последующей доставкой в баллонах. Ацетилен хорошо растворяется в ацетоне при $P=0,1$ МПа (в соотношении 23:1), с повышением давления растворимость повышается. В растворённом состоянии C_2H_2 не взрывается при $P=1,6$, а при наличии пористой массы – при P до 2 – 2,5 МПа. Поэтому ацетиленовые баллоны предварительно заполняют пропитанным в ацетоне пористым материалом (пемза, берёзовый активированный уголь, литые пористые массы), а затем ацетиленом под давлением 1,9 МПа. Остаточное давление в баллоне не должно быть меньше 0,05-0,1 МПа ($1\text{kgs}/\text{cm}^2$).

13.1.3. Оборудование для газовой сварки

Баллоны

Кислородные баллоны цельнотянутые из легированной стали. Вместимость 40 л (dm^3), или до 8 кг (6 m^3) кислорода. Окраска - голубой или синий цвет и чёрная надпись «кислород».

Ацетиленовые баллоны тоже цельнотянутые. Вместимость 40 л. Среднее количество растворённого в ацетоне ацетилена 5,5 m^2 или 6 кг. Максимальный отбор газа из баллона с пористой массой 1,0, а с литой – 1,5 $\text{m}^3/\text{ч}$. Окраска баллона белая с красной надписью.

Баллоны для пропан - бутана изготавливают сварными. Газ в них сжиженный. Для пропана $P=1,6$ МПа, для бутана 0,45 МПа. Окраска красная, надпись белая.

Горелки – основной рабочий инструмент для газовой сварки, пайки, наплавки и нагрева. Горелка должна обеспечивать смешивание газов в некотором их соотношении, устойчивое поддержание пламени и регулирование его.

Существует два основных вида горелок: инжекторные и безинжекторные (равного давления). В инжекторных горелках подача горючего газа низкого давления (от 0,001 МПа) в смесительную камеру происходит за счёт подсоса (инжекции) его струёй кислорода, вырывающегося с большой (около 300 м/с) скоростью из инжектора.

Горелка универсальная средней мощности типа ГЗ-03 позволяет сваривать сталь толщиной S от 0,5 до 30 мм. Снабжается семью сменными наконечниками.

Г2-04 – горелка малой мощности: $S = 0,2 - 7$ мм, имеет 5 наконечников.

ГС-1 – горелка микромощности.

Безинжекторная. Для пайки и ювелирных работ, $S = 0,05 - 0,6$ мм.

Горелки специализированные: для сварки пластмасс, для пайки и др. работ (рис 84).

КГС – 1-02 – газосварочный комплект (рис 85) включает огневую аппаратуру для сварки заготовок толщиной до 7 мм и разделительной резки металла толщиной до 50 мм.

13.1.4. Газосварочное пламя.

Широко используется ацетилено – кислородное пламя, но применяется и пламя газов заменителей ацетилена. Особенности его представлены на рис.86.

Для полного сгорания одного объёма ацетилена нужно 2,5 объёма кислорода.

В горелку подают 1,0-1,5, остальной кислород поступает из окружающего воздуха.

В зависимости от соотношения кислорода и ацетилена различают три вида пламени:

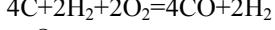
- нормальное или восстановительное, при соотношении $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2=1,1-1,2$;
- окислительное, с избытком кислорода, соотношение $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2=1,3-1,5$;
- науглероживающее – при соотношении газов 0,8-1,5.

Первая зона – ядро пламени – ярко свящающийся, чётко очерченный закруглён- ный конус; здесь происходит экзотермический распад ацетилена на составные части
 $2\text{C}_2\text{H}_2+2\text{O}_2=4\text{C}+2\text{H}_2+2\text{O}_2+\text{Q}$

Раскалившиеся частицы углерода вызывают яркое свечение зоны. Длина ядра зависит от скорости

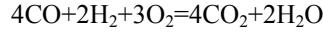
истечения смеси из горелки.

Вторая зона – восстановительная, она темнее ядра, длиной до 20 мм (в зависимости от наконечника). В этой зоне на расстоянии 2-6 мм от ядра, достигается максимальная температура. Здесь происходит неполное сгорание углерода



Оксид углерода и водород защищают сварочную ванну от азота и кислорода воздуха. Они могут восстанавливать окислы, в том числе и окислы железа.

В третьей окислительной зоне (факел) происходит сгорание окиси углерода и водорода за счёт кислорода воздуха



Газообразные продукты этой зоны, углекислый газ и пары воды, имеют окислительную способность. Однако они препятствуют контакту расплавленного металла с воздухом.

Нормальное пламя способствует раскислению металла сварочной ванны и получению качественного шва. Применяют для сварки низкоуглеродистых сталей, бронзы, алюминия.

Окислительное пламя имеет укороченное заострённое ядро с нечётким очертанием. Пламя имеет бледную голубоватую окраску и более высокую температуру (Кривая «а» на рисунке 87). Применяют для сварки латуни: на поверхности ванны образуется плёнка тугоплавкого оксида цинка, уменьшающая дальнейшее выгорание и испарение цинка.

Науглероживающее пламя: ядро удлиняется, его очертания менее чётки, а на конце появляется зелёный венчик; восстановительная зона почти сливается с ядром; пламя имеет жёлтый цвет и удлинённый коптящий факел. Применяется для сварки чугуна и для наплавки твёрдых сплавов.

4. Сварка и наплавка черных металлов.

Сварка низкоуглеродистых сталей

2.1. Характеристика сталей

Углеродистая сталь широко применяется в машинах, оборудовании, строительных сооружениях. Температурная область применения от -40 до 425°C.

Механические и технологические свойства сталей в значительной степени зависят от их раскисленности.

Кипящие стали – раскислены только Mn, содержание Si меньше 0,05%.

Для них характерна повышенная неравномерность распределения S и P и хрупкость.

Спокойные стали получены полным раскислением Si, Mn, Al. Азот и кислород в них связаны Al. Дисперсность Ф-П-ой структуры повышена, повышена ударная вязкость. Прочность сталей закономерно возрастает с увеличением содержания углерода (см. таблицу).

В сварных соединениях из малоуглеродистых сталей Ф-П-я структура металлического шва и ЗТВ на отдельных участках может отличаться соотношением составляющих, дисперсностью и характером строения.

Феррит.

В зависимости от размера исходного зерна аустенита и условий охлаждения образуется:

полиэдрический – при медленном охлаждении;

игольчатый – при быстром охлаждении;

видманштеттовый – из крупнозернистого аустенита при относительно быстром охлаждении.

Перлит.

При различной Вохл. образуется собственно перлит, сорбит, троостит.

Таблица. Химический состав и прочность некоторых низкоуглеродистых сталей

Марка стали	Пределы содержания химических элементов, %			G _b , МПа
	C	Mn	Si	
Ст 3 кп	0,14 – 0,22	0,30 – 0,60	до 0,05	360-460
Ст 3 сп	0,14 – 0,22	0,40 – 0,65	0,15 – 0,30	380-490
Ст 3 Гпс	0,14 – 0,22	0,80 – 1,10	до 0,15	380-500
10	0,07 – 0,14	0,35 – 0,65	0,17 – 0,37	370
20	0,17 – 0,24	0,35-0,65	0,17 – 0,37	410

Технология сварки

Основные требования к сварным соединениям – обеспечение равнопрочности с основным металлом, и отсутствие дефектов. При соблюдении определенных условий низкоуглеродистые стали могут быть сварены всеми видами сварки. Кристаллизационные трещины возможны лишь при неблагоприятной форме провара

(угловые швы), тогда рекомендуется подогрев. При сварке толстостенных конструкций (Т от -10 до -20° С) возможна закалка .Поэтому необходим подогрев.

В зависимости от условий применяют электроды с покрытием различного типа, но стержень всегда из малоуглеродистой сварочной проволоки Св – 08; Св – 08А; Св – 08ГА.

Тип электрода: Э42, Э46 при сварке кипящих и полуспокойных сталей.

Э42А, Э46А – при сварке спокойных сталей.

Электроды с кислым покрытием (вид покрытия – А).

Марки: СМ- 5; ОММ – 5; ЦМ – 7. Род тока – любой.

Металл шва – полуспокойная сталь с повышенной (в сравнении с исходной) концентрацией O₂ и N₂; несколько повышенное содержание Si и Mn. Кремний предотвращает окисление углерода и тем самым – образование пор.

Электроды с кислым покрытием используются только для сварки низкоуглеродистых сталей кипящих и полуспокойных плавок.

Электроды с основным покрытием (вид п.Б).

Марки: УОНИ – 13/45; СМ – 11; ЦУ – 1; УОНИ – 13/55.

Ток постоянный, полярность обратная.

Металл шва хорошо раскислен, содержание водорода низкое, Mn много - низкая чувствительность к S; металл прочен и пластичен.

Применяется для сварки и низко -, и высокоуглеродистых сталей, рекомендуется для особо ответственных, жестких конструкций, толстостенных изделий .

Возможное образование пор:

- при наличии окалины на свариваемых кромках;
- сварка увлажненными электродами;
- сварка на длинной дуге – повышенное растворение азота в каплях.

Электроды с рутиновым покрытием (вид покрытия – Р)

Марки: АНО – 5; АНО – 6; МР – 3; ОЗС- 4 и другие.

Ток постоянный и переменный.

Содержание азота - среднее, кислорода – повышенное.

По механическим показателям металл занимает промежуточное положение в сравнении с металлом швов, полученных электродами с кислым и основным покрытием. При работе на повышенном токе наблюдается образование пор.

Отсыревшие электроды рекомендуется прокаливать при Т=180-200 °С в течение 1 часа и использовать через сутки.

Электроды с целлюлозным покрытием (вид покрытия Ц).

Марки: ВСЦ – 2; ВСЦ – 4; ВСЦ- 4А; ОМА- 2.

Обеспечивают преимущественно газовую защиту сварочной ванны.

Металл шва по химическому составу соответствует полуспокойной стали, содержащей O₂ = 0,04-0,10; N₂=0,01-0,02% .

Рекомендуются для сварки тонкого металла, первого слоя шва без подкладки.

Сварка средне - и высокоуглеродистых сталей

Среднеуглеродистые стали

Стали, содержащие углерода от 0,25 до 0,30% – конструкционные 25 и 30 и общего назначения Ст4 (С до 0,27%)-свариваются удовлетворительно; стали 35,40 и Ст5 (С до 0,37%)- ограниченно.

Электроды: Э42 А, Э46А или Э50А.

Диаметр электрода d₃=4-5мм. Ток пониженный, постоянный обратной полярности (меньше проплавление). В шве содержание углерода 0,10-0,15%С, для обеспечения равнопрочности он легируется Si и Mn (за счет покрытия).

Хорошее качество сварки обеспечивает комплекс мер:

1. Подготовка к сварке: очистка, обработка кромок (при S от 5мм), закрепление прихватками.
2. Соблюдение режимов сварки
3. Применение специальных технологических приемов.

Многослойная сварка

При S>15мм. Горкой, каскадом или блоками (рис. 98)

При сварке «горкой» наплавляют первый слой длиной до 300 мм от середины разделки кромок, второй слой – от середины по шву и далее по разделке, аналогично выполняется и третий (длиннее предыдущего на 200-300 мм) и т.д.

Для уменьшения тепловложения, например, при сварке коррозионностойких сталей, разделку заполняют узкими валиками; если перегрев стали допустим, то можно прокладывать широкие слои.

Стали 25 и Ст4 при S до15мм – сваривают без подогрева. С большими показателями (С,% и S)- предварительный и сопутствующий подогрев до 120-150°C.

Дополнительные особенности:

- дугу зажигать только по линии шва;
- не допускать пересечения швов, незаваренных кратеров;
- прокладывать отжигающий валик;
- замедлять $V_{\text{охл}}$ (обмотка стыка асбестом).

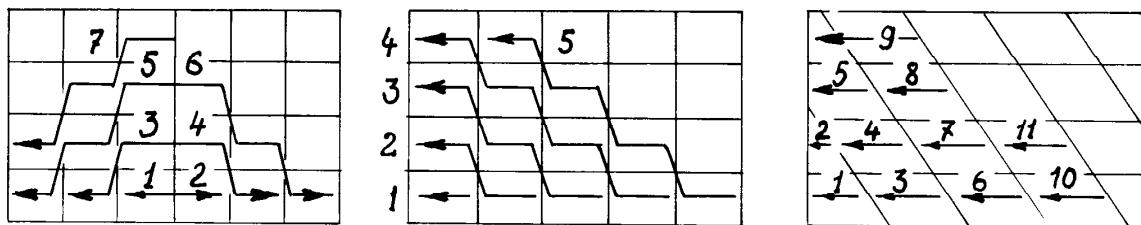


Рис.98. Многослойная сварка горкой, каскадом и блоками

Сварка высокоуглеродистых сталей

Стали 45, 50, 60, литейные с содержанием углерода до 0,7% и Ст6 (0,38 – 0,49 C%) свариваются плохо

При сварке следует придерживаться правил, предусмотренных для среднеуглеродистых сталей. Обязателен предварительный и сопутствующий подогрев до более высокой температуры – 350 – 400 °C и последующая термическая обработка.

Хорошие результаты дает сварка узкими короткими валиками с охлаждением каждого слоя.

3.1.3 Сварка легированных сталей

Характеристика сталей.

Низколегированные – до 2,5% легирующих элементов;

Среднелегированные – 2,5 – 10 %;

Высоколегированные – от 10 до 50%.

Считают легирующими: марганец при концентрации более 1%, кремний, при концентрации более 0,8%.

Таблица. Рекомендуемые для сварки электроды

Марка стали	σ_b , МПа	Электроды	
		тип	марка
09Г2С 10Г2 10ХСНД 14Г2	450	Э46А	УОНИ – 13 /45, СМ - 11
		Э50А	УОНИ – 13/55, АНО – 11, К- 5А
15ХСНД 16ГС, 17ГС 16ГФР	650	Э55	УОНИ - 13/55 У

Низколегированные стали имеют прочность после нормализации или закалки от 450 до 650 МПа (см. таблицу). Это в основном строительные стали.

Особенности сварки низколегированных сталей.

Стали 09Г2С, 10Г2 и другие сваривают практически как низкоуглеродистые. Они не закаливаются и не склонны к перегреву.

Стали 15ХСНД, 16ГС и другие с содержанием углерода до 0,18% имеют склонность к образованию закалочных структур и перегреву в ЗТВ. Сваривают электродом d до 4-5 мм, в несколько слоев; при $S > 15\text{мм}$ «блоками», «каскадом» или «горкой».

Имеется особая группа высокопрочных сталей, отнесенных к низколегированным конструкционным: 14Х2ГМ; 14Х2ГМРБ; 14ХМНДФР, с содержанием легирующих элементов 3 – 5% и прочностью $\sigma_b=650 – 850$ МПа.

Высокопрочные стали обладают удовлетворительной свариваемостью. Низкое содержание углерода приводит к образованию при охлаждении БЕЙНИТА или РЕЕЧНОГО МАРТЕНСИТА, т.к. распад аустенита идет при $T > 350$ °C – напряжения

низкие, ХТ образуются редко. Рекомендуются для сварки электроды типа Э70 марки АНП-2 с основным покрытием.

Требования к подготовке, сборке, технике сварки ужесточены:

- тщательная подготовка и очистка кромок шириной от 20мм;
- надрезы, царапины зачистить шлифовальным кругом на глубину 0,2-0,3мм;
- установка выводных планок в конце и в начале стыкового соединения;
- предварительный подогрев толстых ($S > 20\text{мм}$) изделий до 60-100 °C, при отрицательных температурах подогрев до 100-120°C.

Сварка среднелегированных сталей.

Стали типа 25ХГСА; 30Х2Н2М машиностроительные нормализованные или закаленные Gb=900-1300МПа. Сварка их затруднена вследствие склонности к образованию закалочных структур.

Повышенное содержание углерода снижает T^0 мартенситного превращения, способствует образованию малопластичного игольчатого мартенсита. Кроме того, с увеличением содержания углерода увеличивается объем мартенсита.

Наличие легирующих элементов формирует у места сплавления высокотемпературную химическую микронеоднородность (ВХМН), что вызывает склонность к образованию трещин. Таким образом, стали склонны к образованию ГТ, и ХТ.

Во избежание образования ХТ:

- в деталях должны быть предусмотрены плавные конструктивные переходы, закругления;
- замедляют ВоХ сварного соединения за счет подогрева;
- применяют сборочные приспособления, обеспечивающие свободную усадку швов.

Подогрев для сталей типа 30ХГСА (при $S > 3\text{мм}$ и $T = 5-15^\circ\text{C}$) до 200-300°C.

Сразу после сварки - высокий отпуск. Разупрочнение ЗТВ требует выполнения общей закалки изделия.

Сварку ведут электродами с основным покрытием. Тип электрода Э85 (марка УОИИ-13/85); Э100 (ВИ-10-6); Э125 (НИАТ-3М) и другие.

.Высоколегированные стали

Высоколегированные - это стали специального назначения: нержавеющие, жаропрочные, кислотостойкие и так далее.

Особенности: они обладают повышенным (до 1,5 раза) коэффициентом линейного расширения и пониженным (до 2 раз) коэффициентом теплопроводности в сравнении с низколегированными сталью. Большинство из них склонно к образованию трещин (и горячих, и холодных). Кроме того, при сварке поверхность их нужно предохранять от брызг металла и шлака (иначе – корродирование и концентрация напряжений). С этой целью на поверхность наносят кремнийорганический лак, грунт типа ВЛ – 02.

Важная отличительная особенность. Электроды должны иметь стержни и покрытия, обеспечивающие получение наплавленного металла, близкого по составу к основному. Легирующие элементы введены в металл электрода. Тип электрода указывает на состав металла шва; например, свариваемая сталь 12Х13, тип электрода Э12Х13, марка УОНИ – 10Х13; сталь 15Х11 ВМФ, тип электрода Э12Х11НМВФ, марка КТИ – 10. Ток постоянный, полярность обратная.

Способы сварки чугуна

В зависимости от конструктивных и технологических требований, предъявляемых к изделиям сваривают их дуговой, газовой, термитной сваркой или заливкой жидким чугуном. Технологические процессы могут быть выполнены сваркой, низкотемпературной пайко-сваркой (без расплавления основного металла), с образованием ванны большого размера; вручную или механизированным способом.

По температурному состоянию свариваемого изделия:

1. Горячая сварка – с предварительным нагревом до 650 °C;
2. Полугорячая сварка с полным или местным подогревом до температуры 300 °C;
3. Холодная сварка – без подогрева изделия.

Эксплуатационное назначение изделия, требования к обрабатываемости определяют выбор присадочного материала.

В зависимости от массы и габаритов восстанавливаемых изделий рекомендуются следующие способы и технологические особенности сварки:

1. Мелкие детали (тракторов, автомобилей, машин и оборудования) - газовая сварка с общим предварительным нагревом и применением чугунной присадки
2. Детали средних габаритов и массы (от 100 до 1000 кг):
 - общий подогрев, дуговая сварка с применением чугунной присадки;
 - холодная дуговая сварка стальными электродами с постановкой стальных шпилек;
 - при наличии обрабатываемых скользящих поверхностей – сварка железоникелевыми электродами.
3. Крупные изделия (станины, рамы, корпуса) – холодная сварка стальными электродами с постановкой шпилек и вваркой в шов поперечных стальных связей, при небольших разрушениях применяют железоникелевые или медно-железные электроды; при заварке пробоин в стенках применяют стальные заплаты (рис.99) с отбортованными краями (для облегчения усадки).

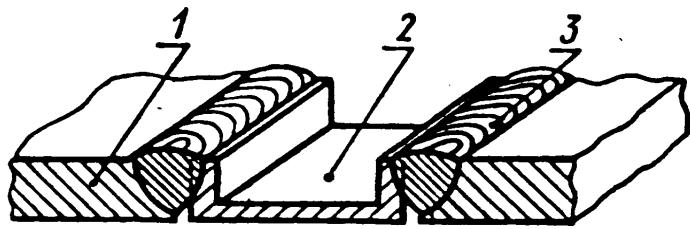


Рис.99. Схема заварки пробоины:

- 1-деталь;
- 2- стальная вставка;
- 3-шов

Горячая сварка чугуна

Область применения:

- обрабатываемые рабочие и нерабочие поверхности;
- сквозные дефекты деталей;
- крупные дефекты.

Способы сварки:

- ручная дуговая чугунными электродами;
- механизированная дуговая порошковыми проволоками;
- полуавтоматическая порошковой проволокой с использованием керамических стержней;
- газовая с чугунной присадкой;

Ручная дуговая сварка чугунными электродами

Применяется для исправления крупных дефектов.

Подготовка – зачистка и разделка полости.

Формовка. Чугун жидкотекуч, а масса сварочной ванны может составлять несколько килограммов. Для предотвращения вытекания металла и придания наплавленному металлу нужной формы формуют завариваемую полость с помощью графитных пластин и формовочной массы, а при больших размерах дефектов - в опоках формовочными смесями.

Нагрев. Общий равномерный нагрев - при расположении дефекта в жестком контуре, а также во избежание возникновения напряжений. Местный нагрев – рекомендуется, если дефект в нежестком контуре и допустимо некоторое коробление изделия. Мелкие детали подогревают до 200-500, крупногабаритные – до 650 °C.

Сварка. Большая сварочная ванна (площадью до 50-60 кв. см.) обеспечивает удаление из расплава газов и неметаллических включений.

Электроды чугунные диаметром от 8 до 16 мм марок ОМЧ, ВЧ-3, МЧ-1 (стержни марок А и Б), при силе тока от 600 до 1800 А. Источники тока: ВДМ-1601, ВДУ-1201, ТДФ-1601 и другие. Можно заваривать дефекты угольными электродами диаметром 8-12 мм, ток переменный или постоянный (прямая полярность) от 180 до 600А. Присадочный материал- стержни марок А и Б, флюс – бура или смесь буры и соды (по50%).

Охлаждение. Медленное охлаждение (например, вместе с печью или под слоем мелкого древесного угля) исключает возникновение больших остаточных напряжений и трещин, а также появление структур отбелы и закалки.

Газовая сварка

Для исправления дефектов небольших и средних размеров (пл. до 100 кв. см) с применением присадочных чугунных прутков: А и Б или I и II, дающих ферритную структуру наплавленного металла.

Прутки марок I и А используются для сварки крупногабаритных отливок с общим подогревом до 500-700°C, а марок II и Б – для деталей сложного профиля с тонкими стенками и местным подогревом до 300-400°C (полугорячая сварка).

Местный нагрев осуществляется в горнах (на коксовом угле), пламенными горелками, паяльными лампами. Общий нагрев – в коксовых горнах, нагревательных ямных печах (единичные работы); в сдвоенных камерных печах, печах с выдвижным подом (мелкосерийное производство).

Сварка производится нормальным пламенем или с небольшим избытком ацетилена. Излишек ацетилена вызывает пористость. Окисляющее пламя и медленная сварка – образуют много оксидов, шлаковых включений.

Можно применить газы-заменители ацетилена, специальные горелки типа ГЗУ или универсальные Г2 и Г3 с наконечниками на один номер больше, чем при ацетилено-кислородной сварке. Расход газа 60-70 л/ч пропан-бутана или 100-120 л/ч ацетилена на 1мм толщины изделия.

При использовании газов-заменителей в 2-3 раза увеличивается расход кислорода, требуется высокая квалификация сварщика (зоны пламени выражены нечетко).

При горячей газовой сварке обязательно применение флюсов. Флюсы предотвращают окисление кромок твердого металла, извлекают оксиды и неметаллические включения из ванны, способствуют образованию шлакового защитного слоя на поверхности ванны.

Флюсы улучшают также смачивание поверхности основного металла жидким расплавом.

Флюсы:

1. бура техническая плавленая, прокаленная ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$);
2. бура и двууглекислый натрий (по 50%).

Холодная сварка чугугна

Холодную сварку применяют, когда трудно или экономически нецелесообразно выполнять горячую сварку с подогревом. Сварку ведут различными электродами: чугунными, из никелевого аустенитного чугуна; стальными со специальным покрытием или без него; медными (из монель - металла); комбинированными.

Сварка чугунными электродами

Применяется для исправления дефектов чугунного литья прутками марок А и Б на постоянном или переменном токе. Металл шва по химическому составу близок к основному металлу. Однако по шву и в ЗТВ металл «отбеливается», что затрудняет последующую механическую обработку.

Электроды из специальных никелевых чугунов дают хорошо обрабатываемый металл. При этом сваривают (заваривают) в несколько слоев с возвратно-поступательным движением электрода. Основной недостаток - низкая стойкость металла шва против трещин.

Сварка стальными электродами с постановкой штилек

Применяется для разгрузки металла шва от напряжений или повышения прочности (сварные соединения в крупногабаритных изделиях, работающих под нагрузкой).

5. Сварка и наплавка цветных металлов

Особенности сварки

Особенности сварки цветных металлов и сплавов обусловлены их физико-химическими и механическими свойствами: большой окисляемостью и газопоглащающей способностью, высокой теплопроводностью и большой теплоёмкостью, низкой температурой плавления и высоким коэффициентом линейного расширения.

Повышенная окисляемость с образованием тугоплавких оксидов затрудняет процесс сварки, загрязняет сварочную ванну оксидами, снижает механические свойства шва.

Высокая теплопроводность и теплоёмкость вызывают необходимость большего тепловложения и предварительного подогрева изделия. Большая литейная усадка приводит к повышению сварочных напряжений, деформации образованию трещин. Из-за низких температур плавления легко перегреть металл, что вызывает охрупчивание его. Всё это требует строгого соблюдения технологического процесса сварки.

Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий и его сплавы сваривают с помощью электродуговой, электрошлаковой, аргонодуговой и газовой сварки. Перед сваркой обязательна подготовка изделия, а также сварочной проволоки (электродов).

Поверхность металла обезжирают растворителями: бензином, ацетоном или другими растворами; затем удаляют оксидную плёнку механической зачисткой или химическим травлением с последующей промывкой. В процессе сварки окислы удаляются с помощью флюсов или покрытий, а при дуговой сварке в инертных газах на переменном токе или постоянном обратной полярности - за счет эффекта катодного распыления.

При толщине S листов до 2мм кромки отбартовывают, при S от 5 до 15мм применяют U-образную разделку. Детали со стенками толще 20-25мм подогревают до 300-400 °C, силуминовое литье – до 250-300 °C.

Для предупреждения протекания жидкого металла в зазор устанавливают подкладки: остающиеся (полоски шириной 10-15мм и S до 2 мм) или съёмные из нержавеющей или углеродистой стали. В последних делают канавки глубиной до 2мм и шириной 5-10мм.

Ручная электродуговая сварка

Ручная сварка угольным или графитным электродами применяется для неответственных изделий. Ток постоянный, полярность прямая. Конец электрода затачивают на конус под углом 60-70°. Флюсы, как и для газовой сварки, хлористые или фтористые. Для большинства деформируемых сплавов применяют присадочный сплав АК. Приёмы сварки те же, что и для стали.

Ручная сварка покрытыми электродами применяется для технически чистого алюминия, сплавов АМц и АМг, содержащих не более 5% магния, а так же силуминовых деталей. Ток постоянный, полярность обратная. Сила тока $I \approx 60d_s$. При этом диаметр электрода $d_s = 4-10\text{мм}$.

Материал стержней чаще берут идентичный составу основного металла. Так при сварке алюминия, берут стержни из алюминия или сплава АК с покрытиями АФ-1, №1и5. Для сварки дюралюминия, не требующего последующей термической обработки, применяются дюралюминиевые или алюминиевые электроды; сплав типа АМц сваривают таким же материалом, а силумины - силуминовыми стержнями (АК5, АЛ4, АЛ5).

Газовая сварка

Газовая сварка малоэффективна и используется для малонагруженных деталей. Основной недостаток – применение флюсов. Пламя должно быть строго нейтральным (избыток кислорода вызывает интенсивное окисление металла, избыток ацетилена – увеличение пористости). Мощность горелки принимают из расчёта 100 л/ч на 1мм толщины изделия, диаметр присадочной проволоки при $S=1,5-10\text{мм}$ составляет 2-5мм. Флюсы применяют порошковые или в виде пасты.

Сварка в инертных газах

Защитные газы – аргон и гелий – применяются в чистом виде или в виде смеси в любом соотношении. Гелий значительно дороже аргона, поэтому применяется реже, он легче воздуха (больше расходу), но мощность дуги больше. Предпочтителен при автоматической сварке.

Для сварки используют плавящиеся и неплавящиеся электроды; ручной, механизированный и автоматический способы.

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом со сварочной проволокой (химического состава близкого к составу свариваемого материала) или без проволоки. Ток переменный. Сварка ручная или автоматическая. Процесс незаменим при сварке малых толщин (0,5-2,5мм) при ручном способе благодаря высокой устойчивости. Сваркой вольфрамовым электродом получают швы с высокими механическими свойствами, так предел прочности σ_b сварного шва из сплава АМг6 достигает 300-320 МПа (коэффициент прочности 0,9-0,95).

Плавящимся электродом чаще сваривают толстостенные изделия ($S > 4\text{мм}$). Ток постоянный, полярность обратная, источник с жесткой или возрастающей характеристикой. Сварка механизированная или автоматическая. Процесс выполняют «на весу» или на подкладке.

Сварка меди и ее сплавов.

Свариваемость меди в значительной степени зависит от ее чистоты. Самой лучшей свариваемостью обладает электролитическая медь, содержащая до 0,4% примесей. Содержание кислорода не должно превышать 0,01-0,03%, висмута - 0,003% и свинца 0,03% (последние способствуют возникновению кристаллизационных трещин). Образующаяся при сварке закись Cu_2O , реагируя с водородом, приводит к образованию водяного пара, пористости, растрескиванию шва. Закись меди способствует охрупчиванию металла сварного соединения, т.к. образует с медью легкоплавкую эвтектику.

Для сварки меди разработаны различные способы.

Сварка в защитных газах.

Наиболее распространен способ сварки вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в среде аргона (применяют также гелий и азот). Аргон должен быть высокой чистоты. Изделия с $S > 4\text{мм}$ сваривают на медной подкладке с предварительным подогревом до 550°C.

Электродная проволока (d от 1 до 6 мм) из бронзы БРХ07 или КМц3-1, а также меди М1, М2, М3. Сварку плавящимся электродом ведут на постоянном токе до 400A обратной полярности.

Ручная дуговая сварка меди

Выполняется металлическими и угольными электродами. Металлические электроды изготавливают из меди М1-М3, бронзы Бр КМц3-1 с покрытием 3Т, Бр ОФ 4-0,3; латуни Л90. Сварка короткой дугой на постоянном токе обратной полярности. При толщине металла 5-10 мм его предварительно подогревают до 300°C. Ручная дуговая сварка угольным (или графитовым) электродом используется для малонагруженных изделий. Присадочные прутки из меди и бронзы тех же марок. Ток постоянный, прямая полярность, дуга длинная (35-40мм). Для улучшения процесса применяют флюсы, которые наносят на свариваемую проволоку и подсыпают в разделку.

Газовая сварка.

Газовая сварка широко распространена. Сварку выполняют строго нормальным пламенем, мощность выбирают из расчета 200 л/ч ацетилена на 1 мм толщины. При сварке S до 5 мм присадочные прутки медные, при большей толщине в проволоке должно быть 0,2 фосфора и 0,15-0,3% кремния или только 0,2 – 0,7% фосфора. Сварка должна проводится в один слой и быстро во избежание образования пор и роста зерна.

Медь и её сплавы сваривают также автоматическим способом под флюсом.

После сварки меди любым способом швы проковывают, при $S > 5\text{мм}$ в горячем состоянии (при 250- 300°C). Для повышения пластичности – отжигают T : нагрев до 500-600 °C и охлаждение в воде.

Особенности сварки латуни.

В процессе сварки значительное количество цинка испаряется и сгорает, что ухудшает качество шва. Кроме того, пары цинка ядовиты, поэтому должна быть хорошая вентиляция и обязательно применение респираторов.

Латунь сваривают ручной и автоматической дуговой сваркой; газовой и в среде защитных газов. Присадочные материалы – латунь и бронза.

16.2. Наплавка металлов

Наплавка-процесс нанесения слоя расплавленного металла на поверхность детали.

Основная схема: химические связи формируются благодаря наличию ванны жидкого металла – наплавляемого и основного (частично оплавленной детали)

Применимы все способы сварки.

Вторая схема: расплавляется наплавляемый металл, а поверхность детали нагревается до температуры смачивания.

Цель наплавки – повышение механических и физических свойств металла в определённом месте изделия или восстановление изношенной поверхности детали, а также получение особого поверхностного слоя новой детали.

Материалы наплавочные: литые керамические и порошковые твёрдые сплавы содержащие карбиды Mn, Cr, W, Ti и др.

Толщина наплавленного слоя от 0,2 до 2 мм, иногда до 10 мм.

Проплавление основного металла и перемешивание его с наплавленным металлом должно быть минимальным для сохранения механических свойств наплавляемого слоя.

Способы наплавки различны. Чаще – электродуговые.

Ручная дуговая наплавка металлическими электродами.

Простой способ. Можно наплавлять детали любой формы. Наплавку ведут короткой дугой на минимальном токе.

Применяют:

- обычные покрытые электроды;
- специальные покрытые для наплавки;
- угольные электроды для наплавки порошковых смесей (восстанавливают ножи грейдеров, лапки культиваторов и т.д.)

Автоматическая дуговая наплавка под флюсом

С целью снижения доли основного металла m (при обычных режимах с электродной проволокой $m=0.45 \dots 0.65$) применяют многоэлектродную наплавку – несколько электродных проволок плавятся ближайшей дугой. При этом получают $m=0.2 \dots 0.3$.

Применение тонкой широкой ленты или поперечных колебаний электродной проволоки даёт $m=0.08 \dots 0.15$

1. 4 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение искровой механизированной наплавкой»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Дуговая наплавка под слоем флюса.
2. Вибродуговая наплавка.
3. Наплавка в среде углекислого газа.
4. Наплавка порошковой проволокой.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Дуговая наплавка под слоем флюса.

Преимущества:

можно повысить мощность сварочной дуги за счет увеличения допустимой плотности тока до $150 \dots 200 \text{ А}/\text{мм}^2$ (при ручной дуговой сварке плавящимся электродом не превышает $15 \dots 30 \text{ А}/\text{мм}^2$) без опасности перегрева электрода. Производительность сварочно-наплавочных работ повышается в $6 \dots 7$ раз по сравнению с ручной дуговой сваркой. Горение дуги под слоем флюса способствует резкому снижению теплообмена с

внешней средой, в результате чего удельный расход электроэнергии при наплавке металла уменьшается с 6...8 до 3...5 кВт·ч/кг. Значительно улучшаются условия формирования наплавленного металла и его химический состав. Так, содержание кислорода в наплавленном слое в 20 раз и более, а азота втрое ниже, чем при наплавке штучным электродом. При механизации процесса сокращаются потери электродного материала на разбрзгивание и огарки с 20...30 до 2..4 %, а также снижается влияние квалификации сварщика на качество сварочно-наплавочных работ.

В процессе наплавки можно в широких пределах изменять физико-механические свойства наплавленного металла за счет выбора соответствующих флюсов и электродных материалов.

Назначение и свойства флюса определяются составом входящих в него компонентов.

Шлакообразующие вещества (марганцевая руда, полевой шпат, кварц, плавиковый шпат и др.) образуют шлаковую корку, необходимую для защиты металла от окисления и улучшения формирования металла шва.

Раскисляющие и легирующие вещества (ферромарганец, ферротитан, феррохром, алюминий и др.) способствуют раскислению сварочной ванны и легированию ее соответствующими элементами.

Газообразующие вещества (крахмал, декстрин, древесная мука и т. д.) при нагреве разлагаются с выделением значительного количества газов (CO и CO₂), которые вытесняют воздух из зоны горения дуги.

Ионизирующие вещества (сода, поташ, диоксид титана) образуют легкоионизирующися газы, стабилизирующие горение дуги.

Различают плавленые и керамические флюсы, флюсосмеси и флюс – агломерат.

Плавленые флюсы приготовляют сплавлением в печах компонентов, входящих в их состав, с последующей грануляцией.

Керамические флюсы включают в себя ферросплавы с температурой плавления в 1,5...2,0 раза выше, чем остальные компоненты. Поэтому они не могут быть приготовлены сплавлением. Компоненты измельчаются, просеиваются и смешиваются в заданных пропорциях с добавлением связующего вещества (жидкого стекла). Полученная масса гранулируется, подсушивается и прокаливается при температуре 300...400 °C.

Флюсосмеси состоят из дешевого плавленого флюса с добавками чугунной стружки, графита и ферросплавов.

Флюс – агломерат применяют для устранения неравномерного распределения компонентов. Он состоит из 75...80 % ферросплава и 20...25 % жидкого стекла, что приводит к равенству насыпной массы ферросплава и флюса.

Выбор режима наплавки:

Сила сварочного тока, A:

$$I_{\text{св}} = 40 \sqrt[3]{D}$$

Напряжение источника питания, В:

$$U = 21 + 0,04 I_{\text{св}}$$

Коэффициент наплавки, г/(A·ч):

$$K_{\text{н}} = 2,3 + 0,065 \frac{I_{\text{св}}}{d}$$

Скорость наплавки, м/ч:

$$v_{\text{н}} = \frac{K_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{F \cdot \gamma \cdot 100}$$

Скорость подачи электродной проволоки:

$$v_3 = \frac{4K_H I_{CB}}{\pi d^2 \gamma}$$

где D – диаметр детали, мм;

d – диаметр электродной проволоки, мм;

F – площадь поперечного сечения наплавленного валика, см^2 (при $d=1,2\dots2,0$ мм $F=0,06\dots0,2 \text{ см}^2$);

γ – плотность металла шва, г/см^3 .

Вылет электрода, мм: $H = (10\dots15)d$.

Шаг наплавки, мм: $s = (2\dots2,5)d$.

Смещение электрода относительно зенита, мм:

$$a = (0,05\dots0,07)D.$$

При увеличении силы тока увеличивается глубина проплавления основного металла. Валик, при этом, будет узкий и высокий. При увеличении напряжения увеличивается подвижность дуги. Валик получается более широкий, но невысокий.

Наплавка происходит на постоянном токе обратной полярности (на деталь подается отрицательный потенциал, а на электрод – положительный), т.к. она способствует получению более высокой стабильности и качества процесса и при этом уменьшается нагрев детали

Недостатки способа:

- значительный нагрев деталей и возникновение их термических деформаций;
- вероятность прожога тонкостенных деталей;
- сложности, связанные с удалением шлаковой корки.

2. Вибродуговая наплавка.

Преимущества:

1. Высокая производительность (до 2,6 кг/ч);
2. Незначительный нагрев детали (до 100 °C);
3. Отсутствие существенных структурных изменений поверхности детали (зоны термического влияния при наплавке незакаленных деталей 0,6…1,5 мм и закаленных – 1,8…4,0 мм), что позволяет наплавлять детали малого диаметра (от 8 мм), не опасаясь их прожога или коробления.

Выбор режима наплавки:

Сила тока, А:

$$I = jF_{\text{эл}}$$

где j – плотность тока, А/мм^2 (для $d < 2,0$ мм $j = 60\dots75 \text{ А/мм}^2$; для $d > 2,0$ мм $j = 50\dots75 \text{ А/мм}^2$);

$F_{\text{эл}}$ – сечение электрода.

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч:

$$v_3 = \frac{0,1IU}{d^2}$$

Скорость наплавки, м/ч:

$$v_H = \frac{0,785d_3 v_3 \eta}{hsa}$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл ($\eta = 0,8\dots0,9$);

s – шаг наплавки, мм/об;

a – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного валика ($a = 0,7\dots0,85$).

Шаг наплавки, мм/об: $s = (1,6 \dots 2,2)d$.
Амплитуда колебаний, мм: $A = (0,75 \dots 1,0)d$.
Вылет электрода, мм: $H = (5 \dots 8)d$ /

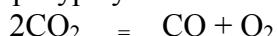
Сварочные и наплавочные проволоки имеют диаметр 1,2...3,0 мм, ленты — толщину 0,3...1,0 мм и ширину до 10,0 мм.

Для защиты расплавленного металла применяют углекислый газ, флюс, пар и охлаждающие жидкости (4...6%-й раствор кальцинированной соды, 10...20%-й раствор технического глицерина в воде или их смесь). Вода, испаряясь, вытесняет из зоны горения дуги воздух, снижая содержание азота в наплавленном металле. Кальцинированная сода, разлагаясь, с одной стороны, стабилизирует горение дуги, с другой — снижает коррозию оборудования и восстановляемых деталей. Глицерин уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла и, следовательно, трещинообразование при использовании высокоуглеродистых наплавочных проволок.

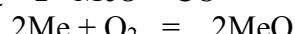
3. Наплавка в среде углекислого газа.

В последнее время наплавка в среде CO_2 вытесняет вибродуговую наплавку и частично наплавку под слоем флюса. Производительность такого процесса на 25...30% выше, чем производительность наплавки под слоем флюса. Отпадает необходимость удаления шлака. При уменьшении зоны термического влияния можно восстановить детали малого диаметра (практически начиная с 10 мм).

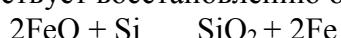
При высокой температуре углекислый газ диссоциирует, т.е.



Происходит реакция окисления расплавленного металла:



При наплавке наблюдается интенсивное выгорание углерода, легирующих компонентов, значительно ухудшается качество наплавленного металла. Для устранения этого явления рекомендуется применять легированные электродные проволоки с содержанием таких раскислителей, как марганец и кремний (не менее 1...2%), что способствует восстановлению оксидов :



Ток в сварочной цепи определяется напряжением на дуге, скоростью подачи и сечением электрода.

С повышением напряжения и уменьшением силы тока потери углерода, марганца и кремния растут. Увеличение силы тока более существенно отражается на глубине проплавления, чем при наплавке под слоем флюса.

К недостаткам данного способа относят: довольно большие потери электродного материала (8...12%), снижение на 10...15% усталостной прочности восстанавливаемых деталей.

4. Наплавка порошковой проволокой.

Преимущества способа:

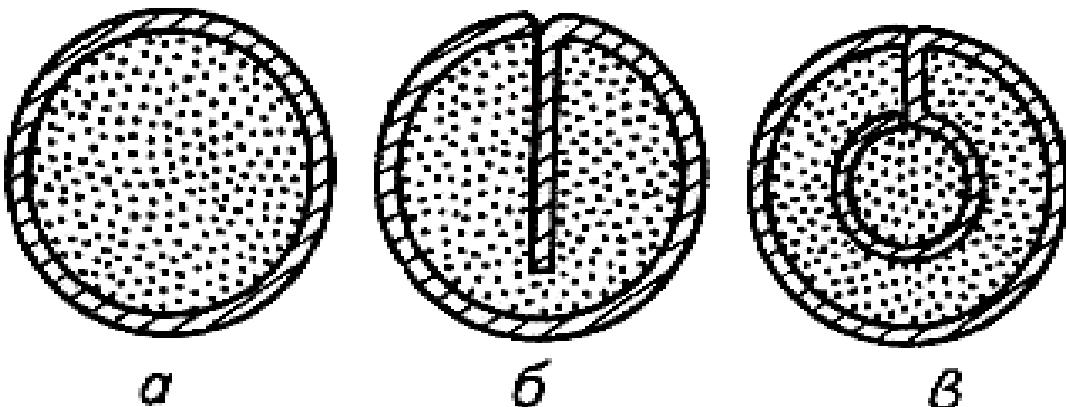
1. Высокая производительность (до 10...11 кг/ч);
2. Позволяет повысить плотность тока до 150...170 А/мм².

Недостатки:

1. Не полностью сгорает порошок — шихта, т.к. он не отстает от основной оболочки;
2. Относительно высокая стоимость.

Проволоку различают по конструкции, назначению, системе защиты и составу шихты.

Конструктивно проволока представляет собой металлическую трубку, внутри которой помещен порошок – шихта.



Варианты конструкции сварочной порошковой проволоки по сечению:
а — сплошное; б — с одним загибом; в — двухслойное

1. 5 Лекция № 6-7 (4 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение безыскровой механизированной наплавкой»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Плазменная наплавка.
2. Электрошлаковая наплавка.
3. Электроконтактная приварка.
4. Индукционная наплавка.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Плазменная наплавка.

Одна из разновидностей дуговой наплавки — наплавка сжатой дугой. С помощью такой наплавки можно получать наплавленные слои толщиной 0,2...5,0 мм с припуском на последующую механическую обработку 0,4...0,9 мм. Производительность процесса 1...12 кг/ч. При малой глубине проплавления (0,3...3,5мм) обеспечивается доля основного металла в наплавленном до 30 % при зоне термического влияния 3...6 мм. Наплавляют детали диаметром 12...15 мм, снижая на 10... 15% предел выносливости (при выбродуговой наплавке — на 35...40%).

Различают наплавку порошком, проволокой и комбинированный способ.

Для процесса используют источники постоянного тока с напряжением холостого хода не менее 120 В, номинальной силой тока до 500...600 А и крутоопадающей внешней характеристикой.

В качестве плазмообразующих газов наиболее часто используют аргон и азот, а транспортирующих и защитных — азот, углекислый газ и их смеси.

Режимы наплавки влияют на свойства слоя. Так, с увеличением сварочного тока повышается производительность процесса, но увеличиваются нагрев детали и глубина проплавления. От напряжения холостого хода зависит устойчивость процесса наплавки. При наплавке порошка оно должно быть не менее 100 В, а электродной проволоки — 70 В.

При наплавке плазмотрон смещают с зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали (на 3...5 мм для деталей диаметром до 100 мм). Расстояние от сопла плазмотрона до поверхности детали 12...20 мм (при комбинированном способе — 8... 16 мм). Расстояние от сопла плазмотрона до электропроводной проволоки 5...8 мм.

2. Электрошлаковая наплавка.

Способ наплавки	Производительность, кг/ч	Расход электроэнергии, кВт·ч/кг	Потери электродного материала, %
Ручная дуговая	0,8…1,0	8	25…30
Вибродуговая	0,9…2,2	6	10…15
Под слоем флюса	4,2…9,5	5	2…4
Дуговая в среде CO ₂	3,0…4,5	6	8…12
Электрошлаковая	16,0…30,0	2,5	1,5…2,0

При электрошлаковой наплавке можно получать толщину наплавленного слоя от 4…6 мм до сотен миллиметров. Расход флюса не превышает 5 % к массе наплавленного металла, что в 15…30 раз ниже, чем при наплавке под слоем флюса.

Отличительная особенность такой наплавки — присадочный материал расплавляется за счет непосредственного перехода электрической энергии в тепловую (при прохождении электрода через ванну расплавленного электропроводного флюса), что обеспечивает меньшие тепловые потери и почти вдвое уменьшает расход электроэнергии.

Перемешивание металла в сварочной ванне незначительное. В ней содержится до 80…90 % присадочного металла, поэтому возможно получать наплавленный слой с заданными свойствами. Практически полностью отсутствуют потери на угар и разбрызгивание.

У флюсов кроме хороших защитных свойств должны быть высокие температура кипения и электропроводность в жидком состоянии, минимальное газообразование (АН-8).

В качестве электродного материала используют сварочные проволоки и ленты. Физико-механические свойства наплавленного металла задаются химическим составом электролов. Кроме того, возможно дополнительное легирование металла введением различных порошков в сварочную ванну.

Режимы наплавки выбирают с учетом устойчивости процесса, размеров, формы детали и качества наплавленного металла.

Диаметр и число электролов определяют, исходя из толщины и ширины наплавленного шва. Диаметр обычно принимают равным 3 мм, толщину наплавленного металла — 20…30 и ширину шва — 60 мм. Для расширения диапазона перечисленных значений применяют перемещение электрода по ванне со скоростью 30…40 м/ч и многоэлектродный процесс.

Силу сварочного тока I и напряжение устанавливают по количеству теплоты, необходимой для расплавления соответствующего объема металла с учетом потерь. Сила сварочного тока, А:

$$I = A + B \cdot s$$

где A и B — эмпирические коэффициенты ($A = 200…280$, $B = 3,2…4,0$);

s — толщина наплавленного металла, мм.

Скорость подачи электрода, м/ч:

$$v_s = \frac{I}{C}$$

где C — эмпирический коэффициент ($C = 1,6…2,7$ А·ч/м).

Глубина шлаковой ванны существенно влияет на процесс. Недостаточное ее значение нарушает устойчивость процесса, приводит к кипению и разбрызгиванию шлака, а слишком большое — уменьшает проплавление основного металла детали. Оптимальной считают глубину, равную 40...60 мм. Сухой вылет электрода 100...500 мм.

Электрошлаковой наплавкой восстанавливают детали ходовой части тракторов, в частности опорные катки, износ которых достигает 30 мм на диаметр, а потеря массы металла — до 6 кг.

Для этого разработана установка ОКС-7755. Катки наплавляют при силе тока $I = 850\ldots900$ А и напряжении 34 В. Скорость подачи электрода $v_e = 210$ м/ч, глубина шлаковой ванны 80 мм, сухой вылет электрода диаметром 3,0 мм равен 150 мм. Продолжительность наплавки одной детали 7... 10 мин.

3. Электроконтактная приварка.

Для электроконтактной приварки характерны высокая производительность (до 100 см²/мин), минимальные потери присадочного материала (до 5 %) и припуск на последующую механическую обработку за счет возможности регулирования толщины наваренного слоя (0,3-1,5 мм). При минимальном термическом влиянии на деталь (до 0,3 мм) можно восстанавливать как наружные, так и внутренние поверхности деталей из различных марок сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов.

Сущность процесса заключается в совместном деформировании навариваемого металла и поверхности основы, нагреваемых электрическим током до пластического состояния.

Достоинство способа — возможность получения наваренных слоев с заданными трибологическими свойствами, что в несколько раз повышает износостойкость деталей, их коррозионную стойкость и другие свойства.

В качестве навариваемого материала применяют ленты, проволоки, а также порошки различного состава (процесс напекания). Чтобы интенсифицировать процесс, на деталь следует подавать охлаждающую жидкость.

От материала ленты зависит твердость наваренного слоя.

Режимы приварки (напекания) зависят от удельного сопротивления, удельной массы, температуры плавления и теплопроводности присадочного материала.

Количество теплоты, Дж, необходимой для сплавления ленты или припекания порошка к детали, определяют в соответствии с законом Джоуля—Ленца:

где R — сопротивление цепи, Ом;

t — продолжительность цикла, с.

Малое количество теплоты приводит к отсутствию оплавления или неполному спеканию присадочного материала, а избыток обуславливает выплескивание металла и резкое ухудшение качества слоя.

Частота вращения детали, подача присадочного материала, шаг приварки и частота импульсов должны обеспечивать перекрытие сварочных точек на 25...35 %.

К недостаткам способа относятся: низкая стойкость роликовых электродов и связанная с этим нестабильность процесса; относительно высокая трудоемкость подготовки деталей к электроконтактной приварке.

4. Индукционная наплавка.

При наплавке на поверхность детали наносится специальная шихта, состоящая из металлического порошка различного состава и флюсов. Деталь помещают в поле

индуктора высокочастотной установки. Ток высокой частоты, проходящий через индуктор, наводит в поверхностном слое детали вихревые токи, в результате чего деталь нагревается. Шихта, расположенная между индуктором и нагреваемой поверхностью детали, из-за высокого электрического сопротивления слабо взаимодействует с переменным электромагнитным полем. Шихта нагревается путем теплопередачи от поверхности нагреваемой детали. Температура плавления шихты должна быть на 100...150 °C ниже температуры плавления металла, а скорость нагрева поверхности детали — выше скорости теплоотвода в глубину детали. При нагреве флюс расплывается.

К флюсам индукционной наплавки предъявляют специфические требования: температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления частиц металла, что должно обеспечить надежное удаление оксидных пленок до начала плавления металла; у образующегося при наплавке шлака должны быть минимальными плотность и вязкость, чтобы обеспечивать его хорошее удаление из сварочной ванны; флюс не должен оказывать негативное влияние на свойства наплавленного металла, образовывать и выделять токсичные вещества, сепарироваться при транспортировке и хранении.

При наплавке сормайтом, псевдосплавами и другими материалами применяют флюсы, содержащие 43...62% борной кислоты, 30...42 % кристаллической буры и 5... 15 % силикокальция. В зависимости от толщины наплавленного слоя в шихте должно содержаться 10... 16 % флюса.

Для индукционной наплавки используют, как правило, порошки твердых сплавов, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики наплавленных деталей. У них должны быть минимальная магнитная проницаемость и определенный гранулометрический состав. Так, при толщине шихты 1,5...4,5 мм оптимальный размер частиц меняется от 0,2...0,4 до 0,8... 1,2 мм.

Ассортимент материалов для наплавки достаточно широк. Используют высоколегированные чугуны У30Х28Н4С4 (сормайт № 1), У45Х35Г3Р2С (ФБХ-6-2), У35Х2Н5 (нихард), Ж4НДХ-15-7-2 (нирезист); сплавы на основе кобальта, вольфрама и никеля — стеллиты В2К и В3К; композитные материалы (псевдосплавы) на основе карбидов вольфрама (релиты) и хрома.

При повышении в наплавленном металле содержания хрома и углерода увеличиваются твердость и износостойкость в абразивной среде, но снижаются пластичность и стойкость к ударным нагрузкам. При уменьшении содержания хрома и углерода при одновременном увеличении содержания никеля, как правило, несколько снижается твердость, но одновременно повышаются пластичность и стойкость к ударным нагрузкам.

Для наплавки используют высокочастотные генераторы. Выбор частоты ТВЧ – генератора определяется необходимой глубиной проникновения электромагнитного поля в металл, мм:

$$\Delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление материала, $\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;

μ – относительная магнитная проницаемость;

f – частота тока, Гц.

В зависимости от формы, габаритов детали и мощности ТВЧ – генератора применяют следующие способы наплавки:

одновременную — наплавляемая поверхность полностью вводится в поле индуктора;

последовательную — наплавляют поочередно несколько участков поверхности;

непрерывно-последовательную — наплавляемая поверхность перемещается в поле индуктора;

центробежную — наплавляют внутреннюю поверхность тел вращения.

Мощность высокочастотной установки, кВт, необходимая для наплавки:

$$P = 2500 \frac{Km_o + m_h}{\tau_h \eta}$$

где K – коэффициент, учитывающий теплопередачу в тело детали ($K=1,1\dots1,2$);

m_o и m_h – массы нагреваемого основного металла в зоне наплавки и наплавляемой шихты, кг;

T_h – продолжительность нагрева, с;

η – КПД нагрева.

Продолжительность нагрева, с, определяют по эмпирическим формулам:
при одновременной наплавке

$$\tau_h = 10 + ah_c$$

при непрерывно - последовательной

$$\tau_h = (10 + ah_c) \left(\frac{l}{l_u} + 1 \right)$$

где a – коэффициент, учитывающий состав шихты и грануляцию порошка ($a = 13\dots17$);

h_c – толщина наплавляемого слоя, мм;

l и l_u – длины наплавляемого участка и активной части индуктора, мм.

1. 6 Лекция № 8-9 (4 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение деталей напылением».

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Сущность процесса газопламенного напыления.
2. Сущность процесса плазменного напыления.
3. Детонационное напыление.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Сущность процесса напыления: газопламенный, плазменный, области применения, достоинства и недостатки.

Газотемическое напыление

Газотермические покрытия получают напылением расплавленных или доведенных до пластического состояния металлов, сплавов и других материалов на предварительно подготовленную поверхность.

Преимущества:

- нанесение покрытий из разных металлов и сплавов как на металлическую, так и неметаллическую поверхность;
- возможно получение покрытий с заданными свойствами по твердости, износостойкости, пористости и другим свойствам;
- нагрев восстанавливаемой детали не более 200°C;

- толщина покрытий может колебаться в пределах от сотых долей мм до нескольких мм при производительности до нескольких кг/ч.

Для упрочнения сцепления металла детали и напыления деталь подвергают обработке для получения необходимой шероховатости, а также наносят подслой. В качестве подслоя применяют молибден или никром алюминия.

Газотемическое напыление

Газотермические покрытия получают напылением расплавленных или доведенных до пластического состояния металлов, сплавов и других материалов на предварительно подготовленную поверхность.

Преимущества:

- нанесение покрытий из разных металлов и сплавов как на металлическую, так и неметаллическую поверхность;
- возможно получение покрытий с заданными свойствами по твердости, износостойкости, пористости и другим свойствам;
- нагрев восстановляемой детали не более 200°C;
- толщина покрытий может колебаться в пределах от сотых долей мм до нескольких мм при производительности до нескольких кг/ч.

Для упрочнения сцепления металла детали и напыления деталь подвергают обработке для получения необходимой шероховатости, а также наносят подслой. В качестве подслоя применяют молибден или никром алюминия.

Электродуговая металлизация

Это процесс при котором металл (чаще всего в виде проволоки) расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на поверхность восстанавливаемой детали.

Способ был разработан русскими инженерами Е.М. Линником и Н.В. Катцем.

Электродные проволоки подаются двумя парами изолированных один относительно другого роликов, контактируют, выходя из латунных наконечников. Последние находятся под напряжением, что приводит к возникновению электрической дуги, в которой плавятся проволоки.

Струя сжатого воздуха распыливает образующиеся капельки жидкого металла на мельчайшие частицы и с силой подает их на поверхность детали.

2. Сущность процесса плазменного напыления.

Плазменная металлизация

Плазма представляет собой высокотемпературный сильноионизированный газ. Он создается дуговым разрядом, размещенным в узком канале специального плазмотрона, при обдуве электрической дуги соосным потоком плазмообразующего газа. Столб дуги сжимается. Его степень ионизации и температура повышаются до 10 000... 18 000°C.

В известных конструкциях плазмотронов применяют вольфрамовый (неплавящийся) катод. Анодами могут служить деталь, водоохлаждаемое сопло, деталь и сопло одновременно. В первом случае плазменную дугу называют открытой, во втором — закрытой и в третьем — комбинированной.

При открытой плазменной дуге ток течет между электродом и деталью. Плазмообразующий газ совпадает с дуговым разрядом на всем пути его следования от катода до анода. Такой процесс сопровождается передачей большего количества теплоты детали, поэтому открытая плазменная дуга необходима при резке металлов.

При закрытой плазменной дуге плазмообразующий газ течет соосно с дугой лишь часть пути и, отделяясь от нее, выходит из сопла плазмотрона в виде факела плазмы. Температура такой дуги (ее сжатой части) на 25...30 % выше, чем открытой. Ее используют при плавлении подаваемых в сжатую часть дуги тугоплавких порошков, напыляемых на поверхность детали.

При комбинированной плазменной дуге горят две дуги между вольфрамовым электродом и деталью, тем же электродом и водоохлаждающим соплом.

Благодаря плазмотрону с комбинированной дутой можно раздельно регулировать плавление присадочного и основного материалов изменением соответствующих сопротивлений.

В качестве плазмообразующих газов служат аргон, азот, гелий, а в качестве присадочных материалов — электродная проволока или специальные порошки. Чтобы получить износостойкие покрытия, можно применять хромборникелевые порошки СНГН и ПГ-ХН80СР-4. Бор снижает температуру плавления никеля, хрома и железа и в сочетании с кремнием образует борсиликатное стекло, выполняющее функцию флюса при расплавлении композиции.

Разработана смесь порошков сормайта № 1 с порошком ПГ-ХН80СР4 в массовом соотношении 4:1 с добавлением порошка алюминия в количестве 4 % по массе. Получается тройная смесь в соотношении 77:19:4.

Газовая металлизация

Это процесс, при котором материал в виде проволоки или порошка плавится в источнике тепловой энергии, образующемся в результате горения смеси кислород + горючий газ.

При проволочной металлизации напыляемый материал поступает через центральное отверстие горелки и расплывается в пламени горючего газа. Струя сжатого воздуха (азота) распыляет (диспергирует) материал на мелкие частицы, которые наносятся на предварительно подготовленную поверхность с образованием покрытия нужной толщины.

При порошковой металлизации поступающий из бункера порошок разгоняется потоком транспортирующего газа и на выходе из сопла попадает в пламя, где и нагревается до необходимой температуры.

3. Детонационное напыление.

Такое напыление проводят на специальной установке (пушке) с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси.

Процесс детонационного напыления протекает следующим образом. В рабочую (взрывную) камеру установки поступает точно измеренное количество взрывчатой смеси (ацетилен + кислород или пропан-бутан + кислород) и взвешенных частиц порошкового материала. С помощью запального устройства она воспламеняется. Из рабочей (взрывной) камеры пламя распространяется по стволу со скоростью $(2...4)\cdot10^3$ м/с.

Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме кинетической получают также тепловую энергию. Скорость выноса порошка $(0,6...1,2)\cdot10^3$ м/с.

В зависимости от соотношения компонентов смеси можно изменять температуру (до 4000 К) и скорость продуктов детонации.

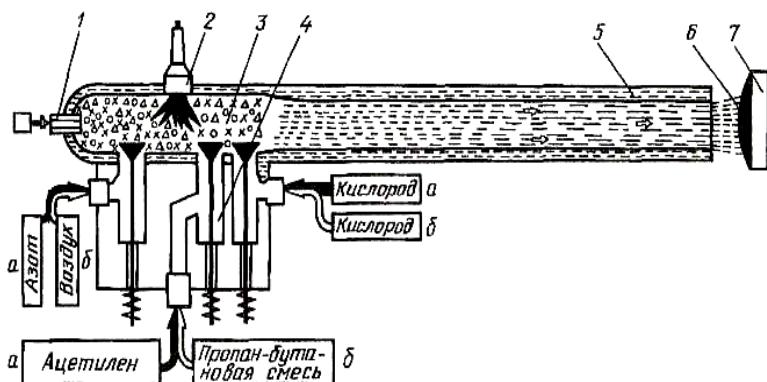


Схема детонационной установки при технологии:
а – базовой; б – новой; 1 – порошковый питатель; 2 – запальное устройство; 3 и 4 – взрывная и смесительная камеры; 5 – водоохлаждаемый ствол; 6 – напыляемое покрытие; 7 - основание

1. 7 Лекция № 10 (2 часа).

Тема: «Восстановление деталей электролитическим осаждением металлов»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Общая схема технологического процесса восстановления деталей электролитическим осаждением металлов.
2. Достоинства и недостатки каждого вида покрытий, области их применения.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общая схема технологического процесса восстановления деталей электролитическим осаждением металлов.

Преимущества:

- отсутствие термического воздействия на детали, вызывающего в них нежелательные изменения структуры и механических свойств;
- получение с большой точностью заданной толщины покрытий, что приводит к снижению до минимума припуска на последующую механическую обработку и ее трудоемкости или вовсе исключению обработки;
- осаждение покрытий с заданными непостоянными по толщине физико-механическими свойствами;
- одновременное восстановление большого числа деталей(в ванну загружают десятки деталей), что снижает трудоемкость и себестоимость единицы изделия;
- возможность автоматизации процесса.

Электролит – раствор, содержащий кислоту (H_2SO_4) с растворенным в ней металлом.

Электролиз – химический процесс, протекающий на электродах при прохождении через электролит электрического тока.

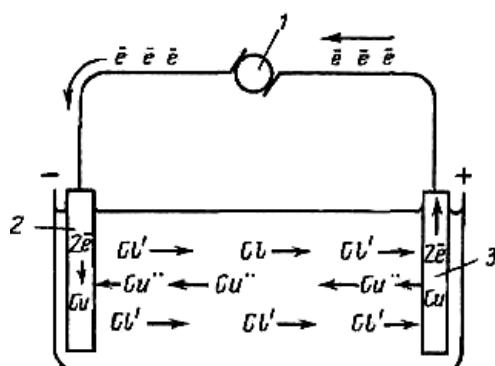


Рис. 2.50. Схема электролиза водного раствора хлористой меди с медными электродами:
1 – источник постоянного тока; 2 – катод; 3 – анод; e – электрон

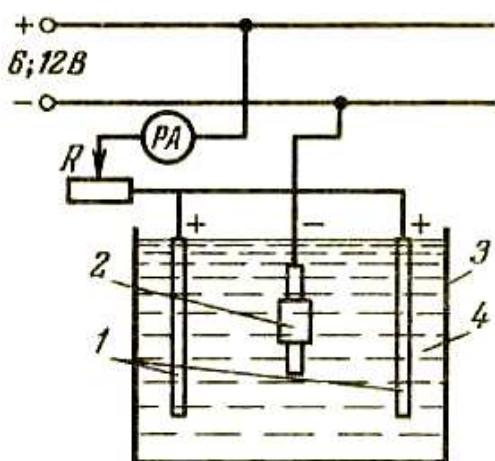


Рис. 2.51. Схема установки для электролитического осаждения металла:
1 – анод; 2 – катод (деталь); 3 – ванна; 4 – электролит

Количественно процесс электролиза подчиняется двум законам, открытым Фарадеем, названным впоследствии *законами Фарадея*:

1. Масса вещества, выделившегося на катоде или растворившегося на аноде, прямо пропорциональна силе тока и времени его прохождения, т. е. прямо пропорциональна количеству прошедшего через электролит электричества;

2. При прохождении одного и того же количества электричества через разные электролиты массы выделившихся или растворившихся веществ пропорциональны их химическим эквивалентам.

Оба закона Фарадея в общем виде выражают формулой

$$M_T = C \cdot I \cdot t_0$$

где M_T – масса выделившегося на катоде (растворившегося на аноде) вещества, г;

C – электрохимический эквивалент вещества, г/(А·ч);

I – сила тока, проходящего через электролит, А;

t_0 – продолжительность электролиза, ч.

Одно из требований, предъявляемых к гальваническим покрытиям, — их равномерная толщина на всей поверхности изделия.

Равномерность распределения толщины покрытия зависит от природы электролита. Она различна для изделий одной и той же формы, но покрываемых в разных электролитах. Свойство электролита давать равномерные по толщине покрытия называют его *рассеивающей способностью*.

На толщину покрытия большое влияние оказывает взаимное расположение катода и анода. Для улучшения равномерности используют следующие приемы:

- устанавливают дополнительные и фигурные аноды;
- используют дополнительные катоды;
- применяют неметаллические (неэлектропроводные) экраны;
- увеличивают расстояние между покрываемыми деталями и анодами.

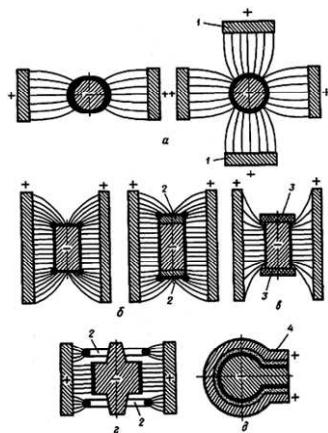


Рис. 2.52. Возможные варианты улучшения равномерности гальванических покрытий с установкой:

a — дополнительных анодов; *б* и *г* — дополнительных катодов;
в — неметаллических экранов; *д* — фигурных анодов; *1* и *2* — дополнительные аноды и катоды; *3* — экраны; *4* — фигурный анод

Свойства гальванических покрытий определяются структурой покрытий. Под *структурой* понимают размер и форму кристаллов (крупнокристаллическая и мелкокристаллическая, волокнистая, слоистая, столбчатая и др.). Определенную ориентацию кристаллов в покрытии называют *текстурой*. Часто кристаллы называют зернами (структура мелкозернистая, крупнозернистая).

Наиболее ценными техническими свойствами характеризуются мелкокристаллические покрытия.

Чтобы уменьшить размеры кристаллов, следует в электролиты, содержащие простые соли, вводить различные органические вещества (желатин, фенол, сахарин, декстрин и др.). С этой же целью, а также для повышения электропроводности и рассеивающей способности электролитов в них добавляют соли (например, сернокислый натрий — в электролит при цинковании).

С уменьшением концентрации металла в электролите покрытие становится более мелкозернистым. Однако при разбавлении электролита снижаются допустимая плотность тока и производительность процесса, а иногда и выход металла по току.

Чтобы повысить производительность процесса без снижения качества покрытий, необходимо увеличить допустимую плотность тока за счет роста концентрации и температуры электролита, а также его принудительным интенсивным перемешиванием (циркуляцией).

Снижение кислотности электролита ухудшает качество покрытий: они становятся темными, хрупкими и шероховатыми. Это объясняется тем, что в прикатодном слое образуются гидроксиды металлов, которые включаются в покрытие. Особенно заметно влияние кислотности на структуру и свойства покрытий при осаждении таких металлов, как железо, никель и кобальт.

Технология нанесения гальванических покрытий

1. Очистка и мойка.
2. Проводятся измерения, чтобы промежуточные покрытия, а также для определения площади детали, площади анода, толщины слоя.
3. Механическая обработка. В процессе восстановления детали обычно шлифуют до шероховатости, соответствующей 6...7-му классу.
4. Промывка органическим растворителем (керосином, бензином и др.).
5. Изоляция поверхностей деталей, не подлежащих покрытию, токонепроводящими материалами.
6. Монтаж деталей на подвеску выполняют для их завешивания в ванну с электролитом.
7. Обезжикивание.
8. Травление.
9. Нанесение покрытий (железнение, хромирование, цинкование).
10. Обработка деталей после покрытия.

Нанесение покрытий

Железнение характеризуется хорошими технико-экономическими показателями.

Преимущества:

1. Высокие выход металла по току (85...95 %).
2. Высокая скорость осаждения (железа – 0,2...0,5 мм/ч).
3. Толщина твердого покрытия 0,8...1,2 мм.
4. Возможность в широких пределах регулировать свойства покрытий (микротвердость 1600... 7800 МПа) в зависимости от их назначения обуславливает универсальность процесса.
5. Достаточно высокая износостойкость твердых покрытий, не уступающая износостойкости закаленной стали.
6. Высокая производительность.

Железнение используют в случаях:

- при восстановлении малоизношенных деталей (наращивании до номинального или ремонтного размера) автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, различного оборудования;
- исправлении брака механической обработки;

- упрочнении рабочих поверхностей деталей из малоуглеродистой и среднеуглеродистой сталей, не прошедших в процессе изготовлении термической обработки.

По составу (по виду аниона соли железа) электролиты делят на три группы: хлористые, сернокислые и смешанные (сульфатно-хлористые).

При железнении применяют растворимые аноды из малоуглеродистой стали. Соотношение между анодной и катодной поверхностями $S_a: S_K = 1...2$.

Наиболее распространенные электролиты, используемые при железнении

Компонент и режим	Номер электрода		
	1	2	3
Хлористое железо, г/л	300	400	150
Сернокислое железо, г/л	...350	...600	...200
Аскорбиновая кислота, г/л	-	-	200
Кислотность, pH	-	0,5...2,0	-
Температура электролита, $^{\circ}\text{C}$	0,8...1,2	0,5...1,3	0,6...1,1
Плотность тока, А/дм ²	70...80	20...50	30...50
Выход по току, %	20...50	10...30	20...25
	85...95	85...92	85...92

Хромирование служит для получения мелкозернистых покрытий микротвердостью 4000... 12 000 МПа с низким коэффициентом трения и высокой сцепляемостью. Хром химически стоек против воздействия многих кислот и щелочей, жароустойчив, что обеспечивает деталям высокую износостойкость даже в тяжелых условиях эксплуатации, превышающую в 2...5 раз износостойкость закаленной стали. Наибольшая износостойкость покрытия получается при твердости 7000...9200 МПа.

Однако хромирование — энергоемкий, дорогой и малопроизводительный процесс.

Хромирование используют для следующих целей:

- защитно-декоративное хромирование арматуры автомобилей, велосипедов, мотоциклов, вагонов и т. д.;
- увеличение износостойкости и ресурса пресс-форм, штампов, измерительных и режущих инструментов, трущихся поверхностей деталей машин (поршневых колец, штоков гидроцилиндров, плунжеров топливных насосов) и др.;
- восстановление малоизношенных ответственных деталей автомобилей, тракторов и различного оборудования;
- повышение отражательной способности при изготовлении зеркал, отражателей и рефлекторов.

Для этого процесса в отличие от других характерны следующие особенности:

1. Главным компонентом электролита служит хромовый ангидрид (CrO_3), образующий при растворении в воде хромовую кислоту ($\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CrO}_4$). Главный компонент при других процессах — соль осаждаемого металла.

2. Большая часть тока расходуется на побочные процессы, в том числе на разложение воды и обильное выделение водорода, в результате чего выход хрома по току мал (10...40 %).

3. Хромовый анод растворяется при электролизе с анодным выходом по току, в 7...8 раз превышающим выход по току на катоде. В результате концентрация ионов хрома в электролите непрерывно возрастает.

Составы электролитов и режимы хромирования

Компонент и режим	Номер электрода				
	1	2	3	4	5
Хромовый андигрид, г/л	120...150	200...250	300...350	225...300	380...420
Серная кислота, г/л	1,2...1,5	2,0...2,5	3,0...3,5	-	-
Сернокислый стронций, г/л	-	-	-	5,5...6,5	-
Кремнефтористый калий, г/л	-	-	-	18...20	-
Углекислый кальций, г/л	-	-	-	-	40...60
Сернокислый кобальт, г/л	-	-	-	-	18...20
Температура электролита, °C	50...65	45...60	40...50	50...65	18...25
Плотность тока, А/дм ²	30...100	20...60	15...30	40...100	100...300
Выход по току, %	15...18	12...14	18...12	18...20	35...40

Цинкование чаще всего применяют в ремонтном производстве для защиты от коррозии крепежных деталей и восстановления посадочных поверхностей мал отгруженных деталей.

Для этого используют следующие электролиты: кислые (№ 1), щелочные (№2 и 3), цинкатные (№2), аммиакатные (№ 3). Чтобы увеличить плотность тока и производительность процесса, их нужно перемешивать.

Щелочные цинкатные (№ 2), аммиакатные (№ 3) и другие электролиты просты по составу и дешевы. У них высокая электропроводность и хорошая рассеивающая способность. Основной недостаток аммиакатных электролитов — наличие в сточной воде солей аммония, которые затрудняют ее нейтрализацию и недопустимы по требованиям санитарии (допускается не более 2,5 мг/л).

При цинковании используют цинковые аноды марок ЦО, Ц1 и Ц2, которые во избежание загрязнения электролита необходимо помещать в чехлы из кислотостойкой ткани. Детали предварительно обезжиривают, промывают и подвергают химическому травлению в растворе серной кислоты.

Электролиты, используемые для цинкования

Показатель	Номер электролита		
	1	2	3
Компонент, г/л:			
сернокислый цинк	200...300	—	—
оксид цинка	—	12...15	10...20
едкий натр	—	100...120	—
сернокислый натрий	50...100	—	—
сернокислый алюминий	30...50	—	—
хлористый алюминий	—	—	200...300
декстрин	8...10	—	—
борная кислота	—	—	25...30
мездровый клей	—	—	1...2
полиэтиленополиамин	—	2...4	—
тиомочевина	—	0,5	—
Режим:			
кислотность, pH	3,5...4,5	—	5,9...6,5
температура электролита, °C	15...25	18...25	15...30
плотность тока, А/дм ²	1...2	1...2	0,5...1,5

2. Достоинства и недостатки каждого вида покрытий, области их применения.

Способы нанесения гальванических покрытий

Ванные способы.

1. Стационарная ванна.
2. Гальванический колокол.
3. Барабаны.

Безванные способы.

Преимущества: 1. Не происходит выкипание электролита.

2. Плотность тока до 300 А/дм^2 .

Недостатки: 1. Большие потери электролита.

2. Большая скорость загрязнения электролита.

1. Проточный.
2. Струйный.
3. Местное осаждение.
4. Электронатирание.

Недостатки электролитического осаждения металлов:

- сложность и недостаточная надежность технологического процесса, приводящие к снижению производительности труда и нестабильным результатам по сцепляемости покрытий с деталями;

- при потреблении большого количества чистой воды и образовании такого же количества загрязненных стоков значительно повышается себестоимость восстановления, что приводит к строительству очистных сооружений, которые по стоимости и занимаемой площади сопоставимы с такими же показателями самого гальванического цеха;

- сравнительно низкая производительность обусловлена многооперационностью процесса и недостаточной скоростью осаждения металлов;

- качество покрытий не всегда соответствует предъявляемым требованиям.

1. 8 Лекция № 11 (2 часа).

Тема: «Применение полимерных материалов при восстановлении и упрочнении деталей».

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Виды полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, их физико-механические свойства.
2. Технология устранения дефектов: выравнивание неровностей, восстановление неподвижных соединений.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Виды полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, их физико-механические свойства.

Применение полимерных материалов при ремонте машин

Преимущества полимерных покрытий:

- снижается трудоемкость восстановления деталей на 20... 30%;
- снижается себестоимость ремонта на 15...20%;
- снижается расход материалов на 40...50%.

Пластическими массами называют материалы, изготовленные на основе высокомолекулярных органических веществ и способные под влиянием повышенных температур и давления принимать определенную форму, которая сохраняется в условиях эксплуатации изделия. Пластмассы представляют собой сложные многокомпонентные смеси. Их главная составная часть — полимер, соединяющий все компоненты. Кроме него в состав входят наполнители, пластификаторы, отвердители, катализаторы (ускорители), красители и другие добавки.

В некоторых случаях пластмассы могут состоять только из полимера. В зависимости от химической природы их делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные пластмассы (полиамиды, полиэтилен, полистирол и др.) при многократном нагревании и охлаждении сохраняют способность размягчаться, плавиться и вновь затвердевать, что связано с их линейной или разветвленной структурой макромолекул. В них не происходят химические реакции.

Термореактивные пластмассы (пресс-порошки, текстолит, эпоксидные композиции и др.), нагреваясь, необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние, связанное с образованием пространственной (сшитой) структуры.

Первые перерабатывают литьем под давлением, прессованием, напылением, нанесением из растворов, вторые — прессованием и нанесением из растворов.

Ремонт деталей с трещинами и пробоинами

Блоки цилиндров, их головки, картеры коробок передач и другие детали ремонтируют с использованием эпоксидных смол.

Широко используют эпоксидную смолу ЭД-16 — прозрачную вязкую массу светло-коричневого цвета. В герметически закрытом сосуде при комнатной температуре она может храниться продолжительное время.

Смола отверждается под действием отвердителя. В качестве последнего служат алифатические амины (полиэтиленполиамин), ароматические амины (АФ-2), низкомолекулярные полиамиды (Л-18, Л-19 и Л-20). Самым распространенным считается полиэтиленполиамин — вязкая жидкость от светло-желтого до темно-бурого цвета. Чтобы повысить эластичность и ударную прочность отверженной эпоксидной смолы, следует вводить в ее состав пластификатор, например дибутилфталат — желтоватую маслянистую жидкость.

С помощью наполнителей улучшаются физико-механические, фрикционные или антифрикционные свойства, повышаются теплостойкость и теплопроводность и снижается стоимость. К ним относят чугунный, железный и алюминиевый порошки, асбест, цемент, кварцевый песок, графит, стекловолокно и др.

Эпоксидную композицию готовят следующим образом. Разогревают тару с эпоксидной смолой ЭД-16 в термошкафу или емкости с горячей водой до температуры 60...80 °С и наполняют ванночку необходимым количеством смолы. В последнюю добавляют небольшими порциями пластификатор (дибутилфталат), тщательно перемешивая смесь в течение 5... 8 мин. Далее так же вводят наполнитель и перемешивают 8... 10 мин.

Приготовленный состав можно хранить длительное время. Непосредственно перед его использованием вливают отвердитель и перемешивают в течение 5 мин, после чего эпоксидная композиция должна быть использована в течение 20..25 мин.

Составы эпоксидных композиций в частях по массе

Компонент и режим	Состав (в частях по массе)				
	А	Б	В	Г	Д
Смола ЭД-16	100	100	100	100	-
Компаунд К-115	-	-	-	-	120
Дибутилфталат	10...15	15	15	-	-
Полиэтиленполиамин	8	10	10	-	-
Олигоамид Л-19	-	-	-	30	-
Отвердитель АФ-2	-	-	-	-	30
Железный порошок	-	160	-	120	-
Цемент	-	-	-	60	-
Алюминиевая пудра	-	-	25	-	-
Графит	-	-	-	-	70

2. Технология устранения дефектов: выравнивание неровностей, восстановление неподвижных соединений.

Технология приклеивания фрикционных накладок:

1. Удаление старых колодок.
2. Зачистка дисков или колодок до металлического блеска.
3. Обезжикивание поверхности ацетоном.
4. Просушивание в течении 10 минут.
5. Нанесение клея ВС – 10Т и выдержка не менее 5 минут на воздухе при температуре 18...20°C. Толщина клеевого шва должна быть 0,1...0,2 мм.
6. Ведомый диск сцепления соединяют с фрикционными накладками и укладывают в приспособление. Между собранными дисками размещают промежуточные кольца.
7. Динамометрическим ключом на поверхностях создают давление не менее 0,1 МПа.
8. Приспособление с дисками устанавливают в электропечь и выдерживают 40 минут при температуре 180°C.
9. Диски охлаждают до 70...100°C в отключенной печи, а затем на воздухе до температуры 35...40°C.
10. Затем разбирают приспособление, зачищают подтекания и наплывы клея, проверяют качество склеивания внешним осмотром и простукиванием.

Торцовое биение диска не более 0,5 мм, коробление не более 1 мм. В противном случае протачивают диски на токарно-винторезном станке. При их простукивании молотком звук должен быть ровным и недребезжащим.

Изношенные фрикционные накладки, приклевые к диску kleem BC- 10T, отделяют путем выдержки дисков в печи при температуре 350 °C в течение 5...6 ч с последующим легким простукиванием.

Кроме клея BC-10T для крепления фрикционных накладок тормозных колодок используют клей БФТ-52. У таких клеевых соединений более высокие прочностные свойства. Так, при температуре 20 °C прочность клеевых соединений стальных образцов с фрикционными материалами АГ-1Б, 6КФ-58 и Т-167, склеенных kleem БФТ-52, соответственно в 1,3; 1,2 и 1,1 раза выше по сравнению с kleem BC-10T, а при температуре 350°C — соответственно в 1,7; 1,5 и 1,5 раза.

Восстановление неподвижных соединений подшипников качения с использованием полимерных материалов

При таком способе значительно упрощают технологический процесс, исключают термическое воздействие на детали, снижают трудоемкость и себестоимость ремонта

машин. Для восстановления деталей и соединений используют эпоксидные композиции, эластомеры и анаэробные герметики.

Поверхности зачищают до металлического блеска, обезжиривают и просушивают в течение 10 мин. После вторичного обезжиривания и просушки наносят равномерный слой состава А на основе эпоксидной смолы ЭД-16. После выдержки в течение 10 мин соединяют детали, удаляют подтекания и излишки эпоксидного состава и отверждают.

Посадочные места подшипников качения в корпусах коробок передач восстанавливают следующим образом. Изношенные поверхности зачищают до металлического блеска, обезжиривают ацетоном, просушивают в течение 5 мин и вторично обезжиривают. На изношенные поверхности посадочных мест шпателем наносят эпоксидный состав Г или Д. Затем деталь с эпоксидным составом Г выдерживают в течение 1 ч, а с составом Б — 2 ч на воздухе при температуре 18...20 °С. Затем корпус устанавливают на плиту, закрепленную на столе радиально-сверлильного станка. Нанесенный слой эпоксидного состава формуют под номинальный размер отверстий с помощью калибрующей оправки, которая закреплена в шпинделе радиально-сверлильного станка. После формования отверстий на поверхности остается слой эпоксидного состава, позволяющий получить посадочные места под подшипники номинального размера. Его отверждают в термошкафу. Процесс нагревания проводят по ступенчатому режиму: при температуре 60 °С выдерживают 2 ч, при 100 — 1 и 150 °С — 1 ч. Состав Д отверждают при температуре 18...20 °С в течение 5 ч или при 60 °С — 1,5 ч. Корпус коробки передач охлаждают вместе с термошкафом.

При ремонте гнезд вкладышей коренных подшипников двигателей после выполнения подготовительных операций на поверхность постелей и крышек наносят слой эпоксидного состава и укладывают калибрующую скалку, выполненную в виде трубы. Перед монтажом крышек под них устанавливают прокладки из фольги толщиной 0,05 мм. После затяжки болтов крышек удаляют подтекания выжатого эпоксидного состава и выдерживают блок двигателя при комнатной температуре в течение 1,5...2,0 ч.

После отверждения эпоксидного состава в термошкафу или с помощью нагревательного элемента, находящегося внутри скалки, снимают крышки постелей, калибрующую скалку и прокладки из фольги. Зачищают оставшиеся наплывы эпоксидной композиции, просверливают масляные каналы, продувают их сжатым воздухом и проверяют качество восстановления.

Однако применение эпоксидных композиций для восстановления неподвижных соединений подшипников связано с определенными технологическими трудностями. После приготовления композиции ее необходимо использовать в течение 20...25 мин. У нее малая эластичность, что снижает долговечность восстановленных неподвижных соединений. Эпоксидные композиции токсичны, поэтому все операции по их приготовлению и применению необходимо выполнять в специальных помещениях с усиленной вентиляцией. Вместо эпоксидной композиции для восстановления постелей коренных подшипников Мордовским государственным университетом предложена композиция, содержащая анаэробный герметик АН-6В (100 частей по массе), тальк (40...45) и медный порошок (1...1,5 части по массе). Полимерную композицию отверждают в течение 6 ч при температуре 20...25 °С или при температуре 80 °С в течение 30 мин.

Для восстановления постелей коренных подшипников МГАУ им. В. П. Горячина предложен полиуретановый адгезив Вилад-11, состоящий из двух компонентов: А — тиксотропная масса на основе сложного олигоэфира и специальных добавок, Б — полизиозинат марки Б или Д. Компоненты А и Б смешивают в соотношении 1:0,6 и не содержат в своем составе высокотоксичных веществ.

После нанесения адгезив выдерживают при температуре 15...25 °С в течение 3,5 ч, укладывают скалку, затягивают болты крышек постелей и отверждают в течение 10...12 ч.

Наибольшее распространение при ремонте неподвижных соединений подшипников качения получили эластомер ГЭН-150(В) и герметик 6Ф. Первый состоит из бутадиен-нитрильного каучука марки СКН-40С и смолы ВДУ. Второй представляет собой продукт совмещения каучука марки СКН-40 со смолой ФКУ на основе замещенного фенола винилацетиленовой структуры.

Поверхность деталей (кроме колец подшипников) перед нанесением покрытия защищают и обезжиривают. Покрытия наносят различными способами (кистью, окунанием, обливом, центробежным) в зависимости от конструкции детали и имеющихся средств.

При использовании кисти следят за равномерностью формирования покрытия толщиной 0,015..0,027 мм, не допуская перекрытия мазков и просветов между ними. Покрытие просушивают при температуре 20 °С в течение 10... 15 мин, а затем при необходимости наносят последующие слои до получения покрытия заданной толщины.

В процессе окунания деталь устанавливают на оправку, врачающуюся с частотой 6 мин⁻¹, и погружают на 2...3 мм в ванну с раствором эластомера. После трех оборотов детали вокруг своей оси ванну опускают так, чтобы деталь не касалась раствора. Нанося пять слоев с просушиванием каждого из них, можно получить покрытие высокого качества толщиной до 0,26 мм.

Чтобы нанести покрытие на внутреннюю поверхность цилиндрической детали центробежным способом, следует закрепить деталь на планшайбе токарно – винторезного станка. Подшипниковый щит устанавливают на один из центрирующих поясков щеки и поджимают винтом. Прижимная крышка предохраняет от разбрызгивания раствора во время заливки. Раствор заливают с помощью приспособления, оправка которого закреплена в резцодержателе токарно – винторезного станка. На валике установлен желоб. Ширина рабочей части последнего может изменяться от b_{min} до B_{max} перемещением вдоль валика. Ширину рабочей части желоба устанавливают равной ширине посадочного места подшипника.

Устройство для заливки с необходимым объемом раствора в желобе вводят в подшипниковый щит с помощью суппорта. Включают привод станка. При установившейся частоте вращения детали 1400 мин⁻¹ валик поворачивают на 180°. Раствор полимера подается по всей ширине посадочного места подшипникового щита. После этого деталь должна вращаться 5... 10 мин для предотвращения стекания раствора.

Термообработку (полимеризацию) покрытий из раствора эластомера ГЭН-150(В) проводят при температуре 115°C в течение 40 мин, из раствора герметика 6Ф — 150...160°C в течение 3 ч.

Анаэробные герметики — это многокомпонентные жидкие составы, способные длительное время храниться на воздухе без изменения свойств и быстро отверждаться (полимеризоваться) при температуре 15. ..35 °С без доступа воздуха с образованием прочного твердого полимера. Они состоят из полимеризационно ненасыщенного соединения, инициатора полимеризации, катализатора, модификатора вязкости, стабилизирующей системы, красителя и др.

Восстановление деталей литьем под давлением

Подготовка детали заключается в проточке до удаления следов износа, обезжиривании и фосфатировании поверхности. Фосфатируют в растворе, содержащем 1 кг суперфосфата на 2 л воды. Детали опускают на 5... 10 мин в кипящий раствор, затем их промывают в 5%-м растворе кальцинированной соды, в горячей воде и выдерживают в сушильном шкафу при температуре 130... 150°C в течение 8... 10 мин.

В загрузочный бункер литьевой машины засыпают полимерный материал, который затем подается в цилиндр. Там он нагревается до температуры 240...270°C в течение 30..40 мин.

Деталь, нагретую до температуры 240°C, устанавливают в пресс-форму, предварительно подогретую до температуры 80...100°C.

При движении плунжера справа налево расплавленный полимерный материал выталкивается из цилиндра и заполняет зазор между оформляющей поверхностью пресс-формы и изношенной поверхностью детали. Температура расплава должна быть на 20°C выше температуры плавления материала, давление литья — 30...35 МПа, выдержка при давлении — 20 с.

После этого снимают давление, разбивают пресс-форму, извлекают восстановленную деталь, зачищают швы, удаляют облой и литниковую прибыль, проводят термообработку детали в масле при температуре 120...130°C в течение 1,5...2 ч. Затем деталь охлаждают вместе с маслом до температуры 100°C и на воздухе до комнатной температуры.

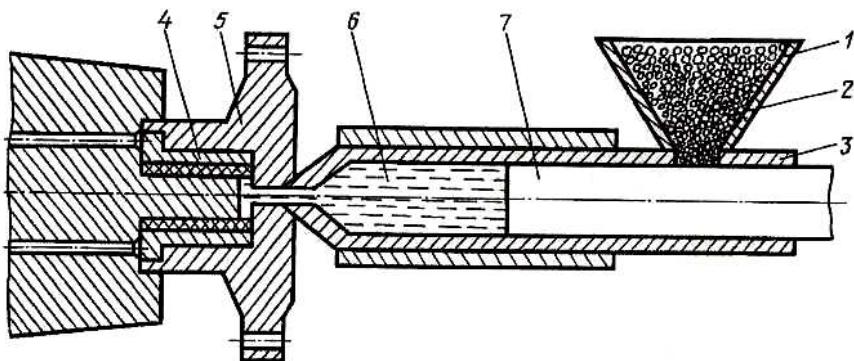


Рис. 2.68. Схема восстановления деталей литьем под давлением:
1 — бункер; 2 — полимерный материал; 3 — цилиндр; 4 — деталь; 5 — пресс-форма; 6 — расплавленный полимерный материал; 7 — плунжер.

Преимущества:

1. Высокая производительность.
2. Позволяет получать детали с заданными размерами.
3. Не требуется последующая механическая обработка.

Недостатки:

1. Необходимо изготавливать для каждой детали пресс – форму.
2. Низкая адгезия полимерного слоя к поверхности детали.

Восстановление деталей нанесением покрытий из порошкообразных полимеров

Различают вихревой, вибрационный, вибровихревой, электростатический, струйный и другие способы. Наибольшее распространение получило вибровихревое нанесение покрытий.

Порошкообразный материал с размерами частиц 0,12...0,22 мм засыпают в ванну. Первоначальная высота слоя порошка равна H_0 . При подаче сжатого газа в пневматическую камеру газ, проходя через перегородку, разбивается на множество мельчайших струек. Частицы полимера, находящиеся в состоянии покоя, подхватываются струйками и начинают перемещаться вверх. Одновременно на них действуют силы тяжести. При включении электромагнитного вибратора рабочая камера установки вместе с порошкообразным полимером подвергается вынужденным колебаниям частотой 50...100 Гц.

Подготовка детали к нанесению полимерного покрытия заключается в механической обработке изношенной поверхности до устранения следов износа, зачистке ее шлифовальной шкуркой, обезжикивании и фосфатировании. Поверхности детали, не подлежащие нанесению покрытий, изолируют с помощью различных приспособлений, а также их оберывают фольгой или листовым асбестом, покрывают жидким стеклом или термостойким силиконовым лаком.

В процессе нанесения покрытий из порошкообразного поликарбоната деталь нагревают до температуры 290°C. Затем ее погружают в псевдосжиженный слой на 5...20 с. Частицы порошка, ударяясь о поверхность нагретой детали, оседают на ней и, оплавляясь, растекаются в равномерное покрытие. Время выдержки детали в слое зависит от необходимой толщины покрытия.

После этого деталь вынимают из установки, обдувают сжатым воздухом, проводят термообработку при температуре 110...130°C в течение 5...10 мин в масле и охлаждают на воздухе. Чтобы получить необходимые размеры, следует выполнить механическую обработку.

Выравнивание неровностей на панелях кабин, оперения и облицовки тракторов и автомобилей газопламенным напылением полимерных материалов

Сущность такого напыления состоит в том, что струя воздуха с частицами порошкообразного полимерного материала пропускается сквозь факел газового пламени. Пролетая через факел, они нагреваются, оплавляются до пластичного состояния и, ударяясь о предварительно подогретую поверхность детали, растекаются на ней, образуя покрытие.

Наибольшее распространение получили установки УПН-6-63, УПН-7-65 и УГПЛ. К основным их частям относят распылительную газовую горелку, питательный бачок и соединительные шланги. Питательные баки УПН-6-63 и УПН-7-65 герметически закрыты крышками.

В качестве горючего газа применяют ацетилен или пропан-бутан. При работе на пропан-бутане используют специальную насадку к газовой горелке. Для питания горелки пригоден ацетилен, получаемый из ацетиленовых генераторов, или растворенный ацетилен в баллонах. Рабочее давление газа должно быть не ниже 500 Па при расходе 300 л/ч.

Герметизация неподвижных соединений полимерами

В зависимости от физико-химических процессов, происходящих после нанесения, различают невысыхающие, высыхающие (полувысыхающие) и отверждающиеся герметики (вулканизирующиеся и полимеризующиеся).

Невысыхающие герметики представляют собой высоконаполненные (до 50...70 %) материалы на основе синтетических каучуков в сочетании с полиэтиленом или пропиленом и характеризуются высокой вязкостью. Герметики 51Г-4М, 51-Г-6 и УН-01 используют для уплотнения стекол автомобилей, сварных швов, защиты запаянных соединений от коррозии и т. д. Основной недостаток таких герметиков — отсутствие упругих свойств, что важно для обеспечения надежного уплотнения соединений с изменяющимися в процессе эксплуатации зазорами.

Высыхающие герметики — растворы резиновых смесей в органических растворителях. До нанесения эти герметики находятся в вязкотекучем состоянии. После нанесения на уплотняемые поверхности и испарения растворителя они становятся упругими, резиноподобными. К высыхающим герметикам относят материалы на основе бутадиен-нитрильного каучука и эластопластов.

Вулканизирующиеся герметики — термореактивные материалы, которые под влиянием теплоты, влаги и вулканизирующих агентов подвергаются необратимым физико-механическим изменениям, превращаясь из вязких в резиноподобные материалы. Основные компоненты герметиков: жидкий низкомолекулярный каучук с ингредиентами и вулканизирующий агент. По типу каучука вулканизирующие герметики делят на силиконовые, силоксановые, тиоколовые и т. д. Широко распространены следующие герметики фирмы Loctite (США): Superflex, Ultra Black, Ultra Copper и др.

Полимеризующиеся герметики — анаэробные композиции на основе смол акрилового или метакрилового ряда. К отечественным герметикам относят Анатерм-501, зарубежным — Loctite-518 (фирма Loctite).

Скорость полимеризации анаэробных герметиков зависит от толщины прокладки. При толщине 0,1 мм прокладка из герметика Анатерм-501 полимеризуется в течение 8 ч, из Loctite-518 — 12 ч. При увеличении толщины прокладок до 0,5 мм время полимеризации соответственно увеличивается до 24 и 30 ч.

1. 9 Лекция № 12 (2 часа).

Тема: «Особенности восстановления размеров деталей при обработке резанием»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Применение современных режущих инструментов: твердосплавных, абразивных, эльборных, гексанитовых, алмазных.
2. Технология проведения электрохимической, электроконтактной и электроабразивной обработок режущего инструмента.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:(*тезисно изложить основное содержание рассматриваемых вопросов*)

1. Применение современных режущих инструментов: твердосплавных, абразивных, эльборных, гексанитовых, алмазных.

Одним из важнейших факторов повышения производительности труда в машиностроении является систематическое снижение величины припусков на механическую обработку. Этому способствует применение штамповки вместо свободной ковки, периодического проката, литья под давлением, литья по выплавляемым моделям и других более совершенных методов изготовления заготовок, позволяющих выполнить их размеры и форму, максимально приближающими к готовой детали. Это не только снижает объем механической обработки, но в ряде случаев дает возможность почти полного исключения последующей обработки резанием.

Основными методами обработки материалов резанием являются точение (рис. 1, а), сверление (рис. 1, б), фрезерование (рис. 1, в), строгание (рис. 1, г) и шлифование (рис. 1, д). Из них наиболее распространенным и изученным методом с точки зрения теории резания металлов является точение. Процесс точения имеет много общего со всеми другими методами механической обработки металлов, поэтому правильное понимание этого процесса облегчает изучение всех других методов обработки резанием, что и дает основание осветить точение более подробно.

Геометрические параметры режущей части резца. Материалы для изготовления режущих инструментов.

Рассмотрение углов режущих инструментов наиболее часто производят в статической системе координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки резца, ориентированной по направлению скорости главного движения резания. Углы рассматриваются в главной и вспомогательных секущих плоскостях и в плане.

При точении на детали различают необработанную поверхность 1, обрабатываемую поверхность 2 и обработанную поверхность 3. Обрабатываемой поверхностью называют поверхность, с которой снимается стружка. Обработанной поверхностью называется поверхность, полученная после снятия стружки.

Для определения углов резца устанавливают исходные плоскости: основную плоскость - 4; плоскость резания - 5.

Основной плоскостью называется плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного движения v. увеличить шероховатость обработанной поверхности

3.2.2 Материалы для изготовления режущих инструментов.

Режущие кромки инструментов в процессе работы находятся под действием больших давлений и, кроме того, нагреваются до высоких температур в результате деформирования обрабатываемого материала и наличия сил рения.

Поэтому инструментальные материалы должны обладать высокой твердостью (HRC 60 . . 65), значительной теплостойкостью и износостойкостью, высокой механической прочностью и вязкостью.

Режущие инструменты целиком или частично изготавливают из инструментальных сталей и твердых сплавов.

Инструментальные стали разделяют на углеродистые, легированные и быстрорежущие. Углеродистые стали бывают качественные и высококачественные. Высококачественные стали, обычно получаемые в электропечах, более чистые по химическому составу, т. е. содержат меньшее количество вредных примесей — серы и фосфора.

Для обозначения марки высококачественной стали вводится буква А. В марках инструментальных углеродистых сталей без буквы А серы и фосфора должно содержаться не более 0,03 и 0,035 %, а в марках с буквой А — не более 0,02 и 0,03 % каждого элемента соответственно. Буква У в марке стали обозначает, что эта сталь углеродистая; цифра в марке обозначает содержание в стали углерода в десятых долях процента.

Углеродистые инструментальные стали применяют для изготовления слесарно-монтажных и ручных режущих инструментов, работающих при малых скоростях резания. Зубила, отвертки, ножницы изготавливают из стали марок У7 и У7А; пробойники, ножи, ножницы, пuhanсоны, кернеры, пилы, ножовки - из стали марок У8, У8А, У9, У9А, У10, У10А; слесарные метчики и напильники - из стали марок У11, УНА, У12, У12А, У13, У13А.

Инструменты из углеродистой стали подвергают термической обработке, которая состоит в закалке (нагреве до температуры 750 . . 840 °С и быстрым охлаждении в воде или масле) и последующем отпуске (при температуре около 200 °С), что обеспечивает необходимую твердость и достаточную пластичность материала инструмента. Инструменты из углеродистой инструментальной стали тщательно шлифуют и доводят до получения высокой остроты кромок, поэтому их успешно применяют там, где необходимо получить высокое качество обработанной поверхности при малых скоростях резания.

Легированные инструментальные стали, применяемые для изготовления режущих инструментов, можно разделить на хромистые, хромокремнистые, вольфрамовые и хромовольфрамомарганцовистые. Наиболее распространены следующие марки таких сталей: Х, 9ХС, В1 и ХВГ.

Из стали марки Х изготавливают метчики, плашки; из стали марки 9ХС

- сверла, развертки, фрезы, метчики и плашки. Сталь марки В1 рекомендуется для изготовления мелких сверл, метчиков, разверток, а сталь ХВГ — для изготовления протяжек, длинных метчиков и разверток.

Быстрорежущие (высоколегированные) стали применяют для изготовления различных инструментов (чаще фрез, сверл, зенкеров). Изготовленные из таких сталей режущие инструменты обладают высокой теплостойкостью и могут работать с более высокими скоростями резания и сечениями среза, чем инструменты из углеродистых и низколегированных инструментальных сталей. Важнейшие компоненты быстрорежущих сталей — вольфрам (9 . . 18 %), а также хром и ванадий. Различают быстрорежущие стали нормальной и повышенной производительности. Наиболее распространены быстрорежущие стали нормальной производительности марок Р18 (вольфрама -18%) и Р9 (вольфрама -9%).

Инструменты из быстрорежущей стали подвергают закалке с нагревом до температуры 1270. . .1290 °С (для Р18) и 1230. . .1250 °С (для Р9) с последующим охлаждением в масле, трех-четырехкратному отпуску при температуре 560. . .580 °С с выдержкой при этой температуре в течение 1 ч и охлаждению на воздухе. После такой термической обработки инструмент из быстрорежущей стали имеет высокую твердость (HRC 62. . .65).

Кроме вольфрама, быстрорежущие стали легируют молибденом, ванадием и кобальтом. Молибден действует, подобно вольфраму, но способствует появлению хрупкости в стали. Поэтому его содержание ограничивают 5 %. Введение ванадия повышает твердость стали, но уменьшает ее теплопроводность и ухудшает ее обрабатываемость шлифованием (появляются прижоги). Кобальт повышает износостойкость и теплопроводность стали. Вольфрамомолибденовую сталь Р6М5 применяют взамен стали Р18.

Группа быстрорежущих сталей повышенной производительности характеризуется введением в их состав ванадия и кобальта. Эти стали (Р18К5Ф2, Р10К5Ф5, Р9КЮ, Р14Ф4 и др.) обеспечивают повышение стойкости инструмента в 2. . .4 раза по сравнению со сталью Р18. Применяют эту группу сталей для обработки нержавеющих и жаропрочных сплавов.

Твердые сплавы подразделяют на металлокерамические и минералокерамические и выпускают в виде различных пластинок, применяемых для оснащения режущих кромок инструментов. Инструменты, оснащенные пластинками из твердых сплавов, допускают особенно высокие скорости резания, так как их теплостойкость значительно выше, чем у инструментов из быстрорежущих, а тем более углеродистых сталей. Кроме того, твердые сплавы обладают большой сопротивляемостью истиранию.

Металлокерамические твердые сплавы разделяют на вольфрамовые (однокарбидные), вольфрамотитановые (двух карбидные),

вольфрамотитанотанталовые (трехкарбидные). Вольфрамовые сплавы (группы ВК) состоят из карбидов вольфрама WC и цементирующей связки — кобальта. Вольфрамотитановые сплавы (группа ТК) состоят из карбида вольфрама WC, карбида титана TiC и кобальта. Вольфрамотитанотанталовые сплавы (группы ТТК) состоят из карбидов вольфрама, титана, tantalа и кобальта.

По марке твердого сплава можно судить о химическом составе сплава. Буква К с последующей цифрой обозначает содержание кобальта в процентах. Так, в сплаве ВК6 содержится 6 % кобальта, остальное (94 %) — карбиды вольфрама. Содержание карбидов титана в сплаве группы ТК дано цифрой после буквы Т. Например, в сплаве Т5К10 имеется 5 % карбидов титана, 10 % кобальта, остальное (85 %) — карбиды вольфрама. В группе вольфрамотитанотанталовых сплавов (ТТК) после второй буквы Т дается суммарное содержание карбидов титана и карбидов tantalа в процентах. Так, в сплаве ТТ7К15 содержится 7 % карбидов титана и tantalа, 15 % кобальта, остальное (78 %) — карбиды вольфрама.

Сплавы группы ВК применяют при обработке деталей из чугуна. При обработке стальных деталей следует применять сплавы группы ТК и ТТК. Сплавы группы ТТК по прочности и стойкости занимают промежуточное положение между быстрорежущей сталью и твердым сплавом Т5КЮ.

С увеличением содержания кобальта сплавы становятся менее хрупкими, их прочность при изгибе увеличивается. Поэтому сплавы с большим содержанием кобальта применяют при черновой обработке, с меньшим — при чистовой.

Минералокерамические твердые сплавы — относительно новый инструментальный материал. Минералокерамика представляет собой окись алюминия АБО₃, подвергнутую специальной термической обработке и выпускаемую в форме пластинок белого цвета разнообразных профилей и размеров.

Минералокерамика превосходит металл окерамические твердые сплавы по твердости и теплостойкости, но значительно уступает им в отношении вязкости и теплопроводности. Резцы с минералокерамическими пластинками применяют на чистовых операциях, т. е. при работе с высокими скоростями резания (свыше 200 м/мин), при подачах до 0,15...0,6 мм/об при обработке стали и до 0,3...0,8 мм/об при обработке чугуна.

В последние годы в качестве инструментального материала начинают применять керамико-металлические сплавы — *керметы*, состоящие из окиси алюминия Al₂O₃ и карбидов вольфрама, титана и молибдена. Пластиинки керметов марок ВОК-60, ВОК-63 и ВЗ имеют черный цвет; их выпускают в виде многогранных и круглых пластинок. Керметы примерно в два раза прочнее минералокерамики, но менее износостойки. Керметы применяют для чистовой обработки деталей.

Для чистового и тонкого точения (реже фрезерования) применяют также гексанит Р и синтетические поликристаллические алмазы типа «карбонадо». Гексанит получают из гексагонального графитоподобного нитрида бора с помощью ударных волн. Затем частицы гексанита спекают в условиях сверхвысоких давлений в компактные поликристаллические изделия — гексанит Р — массой 0,3...1,5 карата. Поликристаллы гексанита Р закрепляют на стальной державке припоем. Резцы из гексанита Р применяют для обработки закаленных и жаропрочных сталей, твердых сплавов. Резцы, оснащенные алмазами карбонадо, используют для обработки стеклопластиков, пластмасс, твердых сплавов, высококремнистых алюминиевых сплавов, цветных металлов, титановых сплавов и некоторых видов керамики. Применение инструмента из гексанита Р и карбонадо позволяет заменить операцию круглого шлифования точением.

Наиболее высокой теплостойкостью (высокими режущими свойствами) обладают металло- и минералокерамические твердые сплавы.

Значительную часть металлорежущего инструмента изготавливают составной — рабочая часть из инструментального материала (быстрорежущая сталь, металло- и минералокерамика), крепежная из конструкционных сталей (стали 45, 50, 40Х и др.; в случае тяжелогруженых корпусов — сталь У10 или 9ХС). Рабочую часть инструмента из быстрорежущей части соединяют с крепежной сваркой. Металло-керамические твердые сплавы соединяют с крепежной частью пайкой или механическим путем. Инструменты из углеродистых и легированных инструментальных сталей изготавливают целиком из одного материала. Вспомогательный инструмент (оправки, переходные втулки и др.) делают из конструкционных сталей.

2. Технология проведения электрохимической, электроконтактной и электроабразивной обработок режущего инструмента.

В основу электроискрового и электронмпульсного методов обработки металлов положен процесс элею розрозии, заключающийся в разрушении металла под воздействием электрических разрядов, посыпаемых источником электрического тока. Электрические разряды характеризуются малой длительностью (от долей мкс до нескольких сотен мкс), энергией (до 4...5 Дж) и высокой частотой (до $1,5 \cdot 10^6$ кГц).

Электроискровая обработка. При соприкосновении электрода-инструмента 4 (рис. 11.1) с контактом 3 конденсатор 2 разряжается от источника тока 1. При перемещении электрода-инструмента 4 вниз в момент сближения его с электродом-деталью 6 до образования зазора 5, измеряемого в микронах (0,1... 1 мкм), происходит разрядка конденсатора в виде кратковременной искровой вспышки между электродами.

Под воздействием высокой температуры, создаваемой электрическими разрядами, возникающими при движении электрода вниз, разрушается металл с образованием углубления в обрабатываемой детали. При этом электрод-инструмент,

сохраняя межэлектродный промежуток, постепенно углубляется в обрабатываемую деталь и придает ей форму, соответствующую форме электрода-инструмента.

Электроискровую обработку обычно проводят в условиях, когда электрод-деталь включен на анод, а электрод-инструмент — на катод; при этом происходит наиболее быстрое разрушение металла детали.

Во избежание переноса расплавленного металла с детали на инструмент процесс обработки происходит в диэлектрической жидкости 7 (керосине, машинном масле). В этих условиях расплавленные частицы металла, смываясь жидкостью, оставают в ней и в форме мельчайших шариков падают на дно ванны.

Электроды-инструменты изготавливают из латуни, медно-графитовой массы, меди и других токопроводящих материалов. Производительность электроискровой и электроимпульсной обработок металлов, шероховатость и точность обработанных поверхностей определяют мощностью и длительностью электрических разрядов, т. е. электрическим режимом работы.

Электроискровую обработку проводят на черновых, чистовых и отделочных режимах. Выбранный режим определяет производительность процесса и шероховатость обработанной поверхности. Рабочее напряжение на электродах 70...200 В. При черновом режиме энергия единичного импульса примерно 0,5...5 Дж, сила тока в цепи разряда > 100 А, емкость конденсаторов > 100 мкФ. При отделочном режиме энергия единичного импульса 0,005...0,05 Дж, сила тока ниже 10 А, емкость конденсаторов менее 10 мкФ. Малая мощность и кратковременность разрядов — условия для получения обработанной поверхности до 6...8-го классов шероховатости ($R_a = 2,5 \dots 0,40$ мкм). Электроискровым методом можно обрабатывать ограниченную поверхность (250... 1500 мм²); производительность процесса 35... 1200 мм /мин.

Электроискровую обработку деталей проводят на специальных электроискровых станках, в которых главными элементами служат генератор импульсов и следящее устройство для регулирования устойчивости и мощности разрядов, станина станка, механизмы для перемещения и установки электролов (инструмента и детали), ванна с жидкостью. Электроискровую обработку применяют для прецизионной обработки небольших деталей топливной аппаратуры (мелкие отверстия, шлифовальные операции), вырезки фасонных контуров твердосплавных вырубных штампов проволочным электродом, деталей радиоэлектронной промышленности. При этом достигается относительно низкая шероховатость поверхности $R_n = 1 \dots 2,5$ мкм и точность обработки 0,05...0,8 мм.

Электроимпульсная обработка. По сравнению с электроэррозионной обработкой процесс характеризуется увеличением мощности единичных разрядов, длительностью импульсов, обратной полярностью (анод — инструмент, катод — заготовка), применением пониженных напряжений и относительно большими значениями средних токов. В результате производительность процесса по сравнению с электроискровой обработкой во многих случаях в 8...10 раз выше. Этим методом обрабатывают большие площади (до 240 см²) с высокой производительностью (до 5000 мм³/мин); шероховатость обработанной поверхности на один—три класса ниже, чем при обработке электроискровыми методами.

На рисунке 11.2 приведена одна из схем электроимпульсного метода обработки металлов. Электрод-инструмент 3 и электрод-деталь 2, погруженные в ванну / с жидкостью, присоединяют через выпрямитель 5 к машинному преобразователю 4, преобразующему переменный ток промышленной частоты в ток повышенной частоты низкого напряжения. Жидкой средой служат масла низкой вязкости (индустриальное, трансформаторное), керосин и др. В межэлектродном пространстве возникают электрические разряды определенной длительности, сопровождающиеся выделением теплоты. Под действием теплоты металл разрушается на поверхности электролов. Электрические режимы назначают в зависимости от характера обработки и от площади

обрабатываемой поверхности. При площади обрабатываемой поверхности 20...240 см черновую обработку проводят при силе тока 50...500 А, а чистовую — при 5...50 А. Верхнее значение напряжения 24...26 В, а нижнее 11...12 В.

Недостаток электроискрового и электроимпульсного методов — малая стойкость электрода-инструмента, который приходится заменять после обработки пяти—десяти деталей.

Электроимпульсную обработку проводят на специальных электроимпульсных станках, на которых обрабатывают пресс-формы, вырубные, просечные и чеканочные штампы и прошивают отверстия любой конфигурации в закаленных деталях.

Электроэрозионное шлифование. Металл при данном виде шлифования удаляется под действием импульсных разрядов между вращающимся электродом-инструментом и заготовкой. Электроэрозионное шлифование может быть аналогично абразивному: круглым, внутренним и плоским (рис. 11.3). Обрабатывают при напряжении постоянного тока 25...30 В и силе тока 5...300 А. Частота вращения инструмента 25...30 м/с. В зону резания подается масло, или обработка ведется под слоем масла.

Обработка электродом-проводолокой. Этот способ применяют для прецизионной вырезки заготовок простой и сложной конфигураций, реже щелей, снятия больших пропусков с заготовок и др. Тонкая проволока / (рис. 11.4) (диаметром от нескольких микрометров до 0,5 мм) из латуни, меди или вольфрама, подключенная к катоду, перематывается с одной катушки 2 на другую. Заготовка, подключенная к аноду, имеет подачу на проволоку.

Таким способом обрабатывают детали (вырубные штампы, части призматических резцов и др.) из твердых сплавов, полупроводниковых материалов, вольфрама, магнитных материалов. Точность обработки 0,005 мм, шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,63 \dots 1,25$ мкм. Производительность процесса оценивают площадью обработанной поверхности (по контуру обработки) в единицу времени. При толщине заготовки 20 мм и использовании дистиллированной воды в качестве рабочей жидкости производительность процесса для цветных металлов 10...20, сталей 5...8 и твердых сплавов 6... 12 $\text{мм}^2/\text{мин}$,

Лучевая обработка

Светолучевую обработку материалов проводят с помощью оптических квантовых генераторов-лазеров, которые создают узкие направленные пучки видимого света с чрезвычайно высокой плотностью тепловой энергии на единицу площади. С помощью лазеров можно обрабатывать (образование отверстий, резка, сварка) сверхтвердые и тугоплавкие материалы. Лазеры бывают трех видов: твердотельные, газовые и жидкостные.

В эллиптическом корпусе 1 (рис. 11.5) расположены в фокальных осях синтетический рубиновый стержень 3 и ксеноновая импульсная лампа 2 с электродом 4 для поджига импульсной лампы. Стержень 3 — основной рабочий элемент, изготовленный из розового рубина (с концентрацией 0,065 % СгГОз в АБОз). Стержень диаметром 20... 10 мм и длиной 20...300 мм с высокой степенью параллельности твердых плоскостей имеет одну торцовую поверхность, полностью отражающую световые лучи (полностью посеребрена), а другую — частично отражающую (частично посеребрена).

Импульсная лампа 2 имеет рабочий период около нескольких миллисекунд при потребляемой энергии 1000...2000 Дж. При вспышке импульсной лампы 2 происходит непосредственное световое облучение рубинового стержня 3, а также облучение отражением от зеркала эллиптического корпуса. Часть энергии, излучаемой импульсной лампой 2 в виде голубого и зеленого излучения, поглощается рубином и обеспечивает его возбуждение. Свет в рубине многократно отражается от посеребренных торцов и усиливается. Примерно через 0,6 миллисекунды от начала облучения (когда возбуждение рубина превысит определенную величину) через частично посеребренный торец выходит

световой импульс высокой энергетической плотности. Излучение лазера концентрируется на обрабатываемой заготовке с помощью оптической системы.

Кристаллические стержни лазеров делают также из стекла (длиной до 2000 мм), иттриево-алюминиевого граната с примесью неодима (длиной до 120 мм). Срок службы твердотельных лазеров до 1500 ч. В ряде случаев применяют лазеры на основе газовых смесей (например, смесь гелия и неона). В качестве жидких активных сред используют растворы органических красителей, неорганических соединений редкоземельных элементов и др. Жидкие лазеры накачиваются лампой-вспышкой.

Лазеры с помощью генератора в несколько киловатт дают поток излучения в зоне обработки до 10^{10} Вт/см². Температура в зоне воздействия луча лазера достигает 5000...9000 °С, что ведет к испарению или выгоранию обрабатываемого материала. Время излучения при импульсном воздействии 0,001...0,00001 с. С помощью лазерных установок получают отверстия диаметром 0,01...0,6 мм в заготовках толщиной 0,1...6 мм, режут заготовки толщиной до 9 мм из стали, тугоплавких и цветных сплавов, алмаза, рубина, керамики и др.

Электронно-лучевая обработка. Электронный луч формируется с потоком энергии значительной концентрации. Фокусирование электронного луча в какой-либо точке обрабатываемой заготовки создает очень высокую температуру, при которой материалы плавятся и даже испаряются. Обработку ведут в глубоком вакууме (до 10^{-7} Па).

В камере 1 (рис. 11.6) располагается катод 4 (электронная пушка), создающий облако свободных электронов, образование которых происходит за счет термоэлектронной эмиссии. Катоды изготавливают из вольфрама и тантала. С помощью электронно-магнитных систем (магнитная линза 5 и отклоняющая система 6) электроны формируются в направленный и сконцентрированный луч 7. В держателе и подающем механизме 9 располагается заготовка 8. Источник 10 обеспечивает ток высокого напряжения. В качестве источника тока могут применяться импульсные генераторы. Вакуум в установке создается диффузионным насосом 3. Люк 2 служит для установки заготовки. Рабочее напряжение в электронной пушке достигает 150 000 В.

С помощью электронного луча можно получить поток энергии громадной концентрации (порядка 10^9 Вт на 1 см²). Скорость электронов в луче до 100 000 км/с. Электронно-лучевую обработку целесообразно применять для получения мелких отверстий в твердых труднообрабатываемых материалах и резки твердых заготовок из вольфрама, титана, твердых сплавов и синтетических камней. При этом методе обработки можно получить диаметр отверстия или ширину реза 1...2 мкм. Электронно-лучевую обработку используют также для сварки и плавки металлов. Недостаток метода — необходимость проведения обработки в глубоком вакууме, что значительно усложняет процесс.

Ультразвуковая обработка

При ультразвуковом методе обработки материалов инструменту придают колебания высокой частоты (свыше 20 тыс. колебаний в 1 с) с небольшой амплитудой (0,01...0,06 мм). Жидкость (чаще вода), омывающая инструмент и обрабатываемую деталь, содержит большое количество мелких абразивных зерен размером 150...180 мкм. Весовое соотношение абразива к воде от 1:1 до 1:2. Эти зерна под воздействием ультразвуковых колебаний попадают в пространство между электродами и осуществляют съем металла. В качестве абразивных зерен используют кристаллы карбида бора, карбида кремния и другие материалы. Инструменты, имеющие форму в соответствии с формой обрабатываемой поверхности, обычно изготавливают из инструментальной стали.

Для получения ультразвуковых колебаний применяют пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи. Применение пьезоэлектрических преобразователей основано на способности некоторых материалов (кварца, турмалина)

изменять свои геометрические размеры (сжиматься и расширяться) под воздействием электрических зарядов. В основу магнитострик-ционного преобразователя положено использование свойств некоторых материалов (никеля, кобальта, пермалоя и др.) деформироваться (сжиматься и расширяться) под воздействием магнитного поля. Трубку из указанных материалов помещают в катушку, через которую проходит переменный ток высокой частоты. Под воздействием магнитного поля геометрические размеры трубки меняются с ультразвуковой частотой. Этот метод чаще используют при обработке сверлением и фрезерованием деталей из стекла и кварца, полупроводников, алмазов, реже из твердых сплавов и труднообрабатываемых сталей. Ультразвуковая обработка стальных деталей обеспечивает получение шероховатости поверхности до 9-го класса ($R_a = 0,32$ мкм) и точности до 5 мкм.

На рисунке 11.7 приведена схема установки с магнитострик-ционным преобразователем. Электрические колебания от звукового генератора / усиливаются усилителем 2 и поступают в катушку 6 вибратора 4, который, создавая переменное магнитное поле, заставляет сердечник и инструмент 7 колебаться с высокой частотой. Постоянные магниты 5 получают питание от селенового выпрямителя 3.

Производительность ультразвуковой обработки зависит от обрабатываемого материала и мощности установки. Так, удельная производительность при обработке стекла до 4000, а твердого сплава до 40 мм Дмин-кВт).

Анодно-механическая обработка

Анодно-механическую обработку применяют для резки металлов и заточки инструментов. При анодно-механической обработке используют постоянный ток напряжением 20...30 В. Силу тока выбирают в зависимости от размеров обрабатываемой детали (80...300 А).

Деталь соединяют с положительным полюсом источника тока, а обрабатывающий токопроводящий инструмент — с отрицательным. Между обрабатываемой деталью и обрабатывающим токопроводящим инструментом вводится специальная рабочая жидкость (водный раствор жидкого стекла). Под действием электрического тока на поверхности обрабатываемой детали образуется защитная пленка с высоким электрическим сопротивлением. Обрабатывающий инструмент непрерывно удаляет значительную часть пленки с поверхности детали и тем самым открывает возможность прохождения тока через обрабатываемую поверхность детали.

В результате электрохимического действия и электроискрового процесса металл снимается с обрабатываемой поверхности детали.

При большой плотности тока возникает большое количество теплоты и металл снимается в основном за счет электроискрового действия.

Положительный полюс подводят к резцу 1 (рис. 11.8), а отрицательный — через скользящий контакт к токопроводящему кругу 2. Рабочая жидкость — водный раствор жидкого стекла — подается через шланг 6 в зону обработки в количестве 8...10 л/мин. Скорость вращения диска 10...18 м/с. Одновременно резцу придается возвратно-поступательное движение небольшой амплитуды. После анодно-механической обработки отсутствуют дефекты, характерные для абразивной заточки (микротрешины, прижоги и т. д.), отпадает необходимость в применении шлифовальных кругов. Производительность анодно-механической заточки ниже абразивной.

Электроабразивная обработка. Такая обработка основана на электрохимическом растворении твердого сплава при одновременном механическом удалении продуктов растворения из зоны обработки. При этом используют электропро - механической обработки.

1. 10 Лекция № 13-14 (4 часа).

Тема: «Другие способы восстановления и упрочнения деталей»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Пайка и область её применения, виды пайки, типы припоев и флюсов.
Особенности технологии пайки твердыми и легкими припоями, применяемые инструменты.
2. Заделка трещин штифтованием, фигурными вставками. Ремонт резьбовых соединений.
3. Особенности восстановления размеров деталей при обработке: отсутствие или повреждение баз, ограниченные значения припусков.
4. Выбор и создание установочных баз. Выбор инструмента и режимов обработки.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1. Пайка и область её применения, виды пайки, типы припоев и флюсов. Особенности технологии пайки твердыми и легкими припоями, применяемые инструменты.

Пайка – технологический процесс соединения заготовок без расплавления их кромок путём смачивания сопрягаемых поверхностей расплавленным припоеем и затем закристаллизовавшемся припоеем.

Для хорошего смачивания соединяемых кромок и заполнения зазора между ними заготовки нагревают до температуры близкой к температуре плавления. Неразъемность соединения обеспечивается за счет взаимного растворения и диффузии припоя и основного материала. Заметим, что паяное неразъемное соединение можно распаять.

Такие соединения выполняются в основном внахлестку и встык.

Современные технологические процессы пайки позволяют получать соединение равнопрочные с основным металлом при статических нагрузках, пригодные для эксплуатации в различных условиях, в том числе при температуре выше 1000° С. Пайка экономичнее сварки, мало меняет химический состав и механические свойства изделий, вызывает меньшие остаточные деформации, но по прочности уступает сварке.

Качественное соединение можно получить при строгом соблюдении технологического процесса, правильном выборе припоя и флюса. Необходимое условие – тщательная очистка соединяемых поверхностей – достигается иногда механической очисткой, чаще - травлением и обезжириванием.

По температуре плавления припоя выделяют две группы процессов пайки:

Пайка низкотемпературная - мягкими припоями (T пл. до 500° С) и пайка высокотемпературная (твердыми припоями, T плавления выше 500° С).

Припои мягкие.

Оловянно–свинцовые: ПОС-90, ПОС-40, ПОС-30 (90-30% Sn, остальное Pb). Применяются для пайки посуды.

Оловянно-свинцовые –сурьмяные - для пайки электрических проводников .

Индиеевые - пайка стекла, кварца, керамики.

Цинковые – пайка алюминия и сплавов.

Твердые припои (T плавления до 1200° С).

Медные (МО... М4 с содержанием Cu от 100 до 99%) для пайки сталей, керамики, тугоплавких материалов.

Медно – цинковые :ПМЦ- 42, ПМЦ –52 (52% Cu), латунь, Л68 с T плавления > 1000 °C; для пайки стали.

Серебряные: ПСр 72, ПСр 92 (92,5% Ag ; 7% Cu ; 0,5% Li) для пайки Cu, Ni, Ti, W и сплавов полупроводников при высоких требованиях к прочности, стойкости к вибрациям.

Медные припои с 4-9% фосфора используют для пайки меди и ее сплавов как самофлюсующиеся, т. е. без применения флюсов.

Флюсы бывают твердые, пастообразные и жидкые.

Флюсы для низкотемпературной пайки.

Канифольные (чистая канифоль или раствор в спирте) для пайки медных сплавов, при добавке некоторых органических веществ – можно паять и медные сплавы, и оцинкованное, никелированное железо.

Галогенидные:

хлористый аммоний NH₄Cl,

хлористый цинк ZnCl₂.

Для пайки почти всех черных и цветных металлов.

Флюсы для высокотемпературной пайки.

Бура Na₂B₄O₇ и борная кислота H₂BO₃ в различных сочетаниях для пайки чугуна, сталей углеродистых и медных сплавов медно – цинковыми и серебряными припоями.

Источники нагрева

Паяльник. Применяется для соединения проводников легкоплавкими оловянно-свинцовыми припоями.

Горелки газосварочные или плазменные.

Печи: электросопротивления, с индукционным нагревом, газопламенные и газовые.

Печи с расплавами солей или припоя. Температура ванны около 800°C.

На очищенные соединяемые поверхности наносят флюс, в зазоре или около размещают припой, скрепляют заготовки и погружают их в ванну.

Соляная ванна предохраняет от окисления.

2. Заделка трещин штифтованием, фигурными вставками. Ремонт резьбовых соединений.

Заделка трещин штифтованием

Заделка трещин штифтованием — весьма трудоемкая операция и требует высокой квалификации слесаря. Ее используют при ремонте деталей, к которым предъявляются условия герметичности (корпуса коробок передач, задних мостов, водяных рубашек блоков цилиндров). Сущность этого способа состоит в том, что трещину по всей ее длине заделывают резьбовыми штифтами. Последние изготавливают из красной меди или бронзы.

Вначале засверливают концы трещины, нарезают в них резьбу и устанавливают штифты. Затем по порядку сверлят отверстия и устанавливают остальные штифты. Концы штифтов рекомендуется расчеканывать, а отремонтированные поверхности — пропаивать. Трещины длиной 50 мм и более заделывать штифтами не следует.

Заделка трещин фигурными вставками

Заделка трещин фигурными вставками позволяет восстанавливать не только герметичность детали, но и ее прочность.

Технология ремонта включает получение в детали специального паза и запрессовку в него заранее изготовленной фигурной вставки. К основным деталям оснастки, от которых зависит качество работы, относятся кондуктор для сверления отверстий паза и сама фигурная вставка.

Трещины заделывают уплотняющими и стягивающими фигурными вставками, которые изготавливают из малоуглеродистой стали 20 или Ст. 3.

Заделка трещины уплотняющими фигурными вставками заключается в следующем. Отступив от конца трещины в сторону ее продолжения на 4... 5 мм, сверлят отверстия

диаметром 4,6 мм для деталей с толщиной стенки до 12 мм и диаметром 6,6 мм — свыше 12 мм на глубину соответственно 3,5 и 6,5 мм. Затем последовательно вдоль трещины сверлят также отверстия с помощью специального кондуктора. Последний переставляют и фиксируют каждый раз по просверленному отверстию. Кроме того, выполняют отверстия и поперек трещины —по два с каждой стороны через каждые пять отверстий. Устанавливают в паз сначала поперечные, а затем продольные вставки, смазав предварительно торцевые и боковые поверхности эпоксидным компаундом, и расклепывают их.

Заделка трещины стягивающими фигурными вставками аналогична способу, рассмотренному выше. Фигурный паз под стягивающую фигурную вставку изготавливают только поперек трещины. С помощью специального кондуктора сверлят шесть отверстий диаметром 3,5 мм на глубину 10 или 15 мм (в зависимости от толщины стенки детали) с шагом больше чем на 0,1...0,3 мм, располагая три отверстия с одной стороны и три — с другой. Перемычку между отверстиями удаляют специальным пробойником в виде пластин толщиной 1,8 или 3,0 мм. В полученный паз запрессовывают фигурную вставку, предварительно обезжирив поверхности и смазав их эпоксидным составом. Трещина стягивается за счет разности размеров шагов между осями отверстий фигурного паза и фигурной вставки.

Заделка трещин постановкой заплат

Заделка трещин постановкой заплат позволяет восстанавливать герметичность в корпусных деталях. Заплату изготавливают из листовой стали 20 толщиной 1,5...2,0 мм, меди или латуни. Ее размер должен быть таким, чтобы она выходила за края пробоины или трещины на 15...20 мм. Крепят заплату винтом или заклепками на расстоянии 10...15 мм одна относительно другой. Перед установкой ее и место трещины промазывают. Под заплату ставят прокладку из стеклоткани и также промазывают ее суриком или герметизирующими смазкой.

3. Особенности восстановления размеров деталей при обработке: отсутствие или повреждение баз, ограниченные значения припусков.

Предварительная обработка изношенных и окончательная обработка деталей имеют свои особенности, которые значительно затрудняют механическую обработку при их восстановлении по сравнению с обработкой при изготовлении новых деталей. К ним относятся:

- трудности с выбором технологических баз (поверхностей, линий, точек, ориентирующих деталь на станке), так как часто после эксплуатации для них характерны износы и повреждения;
- в процессе восстановления деталей наплавкой, осталыванием и др. нанесенные слои обладают высокой твердостью и плохой обрабатываемостью резанием из-за закаливания и наличия в них оксидов, карбидов, шлаковых включений и других примесей;
- в ряде случаев (например, при наплавке) наблюдается неравномерность толщины наплавленного слоя; его толщина (при различных способах дуговой наплавки) в несколько раз превышает износ, что значительно увеличивает объем последующей механической обработки по сравнению с изготовлением новых деталей. Иногда припуск ограничен (при гальваническом наращивании), что может привести к браку «по черноте».

Базами служат поверхности, линии, точки или их совокупности, необходимые для ориентации детали на станке, ее расположения в узле или изделии и. измерения. По назначению они бывают конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторские базы — совокупность поверхностей (линий, точек), от которых заданы размеры и положения деталей и узлов при разработке конструкции машины.

Технологические базы — поверхности (линии и точки), служащие для установки детали на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента.

Измерительные базы — поверхности (линии или точки), от которых измеряют выдерживаемые размеры.

Технологические базы разделяют на основные и вспомогательные:

Основная технологическая база — поверхность (линия, точка), которая используется для ориентации детали на станке, в узле или машине.

Вспомогательные технологические базы — поверхности (линии, точки), которые необходимы при установке детали на станке, но при этом они не влияют на ее работу в машине.

При выборе технологических баз следует руководствоваться следующими положениями.

1. *Использование вспомогательных баз.* В качестве технологических баз используют вспомогательные (центровые гнезда у валов и осей; плоскость и два отверстия у корпусных деталей и др.), так как основные, являясь поверхностями соединения, изнашиваются в процессе эксплуатации и не могут служить технологическими.

2. *Использование основных баз.* У некоторых деталей вспомогательных баз нет, а основные изношены. В качестве технологической выбирают наименее изношенную основную базу, обрабатывают ее и, используя как основную технологическую, обрабатывают остальные поверхности. Этот способ применяют для ремонта корпусных деталей (блоков, коробок передач, задних мостов, корпусов подшипников, ступиц и втулок).

3. *Использование баз соединяемой детали.* В некоторых случаях обрабатываемую деталь более точно можно установить на станок вместе с соединяемой. Примером служит расточка рабочей поверхности тормозного барабана на токарном станке. Тормозной барабан размещают на ступице. Последнюю жестко закрепляют на конусах оправки, установленной в центрах станка.

4. *Создание новых баз.* В случае невозможности использования баз, применяемых при изготовлении деталей, следует в качестве их выбирать обработанные поверхности, которые связаны с поверхностью прямым (без пересчета), возможно, более точным размером. При этом необходимо совмещение установочной и измерительной баз. В противном случае точность изготовления детали снижается (возникает так называемая погрешность базирования).

5. *Обработка при минимальном числе баз.* Лучше всего вести обработку (подготовительную, нанесение покрытия и заключительную механическую) на постоянных базах. В случае их перемены точность обработки снижается.

4. Выбор и создание установочных баз. Выбор инструмента и режимов обработки.

Приспособления применяемые при обработке деталей

В ремонтных мастерских хозяйств применяют универсальные, на ремонтных заводах и ремонтно-технических предприятиях — универсальные и специализированные приспособления.

На токарных и круглошлифовальных станках обычно используют универсальные приспособления для обработки в центрах и патроне.

К приспособлениям для обработки в центрах относят центры (обычно комплект из двух опорных центров), поводковые устройства, центровые оправки и люнеты.

Токарные центры бывают неподвижные и врачающиеся. Их рабочий конус 60° . При обработке полых деталей иногда применяют рифленые центры, которые вставляют в шпиндель станка. Они служат поводком для детали.

Поводковые устройства (хомутики, поводковые планшайбы, поводковые скобы, самозажимные поводковые патроны) предназначены для связи обрабатываемой детали, установленной в центрах, со шпинделем станка.

Центровые оправки устанавливают в центры токарного станка и используют в процессе обработки наружных поверхностей деталей типа «втулка» (стаканов, зубчатых колес и др.).

Люнеты служат для поддержания длинных валов во избежание их прогиба под действием сил резания. Они бывают неподвижные и подвижные.

При патронной обработке детали крепят на токарных и кругло-шлифовальных станках с помощью двух-, трех-, четырехкулачковых и цанговых патронов.

Цанговые патроны по сравнению с кулаковыми более точные и не портят зажимаемую поверхность детали. Используют также специальные патроны, закрепляющие зубчатые колеса по профилю зубьев в процессе шлифования отверстий.

На фрезерных станках детали монтируют с помощью машинных тисков (с винтовым, эксцентриковым, гидравлическим и пневматическим зажимами), поворотных приспособлений с вертикальной и горизонтальной осями вращения, поворотных столов и кассетных приспособлений.

На сверлильных станках в качестве приспособлений применяют кондукторные плиты (могут быть подвесными) с кондукторными втулками; поворотные и опрокидываемые приспособления, различные резцовые оправки.

Восстановление типовых деталей и ремонт сборочных единиц машин и оборудования

Ремонт резьбовых соединений

Наружную резьбу восстанавливают следующими способами:

- нарезанием резьбы ремонтного размера;
- наплавкой и нарезанием резьбы номинального размера;
- электроконтактной приваркой проволоки;
- заменой изношенной резьбовой части детали.

Внутреннюю резьбу восстанавливают следующими способами:

- нарезанием резьбы ремонтного размера;
- нарезанием резьбы номинального размера на новом месте;
- заваркой отверстия и последующим сверлением и нарезанием резьбы номинального размера;
- постановкой резьбовой пробки (ввертыша);
- с применением полимерных композиций;
- установкой резьбовой спиральной вставки.

Восстановление шпоночных пазов и шлицев

У шпоночных пазов изнашиваются боковые грани. При их небольшом износе пазы фрезеруют до выведения следов износа. Допускается увеличение ширины паза на 15 %. В этом случае в соединяемой детали также увеличивают ширину шпоночной канавки и при сборке устанавливают шпонку ремонтного размера. Иногда шпоночный паз соединяемой детали не обрабатывают, а устанавливают ступенчатую шпонку. Если шпоночный паз невозможно восстановить обработкой под ремонтный размер, то его заваривают и фрезеруют паз номинального размера на новом месте. Однако менять положение паза на валу нельзя, если шпонка служит одновременно и для фиксации соединяемой детали в строго заданном положении (например, шпоночный паз распределительного вала).

Шлицы изнашиваются преимущественно по боковой поверхности. Их износ по ширине у деталей автомобилей составляет 0,4...0,6 мм, иногда до 1,0 мм, тракторов — 1...2, иногда до 3...4 мм. У шлицевых валов, центрируемых по наружному диаметру, изнашивается также и эта поверхность. Износ по наружному диаметру обычно составляет 0,1...0,2 мм, но может достигать 0,6...0,7 мм.

Изношенные шлицы восстанавливают следующими способами:

- ручной или механизированной дуговой наплавкой;
- пластическим деформированием;
- электроконтактной наплавкой с одновременной осадкой (комбинированный способ);
- заменой шлицевой части детали.

Восстановление шеек валов и осей

Валы и оси автомобилей, тракторов и другой сельскохозяйственной техники имеют цилиндрические шейки под неподвижные (подшипники качения, шкивы и др.) и подвижные (сальники, шестерни и др.) соединения. Первые изнашиваются равномерно и незначительно (до 0,10...0,15 мм на диаметр), износ вторых может достигать нескольких миллиметров, он чаще неравномерный по диаметру, иногда даже односторонний. В зависимости от значения и характера износа шейки валов и осей восстанавливают следующими способами:

- обработкой под ремонтный размер;
- постановкой дополнительной ремонтной детали;
- пластическим деформированием;
- наплавкой: вибродуговой, в среде защитных газов и др.;
- электроконтактной приваркой ленты;
- металлизацией;
- использованием гальванических покрытий и полимерных материалов.

Восстановление посадочных отверстий.

Наиболее распространенный дефект корпусных деталей — износ поверхности отверстий под подшипники качения, стаканы подшипников и втулки. По данным ГосНИТИ, до 80 корпусных деталей требуют восстановления посадочных поверхностей под подшипники и стаканы подшипников. Износ этих поверхностей колеблется от сотых долей миллиметра до 1 мм. В зависимости от материала и конструкции детали, значения и характера износа поверхности отверстий восстанавливают следующими способами:

- обработкой под ремонтный размер;
- с использованием полимерных материалов;
- постановкой дополнительной ремонтной детали;
- наплавкой;
- электроконтактной приваркой ленты;
- металлизацией;
- посредством гальванических покрытий.

1. 11 Лекция № 15 (2 часа).

Тема: «Энергосберегающие технологии восстановления узлов и агрегатов»

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Технология восстановления головок блоков ДВС фирмы «Мотортехнология».
2. Новые энергосберегающие технологии в восстановлении узлов и агрегатов машин.

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

1. Технология восстановления головок блоков ДВС фирмы «Мотортехнология».

Мотортехнология сегодня – это: Компания, специализирующаяся на комплексных поставках станочного оборудования и профессионального ручного инструмента для ремонта деталей двигателя. Купить станок для ремонта деталей двигателя сейчас стало практически так же удобно и просто, как и любую современную

бытовую технику. Наши менеджеры подберут для Вас станочное оборудование в соответствии с вашими пожеланиями и возможностями. Мотортехнология может оснастить как небольшой гаражный «головочный» участок, так и современный цех авторемонтного завода.

Сервисно-технический центр компании «Мотортехнология» оказывает услуги по качественному ремонту деталей двигателя, осуществляет продажу широкого спектра запасных частей для двигателя, производства ведущих мировых производителей. Все работы в нашем сервисно-техническом центре производятся профессиональными специалистами на высококачественном современном станочном оборудовании. Высочайшая квалификация сотрудников сервисно-технического центра, позволяет выполнять даже самые сложные и нестандартные работы с гарантией качества.



Инструмент для ремонта головок



Станки и оборудование для ремонта двигателя



Ремонт деталей двигателя

NEWAY – технологии при ремонте головок блока цилиндров ДВС.

Технико-экономические показатели двигателя (мощность, крутящий момент, расход топлива и др.) в первую очередь зависят от совершенства протекания рабочих процессов в камере сгорания. Детали двигателя, ограничивающие камеру сгорания – втулка, седло, клапан – испытывают максимальные механические и термодинамические нагрузки, обусловливающие их повышенный износ.

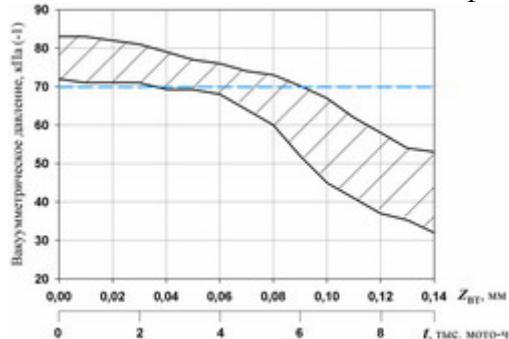
Наиболее распространенными дефектами головок блока цилиндров двигателей по статистике являются: 1 — износ втулок клапанов (до 69% отечественных и до 75% зарубежных ДВС); 2 — износ клапанных седел (до 64% отечественных и до 83% зарубежных ДВС); 3 — износ фасок и стеблей клапанов; 4 — потеря упругости клапанных пружин; 5 — трещины перемычек между отверстиями под распылители форсунок и седлами клапанов; 6 — негерметичность стаканов форсунок и заглушек.

Вышеперечисленные дефекты устранимы заменой деталей либо ремонтом при условии наличия специального оборудования и инструмента. Особое место среди него занимает оборудование для ремонта седел клапанов, без которого обойтись просто невозможно. Назначение такого оборудования – восстановление требуемой геометрии и герметичности сопряжения седло – клапан, нарушенных вследствие воздействия конструктивных и эксплуатационных факторов. Ремонт седел обязателен, потому что измененная при эксплуатации форма контактирующих поверхностей клапана и седла, наличие микрощелей в сопряжениях ухудшают условия работы сопряженных деталей. В результате увеличивается интенсивность износа, наблюдается разрушение рабочих фасок, прогары тарелок клапанов, трещины седел, наличие на фасках смолистых отложений и продуктов неполного сгорания топлива. Такие дефекты вызывают усиленный прорыв газов, снижают степень сжатия, уменьшается мощность двигателя, увеличивается расход

топлива и масла, затрудняется запуск, ухудшаются экологические характеристики двигателя.

Сегодня российский рынок наполнен так называемыми «головочными» станками зарубежного производства. Их поставщики ведут споры о преимуществах и недостатках моделей, что скорее напоминает выяснение личностных отношений и только все больше запутывает. Поэтому предлагаем уйти от сложных моделей, построенных методом анализа конечных элементов, а повторить простые и неоспоримые истины.

Итак, цель ремонта клапанных седел – обеспечить правильную геометрию сопряжений "клапан-седло" и их герметичность, определяемые в свою очередь преимущественно вакуумметрическим давлением и «биением» фаски клапана и седла.



Вакуумметрическое давление (степень герметичности) во впускных сопряжениях клапан-седло двигателя Д-245 в зависимости от смещения оси направляющей втулки Z_{BT} и по наработке t

Для достижения цели требуется обеспечить следующие условия:

- 1 – соосность седла и втулки;
- 2 – соответствие углов фасок седла и клапана;
- 3 – качество поверхностей сопрягаемых фасок (отсутствие дробления, задиров и др.).

Все оборудование для восстановления фаски седла в качестве установочной базы использует внутреннюю поверхность втулки (базирование по пилоту во втулке), поэтому, для соблюдения условия 1, ремонт седел начинают с дефектации втулки, ее замены при необходимости или восстановления. Только при наличии базы с правильной геометрией можно говорить о качественном ремонте (что касается, собственно, любого оборудования).

Степень обеспечения условий 2 и 3 характеризуется непосредственно технологичностью самого оборудования. В связи с тем, что станочное оборудование, как правило, влечет значительные капиталовложения, наибольшую популярность среди ремонтников получил специальный ручной инструмент, явно выигрывающий по себестоимости работ и сроках окупаемости.

Фрезерование седел с использованием ручных инструментов шарошкой применяется с начала XX века. Шароши – это набор фрез, каждая из которых предназначена для обработки фаски с заданным углом и выпускается для конкретной модели двигателя. Шароша жестко фиксируется на направляющем стержне, который затем вставляется и вращается в направляющей втулке клапана с зазором.

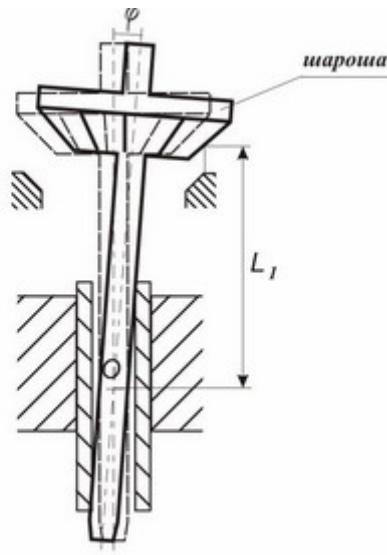


Схема установления шароша во втулке. Значительное отклонение оси обработки от оси втулки неизбежно

Привод фрезы обеспечивается воротком. К единственному преимуществу использования шарошей можно отнести лишь копеечную стоимость. А вот недостатки можно перечислять и перечислять:

- невысокая точность фрезерования фасок, т.к. в кинематической схеме используется вращающийся направляющий стержень который может совершать угловые перемещения в пределах зазора со втулкой;
- высокая вероятность появления эффекта «дробления» на обрабатываемой поверхности из-за равномерного расположения режущих пластин;
- низкая производительность в результате использования большого количества зубьев на фрезе (реализация малых контактных нагрузок режущей пластины на обрабатываемую деталь);
- необходимость перезаточки лезвий арошей после обработки 5....10 головок блока на специальном оборудовании;
- невозможность применения комплекта шарошей для других моделей двигателей в связи с фиксированным диаметром шарошек;
- невысокая точность изготовления комплекта шарошек.

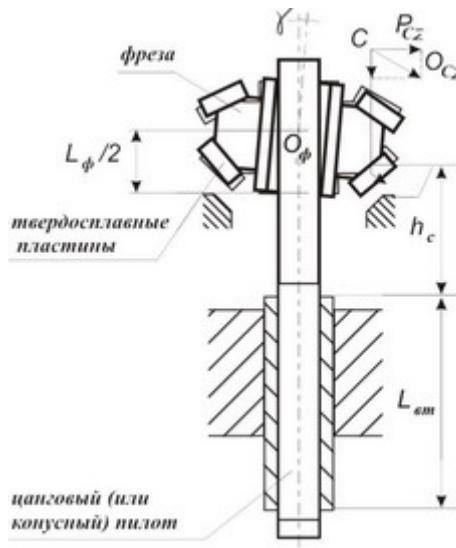
Мотористы со стажем не понаслышке знакомы с ручным профессиональным инструментом Neway (США), который явился для многих первой ступенью в освоении технологии ремонта седел клапанов головок блока цилиндров. Залуженный авторитет и уважение инструмента Neway обусловлено его высокой технологичностью. Технологичность исполнения инструмента Neway позволяет обеспечить выполнение всех трех основных условий ремонта клапанных седел, при этом, он начисто лишен недостатков, присущих шарошкам.

Итак, NEWAY.

Основной комплект инструмента Neway включает:

- направляющий пилот легкоконусный (набор пилотов 3 – 4 шт. на один типоразмер) или с цанговым зажимом (более универсальный вариант);
- фрезу с твердосплавными сменными ножами;
- ключ для вращения фрезы.

Neway имеет схему базирования по жестко фиксируемому пилоту во втулке. Резание осуществляется вращающейся на пилоте фрезой. Зазор в сопряжении пилот – фреза составляет 0,003...0,005 мм. Это ограничивает угловые перемещения фрезы относительно оси (угол γ на рисунке).



Жестко забазированный пилот Neway во втулке

Точность обработки седел с помощью Neway – биение фаски до 0,03 мм. Как и при использовании любого ручного инструмента, результат ремонта зависит от навыков мастера. Контроль точности обработки осуществляется с помощью приспособления Neway для проверки биения фаски седла.

Ножи на фрезах сделаны из сверхтвёрдого материала (карбида вольфрама, 85 HRC), сохраняющего режущие свойства на две и более тысячи седел без промежуточной заточки. Имеются фрезы с расположением ножей под углами 15°, 20°, 30°, 45°, 60°, 70°, 75°, 80°. Для регулирования диаметра обработки, ножи могут перемещаться в своих пазах с дальнейшей фиксацией с помощью специальных зажимов. Например, фреза № 230 предназначена для обработки седел диаметром от 28 до 38 мм (ВАЗ, Москвич, малолитражные иномарки), то есть, каждый из ножей имеет диапазон настройки вылета +5мм. Универсальность применения фрез для различных моделей двигателей – одно из достоинств инструмента Neway. Большая гамма фрез, выпускаемая фирмой Neway, – это возможность обработки седел от мотоциклетных моторов до двигателей тяжелых грузовиков.

В соответствии с технологией ремонта седла и клапана необходимо обеспечить так называемый интерференционный угол (различия углов рабочей фаски клапана и седла на 0,5...1°). При работе ручным инструментом большое влияние имеет человеческий фактор, вызывающий дополнительные погрешности обработки. После обработки седла фрезами Neway образуется микрорельеф рабочей поверхности фаски седла для устранения подобных погрешностей, после первых 10-15 минут работы двигателя, клапан самостоятельно «прихлопывается» к седлу (находит свое место), что обеспечивает его более плотную посадку и идеальную герметичность. В конструкции фрез Neway заложено отклонение угла на 0,5°, а геометрия режущей кромки типа «гребенка» создает микрорельеф рабочей поверхности.

Инструмент Neway для обработки седел можно подобрать в комплекте, либо сформировать для определенного типа машин. После приобретения первого комплекта Neway через некоторое время мотористы расширяют сферу деятельности за счет покупки дополнительных фрез других типоразмеров.

Сделать шаг от шарошкой к профессиональному инструменту, от любительского уровня к профессионализму – просто, выгодно и необходимо. Главное подтверждение этому – динамика бизнеса наших партнеров, большинство из которых начинали отрабатывать технологию ремонта ГБЦ именно с инструментом Neway, а по истечении

времени имели потребность в более производительном специальном станочном оборудовании.

За более чем десятилетний период работы в России, инструментом Neway отремонтированы тысячи головок легковых, грузовых и мотоциклетных двигателей. За это время ручные фрезы Neway успели не только стать популярными, но и любимыми. Трудно найти моториста, который не слышал или не работал инструментом Neway. Фрезами Neway работают и в специализированных дилерских центрах и автомастерских.

Американская компания Neway начала производить инструмент для ремонта деталей двигателей в далеком 1952 году. Актуальность выбранного направления и в наше время неоспорима. В активах фирмы целый комплекс простого, но вместе с тем эффективного и надежного инструмента. В номенклатуре выпускаемой продукции имеется приспособление Gizmatic для обработки клапанов, инструмент для ремонта втулок, приспособление для проверки биения фаски клапана.

Инструмент фирмы «NEWAY» официально рекомендован для применения производителями автомобилей США, Европы, Японии: GMC, FORD, MERCEDES, VW, AUDI, BMW, OPEL, VOLVO, ROVER, SAAB, SCANIA, MAN, PORSCHE, FIAT, PEUGEOT, RENAULT, CITROËN, HONDA, MAZDA, TOYOTA, MITSUBISHI, MAN.

2. Новые энергосберегающие технологии в восстановлении узлов и агрегатов машин.

Как обстоят дела за границей?

А между тем, на наш взгляд, в очень развитой, но очень практической Европе, использовать восстановленные запчасти – реальная и обычная практика. Поэтому вполне резонно рассмотреть этот вопрос в деталях.

При проведении анализа фонда запчастей, изъятых из автомобилей и их агрегатов при ремонте, удалось выяснить то, что не более 20% от их числа можно признать совсем непригодными к эксплуатации, а также 30%, от этого количества, можно установить на подлежащие ремонту автомобили при определенных условиях. Более половины можно восстановить.

Также известно, что место, среди наиболее встречающихся отказов автомобиля, занимает двигатель – от половины поломок и выше. При этом причиной вывода из строя автомобильных деталей в первую очередь является износ рабочих поверхностей. Это может составлять более 50%. Вслед за ним обычно идут случаи повреждения механического характера от 17 до 20%. Возникновение сколов – от 8 до 12%.

В настоящее время в мире используются в основном два типа топливных систем для дизельного двигателя: **насос-форсунки** и система Common-Rail. На грузовиках “Вольво”, “Скания”, ИВЕКО уже более десяти лет устанавливаются насос-форсунки, которые полностью вытеснили рядные насосы. На “Мерседесах” и “Рено” используют систему Common Rail.

Обе системы являются передовыми и постоянно совершенствуются. Основная цель создания таких систем — повышение давления впрыска топлива в цилиндр, которое, в свою очередь, улучшает его распыливание, а следовательно, сгорание. Оптимизация процесса сгорания топлива позволяет уменьшить его расход и, главное, “запихнуть” двигатель во все более ужесточающиеся экологические нормы. Поговорим о системе “насос-форсунка”. Статистика эксплуатации грузовиков “Вольво” в России показывает высокую надежность этой системы. Нередко система работает до 500 000 км. Причем отказ работы всей системы — это большая редкость. В изношенном состоянии машина может пройти еще до 10 000 км, чтобы добраться до пункта назначения, чего нельзя сказать о реечных насосах. При заклинивании одного из плунжеров насос не работает, так как все плунжеры связаны рейкой. Насос-форсунки работают независимо друг от друга, и при выходе одной-двух из строя машина будет двигаться, их просто отключит компьютер, а автомобиль дойдет до пункта назначения и сервиса. Выявить изношенность насос-

форсунок можно задолго до полного их отказа. Первым, как правило, выходит из строя распылитель форсунки, так как он находится в камере сгорания и является наиболее нагруженным узлом в системе — температурная нагрузка, высокие давления (до 1500 кг/кв. см) в момент впрыска. Корпус распылителя может даже расколоться, в этом случае компьютер высвечивает неисправность и отключает сигнал на форсунку — мотор начинает “тробить”. В основном же изнашиваются отверстия в распылителе (увеличивается их диаметр), и подача топлива в цилиндр происходит при сниженном давлении. При этом наблюдается перерасход топлива и, выражаясь на профессиональном сленге, “Вольво” превращается в КамАЗ. Если машина все же хорошо “тянет”, значит, остальные составляющие системы — плунжерная пара и клапан управляющей подачи — изношены не критично. В этом случае можно обойтись заменой распылителя и проехать до капитального ремонта насос-форсунок еще тысяч сто километров. Если же машина дымит и не “тянет” (“зависает” на подъемах), то, как показывает практика, изношены все составляющие насос-форсунки (давление впрыска падает), идет существенный перерасход топлива. В этом случае необходим капитальный ремонт форсунки либо замена ее на новую.

Технология восстановления насос-форсунки

Принципиально в восстановлении форсунки нет ничего сложного. Так же как и капитальный ремонт двигателя, капремонт форсунки подразумевает восстановление рабочих поверхностей всех пар трения и поверхностей уплотняющих фасок. Вот только допуски и посадки деталей насос-форсунок измеряются микронами. Любой ремонт начинается с диагностики. Снятую с двигателя насос-форсунку тестируют на специальном стенде. На форсунку устанавливается новый распылитель, после чего стенд “гоняет” ее на разных режимах: холостой ход, разгон, номинальный режим (условное движение автомобиля с крейсерской скоростью 90 км/ч). Если с новым распылителем форсунка “недоливает” до 10% положенного топлива, значит, плунжерная пара и клапан пока “живы” и можно обойтись заменой только распылителя (и, как мы уже говорили, спокойно ездить еще до 100 000 км). Более 10% “недолива” означает критический износ клапана и, в самом худшем случае, плунжерной пары — клапан не держит те самые 1500 кг/кв. см, цилиндр недополучает топливо. Капитальный ремонт форсунки неотвратим. Восстановление пары трения втулка—клапан выполняется следующим образом. Втулка расшлифовывается до следующего ремонтного размера. Стандарты, принятые в ремонте топливной аппаратуры, подразумевают увеличение диаметра на 50 мкм — этого достаточно, чтобы удалить всю выработку. Сам клапан покрывается хромом, после чего шлифуется до необходимого размера. Шлифуются и поверхности уплотняющих фасок — втулки и клапана. Плунжер восстанавливается аналогичным образом. Однако плунжер покрывается не хромом, а нитритом титана (TiN_2) методом вакуумного напыления. Слой нитрида титана имеет вдвое меньший коэффициент трения по стали по сравнению с парой сталь—сталь и вдвое большую микротвердость поверхности по сравнению со сталью. Нитритом титана может быть покрыт и клапан.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (4 часа).

Тема: «Расточка вкладышей коренных подшипников двигателя Д-50»

2.1.1 Цель работы: научиться растачивать вкладыши коренных подшипников двигателя Д-50

2.1.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с назначением и устройством горизонтально-расточного станка РД-50МБ (ОПР-4811).
2. Практически освоить процесс расточки вкладышей коренных подшипников в блоке двигателя Д-50.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Станок горизонтально-расточной РД-50МБ (ОПР-4811).
2. Борштанга с резцом.
3. Призма с индикаторной головкой часового типа для установки вылета резца.
4. Сменные установочные кольца высотой 13 мм – 4 шт.
5. Индикаторное приспособление с индикатором часового типа для окончательной установки блока – 2 шт.
6. Набор мерных плиток.
7. Индикаторный нутромер 50...100 мм.
8. Микрометр 50...75 мм.
9. Трубный микрометр 0...25 мм.
10. Штангенциркуль 200 мм.
11. Ключ рожковый 27 x 32.
12. Головка торцевая 22 мм.
13. Ключ рожковый 22 x 24.
14. Динамометрический рычаг для торцевой головки.
15. Головка торцевая 12 мм с воротком.
16. Вороток четырехгранный – ключ для установки вылета резца.
17. Консольно-поворотная балка с ручной талью (0,5 т).

2.1.4 Описание (ход) работы:

**Ознакомиться с назначением и устройством горизонтально -
расточного станка РД-50МБ (ОПР-4811)**

Назначение станка РД-50МБ

Станок модели РД-50МБ предназначен для растачивания гнезд коренных подшипников коленчатого вала блока двигателя Д-50 под номинальные и ремонтные размеры (по наружному диаметру вкладышей), а также для растачивания коренных вкладышей в блоке на номинальные и ремонтные размеры при капитальном ремонте двигателя в специализированном ремонтном предприятии.

Техническая характеристика станка РД-50МБ

Основные технические данные горизонтально-расточного станка приведены в табл. 19.

При расточке вкладышей коренных подшипников в блоке на номинальные и ремонтные размеры необходимо установить клиновой ремень на соответствующие шкивы и дросселем установить рабочую подачу плиты с редуктором и борштангой в пределах 55...70 мм/мин.

Устройство и принцип работы станка

- 1) Станина и опорная плита.

Станина 1 станка (рис.1) – сварная конструкция, на которой монтируются все узлы станка.

Опорная плита предназначена для установки и крепления обрабатываемого блока цилиндров и рабочего инструмента. На опорной плите закреплены четыре опорные стойки 18 с выдвижными штырями 21, с гайками; на каждый штырь устанавливают быстросменные кольца высотой 13,00 мм или 12,75 мм, на которые помещают обрабатываемый блок, фиксируемый двумя штифтами (неподвижными), которые при установке блока входят в технологические отверстия, расположенные на плоскости разъема с крышкой масляного картера. Крепление блока к плите осуществляется прижимом 6, устанавливаемого на опорной плите с помощью двух тяг 22.

Расточка блока или вкладышей производится борштангой 14, приводимой в движение: вращательное – от привода с электродвигателем 27 через редуктор 13; поступательное (подача) – посредством гидропривода.

Включение электродвигателей осуществляется с помощью переключателя 28, кнопочных станций 29, 30 (для вращения борштанги) и кнопочной станции 31 (для подачи борштанги).

Необходимое предварительное положение блока по отношению к борштанге достигается: по высоте – соответствующей регулировкой положения гаек и колец опорных стоек; в продольном направлении – с помощью установочных штифтов, установленных на опорных стойках, входящих в специальные базовые технологические отверстия блока на плоскости разъема с крышкой картера.

Таблица 1 – Технические параметры станка РД-50МБ

Наименование параметра	Нормы, техусловия
1. Тип станка	Горизонтально-расточной, одношпиндельный
2. Привод вращения борштанги	От электродвигателя через клиновременную передачу и редуктор 282 (на постелях по чугуну); 1300 (на вкладышах)
3. Угловая скорость борштанги, мин ⁻¹	По шестому квалитету (H6)
4. Предельные отклонения размеров постелей блока после растачивания	2,2
5. Характеристика электродвигателя привода вращения борштанги:	930
– мощность, кВт	Правое (со стороны редуктора)
– частота вращения, мин ⁻¹	
6. Направление вращения борштанги	
7. Подача подвижной плиты редуктора с борштангой	Гидравлическая регулируемая от 0,0017 до 0,0208 м/с (от 1,08 до 124,8 мм/с)
8. Рабочий ход подвижной плиты редуктора, мм	110
9. Максимальный ход подвижной плиты редуктора, мм	125
10. Характеристика гидропривода:	
– тип насоса	БГ 11-22А ГОСТ 15707-69
– производительность, л/с	12
– давление, МПа	2,5
11. Производительность станка	3...4 блока в час на постелях; 4...5 блоков в час на вкладышах

Необходимое положение борштанги по отношению к обрабатываемому блоку цилиндров и обеспечение возможности ее движения достигается установкой на опорной плите опорных подшипников 15, 16. Втулки опорных подшипников имеют направляющие сухари и пазы, которые обеспечивают свободный проход через них борштанги с резцами.

Для плавного опускания блока цилиндров на опорные кольца и установочные штифты и для подъема его после обработки в опорной плите смонтирован подъемный механизм, состоящий из четырех подвижных штырей, двух эксцентриковых валиков 19, 20, соединенных тягой 25 и приводимым в движение рукояткой 23.

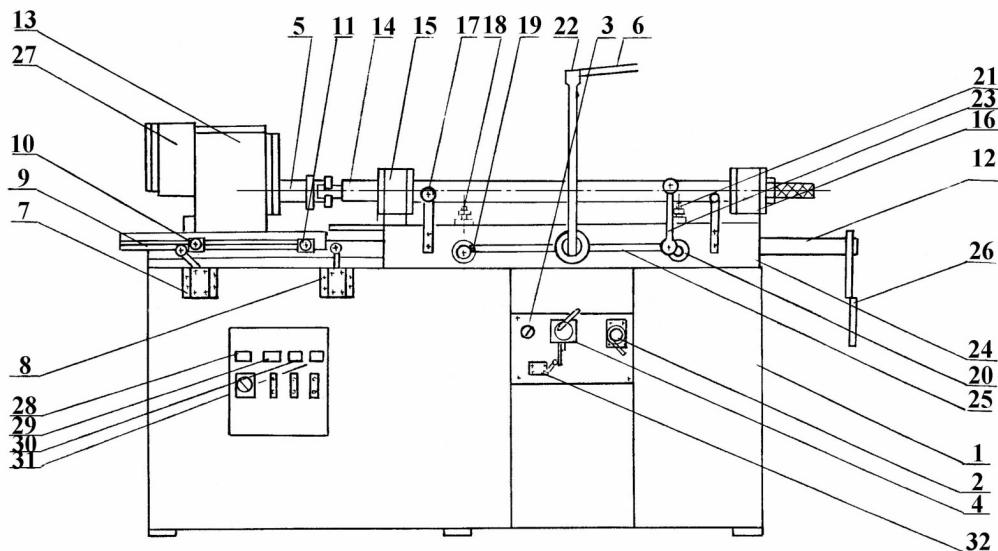


Рисунок 1 – Общая схема горизонтально-расточного станка РД-50МБ:

1 - станина; 2 - рукоятка дросселя; 3 - манометр; 4 - кран управления; 5 - хвостовик шпинделя редуктора; 6 - прижим; 7, 8, 32 - концевые выключатели; 9 - плита подвижная; 10, 11 - кулачки; 12 - кронштейн борштанги; 13 - редуктор; 14 - борштанга; 15, 16 - опорные подшипники; 17 - винт установки блока; 18 - стойка опорная; 19, 20 - валики эксцентриковые; 21 - опорный штырь стойки; 22 - тяга прижима; 23 - рукоятка подъемного механизма; 24 - плита опорная; 25 - тяга; 26 - рукоятка опорного сектора кронштейна борштанги; 27 - привод борштанги с электродвигателем; 28 - переключатель частоты вращения электродвигателя; 29 - кнопочная станция низкой частоты вращения; 30 - кнопочная станция высокой частоты вращения; 31 - кнопочная станция гидроподачи подвижной плиты

2) Редуктор привода и подвижная плита.

Редуктор 13 (рис. 1)привода вращения борштанги (с электродвигателем) 27, установленный на подвижной плате 9, предназначен для понижения частоты вращения электродвигателя до заданных значений скоростей вращения борштанги. Привод редуктора осуществляется от электродвигателя 7 (рис. 79) со шкивом 5 посредством клиноременной передачи 8.

Вращение борштанге 10 через муфту 9 передается от ведущего вала 2 со шкивом 1 редуктора через шестерни 3 на ведомый вал 4 с хвостовиком 6 и шкивом 15. Вращение борштанги в подшипниках 11, если смотреть со стороны редуктора в направлении рабочей подачи, должно быть по часовой стрелке.

На подвижной плате 13 (рис.2) установлены кулачки 10, 11 (рис.78). Кулачки предназначены для автоматического выключения электродвигателя привода вращения борштанги и электродвигателя насоса гидросистемы подачи после окончания обработки блока; кулачек 10 (рис.78) предназначен для отключения электродвигателя гидросистемы подачи после отвода редуктора в исходное положение. Выключение указанных

электродвигателей производится концевыми выключателями 7, 8 (рис.1), закрепленными на плате 12 (рис.2), при нажатии кулачков 10, 11 на ролики рычагов выключателей.

3) Гидравлическая система подачи.

Гидравлическая система подачи (рис.3) предназначена для осуществления подачи борштанги при расточке опорных поверхностей или вкладышей блока.

Гидравлическая система подачи состоит из:

- бачка 10 для масла;
- насоса 9, предназначенного для подачи масла в гидросистему и создания в ней определенного давления;
- фильтра 8 для очистки масла;
- предохранительного клапана 7 с переливным золотником для слива масла из системы при повышении давления выше установленного 1,2 МПа ($12 \text{ кгс}/\text{см}^2$);
- манометра 6 для контроля давления масла в системе;
- крана управления 5, при помощи которого осуществляется изменение направления движения подачи;
- дросселя с регулятором 4, который обеспечивает регулировку скорости подачи подвижной плиты с борштангой;
- обратного клапана 3, с помощью которого осуществляется увеличение скорости обратного хода подачи по сравнению с рабочим ходом при одном и том же положении регулятора дросселя;
- гидроцилиндра 14 (рис.2), 1 (рис.3) с поршнем, установленных на неподвижной плате 12 (рис.2), при помощи которых осуществляется возвратно-поступательное движение подачи;
- системы трубопроводов 2, предназначенной для подачи масла к соответствующей аппаратуре и узлам гидросистемы.

Гидросистема подачи работает следующим образом.

В положении крана управления 5 (рис.3), соответствующему рабочему ходу подачи, при включении в работу насосного агрегата кнопкой 31 (рис.1), насос подает масло из бачка через фильтр, кран управления в цилиндр с левой стороны поршня (рис.3).

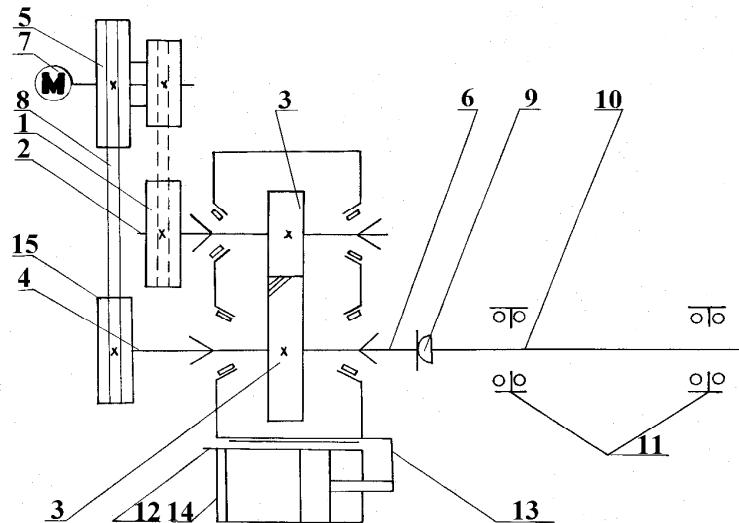


Рисунок 2 – Кинематическая схема станка РД-50МБ:

1 - шкив редуктора; 2 - ведущий вал редуктора; 3 - шестерни редуктора; 4 - ведомый вал редуктора; 5 - шкив электродвигателя; 6 - хвостовик; 7 - электродвигатель; 8 - клиновременная передача; 9 - муфта соединительная; 10 - борштанга; 11 - опорные подшипники борштанги; 12 - неподвижная плита с гидроцилиндром; 13 - подвижная плита с редуктором; 14 - гидроцилиндр; 15 – шкив шпинделя редуктора.

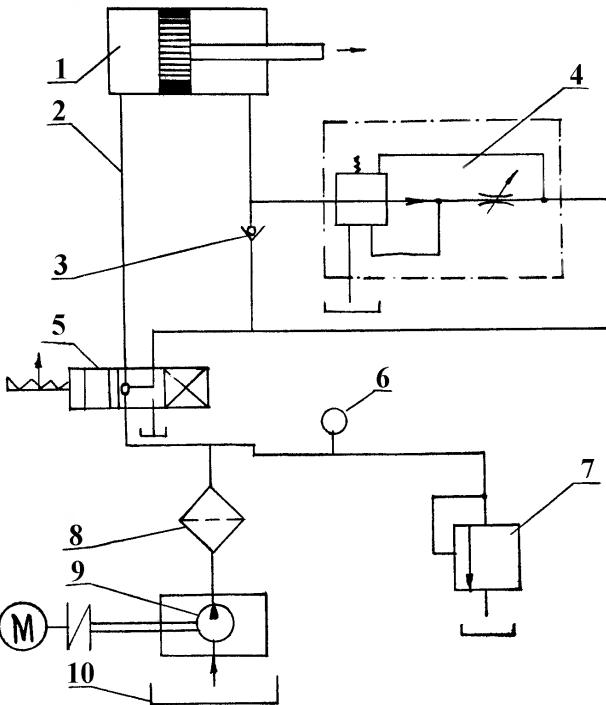


Рисунок 3 – Гидравлическая система подачи:

1- гидроцилиндр; 2- трубопроводы; 3- клапан обратный Г51-21; 4- дроссель с регулятором ПГ-55-22; 5- кран управления 171-21; 6- манометр малогабаритный С-16/III ГОСТ 8625-65; 7- клапан предохранительный с переливным золотником; 8- фильтр С.Т2Г41-13; 9- установка насосная БГН-22А; 10- бачок.

Когда давление в цилиндре достигает требуемой величины, что происходит почти мгновенно, поршень начинает перемещаться вправо, приводя в движение с помощью штока подвижную плиту редуктора. При этом масло из правой части цилиндра поршнем будет вытесняться через дроссель, имеющий пропускное отверстие регулируемого сечения, и сливаться в бачок. В зависимости от сечения отверстия будет изменяться пропускная способность дросселя, будет меняться количество масла, проходящего через дроссель в единицу времени, что повлечет за собой изменение скорости движения поршня, а значит и скорости подачи. Чем больше сечение, тем выше скорость, и наоборот.

В положении крана управления, соответствующему обратному ходу подачи, насос будет подавать масло из бачка через фильтр, кран управления, дроссель и обратный клапан в правую сторону цилиндра. Под давлением масла поршень начинает перемещаться влево, приводя в движение подвижную плиту редуктора; скорость движения в обратную сторону будет больше, так как масло сливается из левой половины цилиндра беспрепятственно, а в правую поступает не только через дроссель, но и через обратный клапан. Заданное давление в гидросистеме обеспечивается предохранительным клапаном.

4) Борштанга и установочное приспособление для резцов.

Обработка блока производится с помощью борштанги (рис.4), представляющей собой цилиндрический вал с ручкой, в котором имеются гнезда для размещения резцов.

Для установки резцов в борштангах на заданный размер применяется специальное устройство - “наездник”. Основной частью приспособления (рис.5) является призма, при помощи которой достигается точная установка приспособления на теле борштанги.

На призме имеются разрезная втулка и зажимной винт, при помощи которых в ней закрепляется индикатор часового типа с пределами измерения 0...10мм.

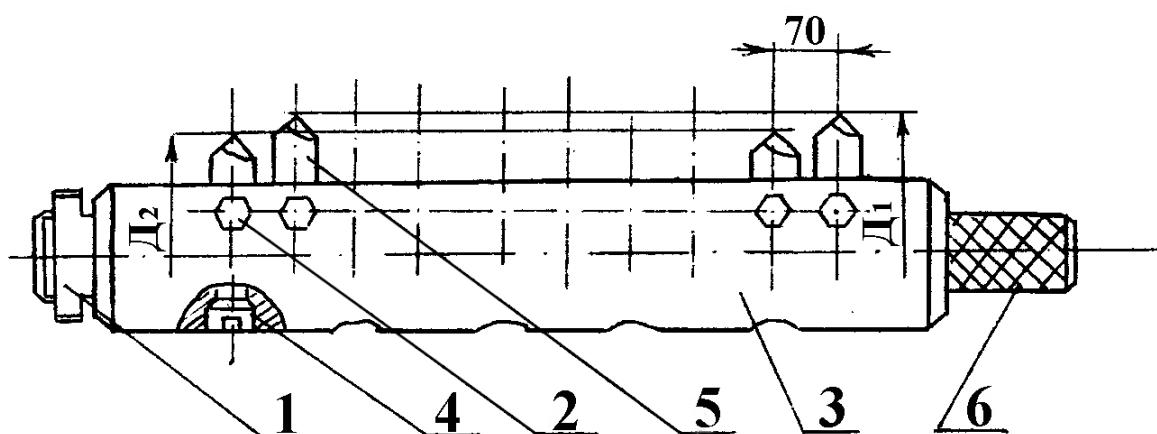


Рисунок 4 – Борштанга в сборе:
1 - поводок; 2, 4 - винты; 3 - борштанга; 5 - резец; 6 - ручка.

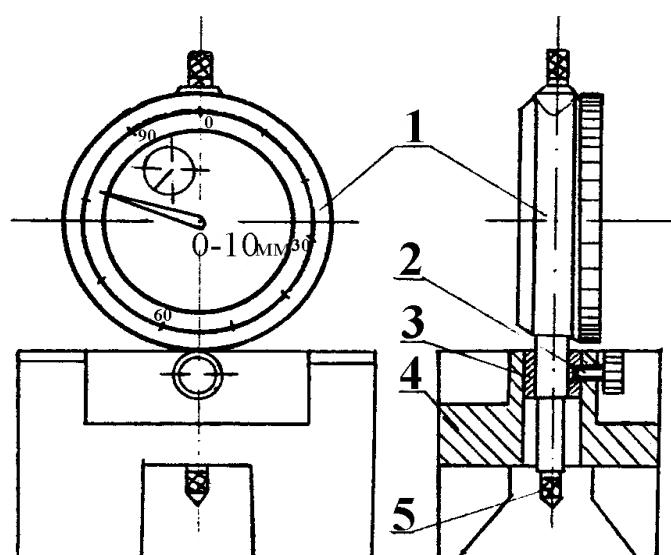


Рисунок 5 – Приспособление для установки резцов на борштанге:
1 - индикатор часового типа; 2 - винт зажимной; 3 - втулка разрезная; 4 - призма; 5 - ножка индикатора.

Практически освоить процесс расточки вкладышей коренных подшипников в блоке двигателя Д-50

Рассчитать ремонтный размер расточки вкладышей

- 1) Измерить трубным микрометром (0...25 мм) толщину вкладышей третьего коренного подшипника (по рис. 6). Результаты измерений внести в таблицу отчета по работе.

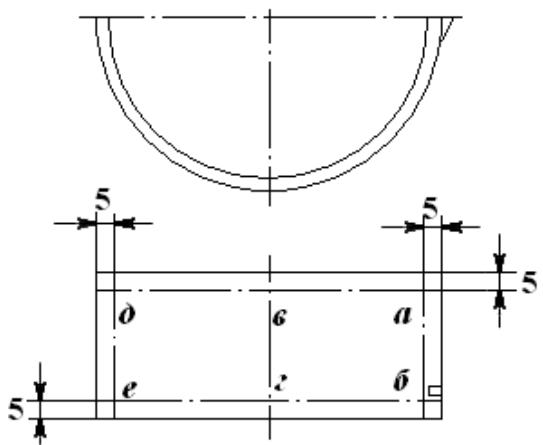


Рисунок 6 – Схема замеров вкладышей

2) По результатам 12^и измерений рассчитать среднюю фактическую толщину вкладыша.

По данным табл. 20 с учетом фактической толщины вкладышей предварительно определить номер размерной группы, которая должна быть получена после расточки вкладышей. Среднюю толщину вкладышей занести в отчет.

3) Установить в гнездо третьей коренной опоры блока и нижнюю крышку вкладыша, предназначенные для расточки.

4) Затянуть болты нижника коренного подшипника динамометрическим ключом с моментом затяжки 190...210 Н·м (19...21 кгс·м).

В случае необходимости расточки всех опорных подшипников блока необходимо соблюдать определенную последовательность затяжки гаек (болтов) нижних крышек (рис. 84).

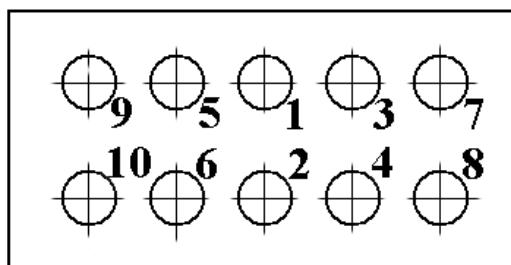


Рисунок 7 – Последовательность затяжки гаек (болтов) нижних крышек коренных опор блока.

Таблица 2 – Размеры вкладышей коренных подшипников и шеек коленчатого вала двигателя Д-50

Обозначение размерной группы вкладышей и валов	Диаметр коренных шеек вала, мм	Внутренний диаметр подшипника, мм	Толщина вкладыша, мм
1Н	$75,25^{+0,082}_{-0,095}$	$75,25^{+0,031}_{-0,010}$	$3,75 \pm 0,005$
2Н	75,00*	75,00*	4,00*
P1	74,50	74,50	4,25
P2	74,00	74,00	4,50
P3	73,50	73,50	4,75
P4	73,00	73,00	5,00

Примечание: * – предельные отклонения указанного и последующих ремонтных размеров такие же, как и для группы 1Н.

5) Индикаторным нутромером произвести замеры внутреннего диаметра подшипника в двух сечениях и двух направлениях; определить наибольший внутренний диаметр подшипника с точностью до 0,01мм; результаты измерения внести в отчет.

6) По средней толщине вкладышей и наибольшему диаметру подшипника выбрать ремонтный размер, на который следует растачивать подшипник (табл. 2). Номер размерной группы вкладышей внести в отчет.

Определить вылет резца

Определить необходимый вылет резца по формуле

$$\Pi = (\Pi_1 + \Pi_2)/2$$

где Π_1 , Π_2 – вылеты резца с учетом размеров расточки, взятых с верхним и нижним предельными отклонениями (табл. 2), мм.

Вылет резца Π_1 с учетом размера расточки с верхним отклонением рассчитать по формуле

$$\Pi_1 = (D_1 - d)/2$$

где D_1 – размер, под который необходимо расточить вкладыши, взятый с верхним отклонением (табл. 2), мм;

d – диаметр борштанги, полученный измерением её цилиндрической поверхности микрометром с точностью до 0,01 мм.

Вылет резца Π_2 с учетом размера расточки с нижним отклонением (табл. 2), рассчитать по формуле

$$\Pi_2 = (D_2 - d)/2,$$

где D_2 – размер, под который необходимо расточить вкладыш, взятый с нижним отклонением (табл. 20), мм.

Результаты расчетов внести в отчет по работе.

Установить вылет резца на борштанге

1) Набрать блок плоскопараллельных мер длины, равный размеру Π вылета резца.

2) Выдвинуть борштангу 14 из опорных подшипников так, чтобы левая часть осталась в подшипнике, а правая часть опиралась на сектор 26 кронштейна 12 (рис.1).

Установить приспособление (рис.5) для установки вылета резца (“наездник”) рабочими поверхностями призмы на цилиндрическую поверхность борштанги так, чтобы ножка индикатора часового типа находилась над цилиндрической поверхностью борштанги.

3) Поместить под ножку индикатора “наездника” набор мерных плиток и, установив большую шкалу индикатора на ноль, записать показания стрелки малой шкалы. По малой шкале индикатора производится отсчет в мм, по большой – в сотых долях мм.

4) Снять с борштанги “наездник” и блок мерных плиток.

5) Освободить прижимной винт резца борштанги для расточки третьего коренного подшипника (рис.4).

6) Установить “наездник” над вершиной резца, прижимая боковые поверхности призмы к цилиндрической части борштанги таким образом, чтобы ножка индикатора коснулась вершины резца, а большая стрелка при этом отклонилась на 0,20...0,30 мм.

7) Если стрелка не отклонилась, т.е. нет контакта между ножкой индикатора и вершиной резца, то следует выворачиванием установочного винта резца выдвинуть его из отверстия борштанги и добиться указанного отклонения большой стрелки.

Если отклонение стрелки по большой шкале больше указанного (0,20...0,30 мм), следует вывертывать установочный винт и, нажимая на резец, углублять его в отверстие борштанги до необходимого положения.

8) Удерживая “наездник” на борштанге и ножку индикатора на вершине резца посредством его перемещения установочным винтом добиться такого его положения в отверстии борштанги, чтобы показание малой стрелки соответствовало записанному ранее

(п.3), а показание стрелки по большой шкале было бы равно нулю. Точность установки должна быть не менее 0,005 мм.

9) Закрепить резец при помощи прижимного винта и после этого ещё раз проверить точность установки вылета резца. При необходимости установку вылета резца уточнить, повторив п.п.5...8.

Установить блок на станок

- 1) Опустить тягу прижима 22 (рис.1) в нижнее положение.
- 2) Установить на подвижные опорные стойки сменные установочные кольца размером 13 мм; при этом регулировочные гайки должны находиться в нижнем положении.
- 3) При помощи рукоятки 23 установить штыри в верхнее положение.
- 4) Отвернуть винт крепления крепежной планки блока к верстаку.
- 5) Снять при помощи тали блок с кронштейнов и смазать растачиваемые вкладыши маслом.
- 6) Установить блок на станок так, чтобы два технологических отверстия на плоскости разъема совпали с упорами станка и ослабить таль.
- 7) Рукояткой 23 установить подвижные упоры в среднем положении и добиться, чтобы неподвижные упоры (штыри) вошли в технологические отверстия в плоскости разъема блока с масляным картером.
- 8) Повернуть борштангу так, чтобы резец находился в верхнем положении. Ввести борштангу через блок во втулку второго опорного подшипника.
- 9) Опустить блок на опорные кольца поворотом рукоятки 23 в крайнее положение. Поставить тягу в прижим блока и предварительно закрепить блок прижимом на опорный плите.

Проверить и установить соосность коренных опор и борштанги

- 1) Установить в пазы втулок опорных подшипников индикаторные приспособления для точной установки блока (рис.85), причем головки наконечников приспособлений должны касаться поверхности постелей не глубже 5 мм от внешних торцов блока (по меткам на рычагах наконечников).
 - 2) Индикатор должен быть расположен вертикально, а рычаг наконечника должен быть закреплен таким образом, чтобы натяг (по малой шкале) был равен 2...3 мм.
 - Установить “ноль” большой шкалы индикатора против стрелки, записать показания малой шкалы.
 - 3) Поворачивать борштангу вместе с центрирующими приспособлениями в опорных подшипниках на 60...80° от вертикали в обе стороны и наблюдать за отклонениями стрелки большой шкалы от нулевого положения.
 - 4) В случае отклонения стрелки от нуля больше чем на 0,01 мм, сместить блок по опорным кольцам при помощи четырех винтов 17 (рис.78), добиваясь такого положения, чтобы при проворачивании борштанги на 120...160° отклонения стрелки большой шкалы не превышали 0,01мм.
 - 5) Центрирование опорных поверхностей блока относительно оси борштанги выполнить последовательно для первой и пятой опор.
- После этого окончательно закрепить блок прижимом.
- 6) Извлечь индикаторные приспособления из пазов втулок опорных подшипников.

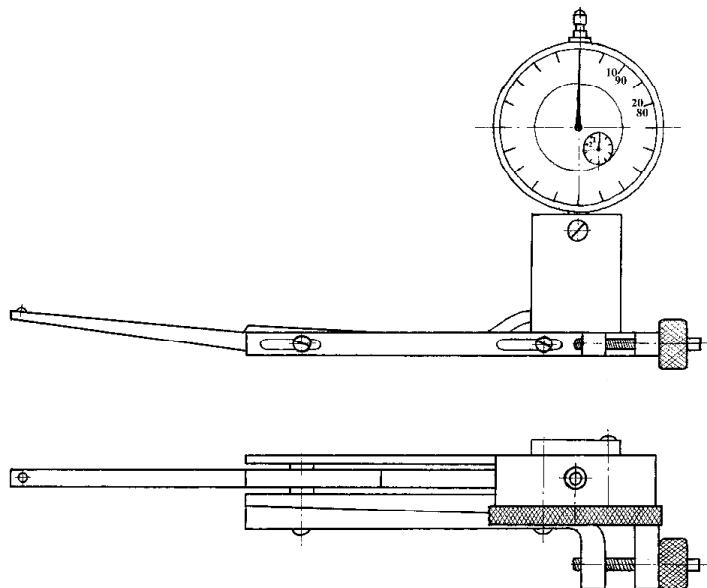


Рисунок 8 – Индикаторное приспособление для окончательной установки блока.

Расточить третий коренной подшипник

1) Соединить борштангу с хвостовиком привода редуктора 5 (рис.1), предварительно сняв защитный чехол. После соединения чехол установить на место. Следует помнить, что редуктор привода предварительно должен быть установлен в крайнее левое положение.

2) Уточнить положение резца относительно растачиваемого вкладыша. Установить рычаг крана управления 4 в положение “подача”. Убедиться, что переключатель 28 установлен в положение высокой частоты вращения вала двигателя, а рукоятка дросселя 2 – в положение “1” (указатель) и “0” (лимб). Кнопкой 30 включить двигатель редуктора, при этом начнется вращение борштанги.

3) Кнопкой 31 включить гидроподачу и отрегулировать ее дросселем 2 от одного до трех мм/с (по лимбу).

4) После автоматической остановки двигателей упором, который действует на конечный выключатель, освободить прижим блока от тяги и винтовые упоры крепления блока в горизонтальной плоскости.

5) При помощи рукоятки 23 поднять блок в среднее положение.

6) Освободить от зацепления с хвостовиком редуктора борштангу. Повернуть ее так, чтобы резец находился в верхнем положении и выдвинуть борштангу таким образом, чтобы она находилась одним концом во втулке заднего опорного подшипника, а средней частью – на секторном упоре. Уточнить, не мешает ли борштанга снятию блока со станка.

7) При помощи тали снять блок со станка, установить его на кронштейны верстака, закрепить болтом.

8) Замерить диаметр подшипника после расточки. Данные измерений занести в отчет.

9) Извлечь вкладыши из блока. Измерить при помощи микрометра толщину вкладышей и данные записать в отчет

2.2 Лабораторная работа № 2 (4 часа).

Тема: «Ремонт цилиндров ДВС растачиванием и хонингованием на станках 278Н и 3Б833»

2.2.1 Цель работы: научиться восстанавливать цилиндры двигателя на примере двигателя ГАЗ-51

2.2.2 Задачи работы:

- 1) Ознакомиться с назначением и устройством станков для растачивания и хонингования гильз цилиндров двигателей.
- 2) Практически освоить технологический процесс ремонта цилиндра двигателя ГАЗ-51.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Станок расточной модели 278 Н.
2. Станок хонинговальный модели 3Б833.
3. Блок цилиндров двигателя ГАЗ-51.
4. Медный молоток.
5. Конусная оправка.
6. Индикаторное приспособление для центрирования цилиндров с индикатором часового типа.
7. Призма («наездник») с микрометрической головкой.
8. Индикаторный нутромер НИ (ГОСТ 868-72) с пределами измерения 50...100 мм.
9. Микрометр (ГОСТ 6507-60) с пределами измерения 75...100 мм.
10. Штангенциркуль типа ШЦ-2 (ГОСТ 166-73) с пределами измерения 0...160 мм.
11. Ключ рожковый 22 x 24.

2.2.4 Описание (ход) работы:

Ознакомиться с назначением и устройством станков для растачивания и хонингования гильз цилиндров двигателей

Назначение и устройство станка модели 278 Н

1) Одним из наиболее распространённых способов восстановления работоспособности цилиндров (гильз) блоков д. в. с. является способ ремонтных размеров. В этом случае технологический процесс включает такие основные операции, как растачивание цилиндра под ремонтный размер и хонингование. Основное технологическое оборудование - вертикально-расточная станок типа 278 Н и хонинговальный станок типа 3Б833.

2) Станок модели 278 Н предназначен для расточки блоков цилиндров и гильз д. в. с., компрессоров, корпусов вакуумных насосов и других деталей, а также для сверления и расточки отверстий в отдельных деталях, фрезерования, зенкерования и развёртывания.

3) Основные технические данные станка 278 Н: номинальный диаметр растачиваемых отверстий - 27...320 мм; наибольший ход шпиндельной бабки – 800 мм; частота вращения шпинделя – 80...450 мин⁻¹; мощность электродвигателя – 1,7 кВт.

4) Рабочее вращение шпинделя совместно с рабочей подачей шпиндельной бабки осуществляется (рис. 86) при верхнем положении рукоятки включения рабочей, ускоренной и ручной подачи, включением шестерен 22 и 1 и переключением шестерни 28 в 27.

5) Механическое ускоренное перемещение шпиндельной бабки при остановленном шпинделе осуществляется включением шестерён 22 и 24 и выключением шестерни 28 из шестерни 27, благодаря чему винт 47 отключается от червячной шестерни 19.

6) Перемещение шпиндельной бабки вручную осуществляется включением шестерён 23 и 1 и зацеплением шестерни 29 с неподвижным зубом, благодаря чему винт 47 удерживается от вращения с помощью маховика через червячную пару 46, 52 гайки ходового винта. В этом случае шестерня 28 разъединена с шестерней 27, поэтому вращение червячной шестерни 19 не передаётся ходовому винту, она вращается вхолостую.

7) Отключение шпинделя от кинематической цепи осуществляется при помощи кулачковой муфты, расположенной на валу 56.

Назначение и устройство станка модели 3Б833

1) Станок модели 3Б833 предназначен для хонингования отверстий в гильзах, блоках, шатунах д. в. с., цилиндрах компрессоров, корпусов вакуумных насосов и других деталях.

2) Основные технические данные станка 3Б833: диаметр хонингования - 30...165 мм; ход шпинделя - 0...600 мм; частота вращения шпинделя - 175...400 мин⁻¹; скорость возвратно-поступательного движения - 3...18 м/мин

3) Вращательное движение хонинговальной головки (рис. 87) или шпинделя 30 осуществляется от электродвигателя 29 через вариатор 28, 27, через конические шестерни 1 и 2, шлицевой вал 3, цилиндрические шестерни 4, 5 и 6. При этом скорость вращения хонинговальной головки регулируют на ходу при помощи рукоятки 26.

4) Вертикально-поступательное движение хонинговальной головки осуществляется от электродвигателя 25 через клиноременную передачу 20 на коническую шестерню 21. Затем, в зависимости от включения электромагнитных муфт (18 или 23) получается правое или левое вращение шестерни 12, которая входит в зацепление с рейкой ползуна 13 и перемещает вверх и вниз хонинговальную головку.

5) Скорость вертикально-поступательного движения хонинговальной головки изменяется при помощи сменных шестерён 15 и 16, устанавливаемых на валах 14 и 17. Величина рабочего перемещения ползуна 13 регулируется смещением упоров 24 по кольцевой канавке шестерни 10.

Практически освоить технологический процесс ремонта цилиндра двигателя ГАЗ-51

Расточить цилиндр под ремонтный размер на станке 278 Н

1) Проверить на установочной плоскости блока (плоскость разъёма масляного картера) наличие грязи и забоин. В случае обнаружения очистить грязь и исправить забоины.

2) Поставить блок цилиндров плоскостью разъёма на стол расточного станка 278Н.

3) Уточнить у учебного мастера, какой из цилиндров блока необходимо расточить под ремонтный размер.

4) Определить техническое состояние цилиндра, подлежащего расточке. Для этого внешним осмотром установить, нет ли на зеркале цилиндра трещин, пробоин или обломов буртика гильзы (если блок гильзован).

5) Измерить диаметры цилиндра с помощью индикаторного нутромера в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (перпендикулярной и параллельной оси коленчатого вала) и в трёх сечениях по высоте. При этом первое сечение берётся на расстоянии 15...20 мм от верхней кромки цилиндра, второе – в средней части и третье – на расстоянии 15...20 мм от нижней кромки цилиндра.

Результаты измерений внести в таблицу отчета по работе.

6) Определить наименьший размер мм, до которого возможно расточить цилиндр, по формуле:

$$D_{n.p.} = D_{max} + 2(a+\delta),$$

где D_{max} – наибольший диаметр изношенного цилиндра (табл. 3.2), мм;

a – припуск на невыход резца (0,05...0,1 мм);

δ – припуск на последующую обработку (0,02...0,06 мм).

Наименьший размер $D_{n,p}$ внести в отчет.

7) По табл. 1 выбрать ремонтный размер, под который следует растачивать цилиндр.

Ремонтный размер выбирается как ближайший больший от расчетного размера $D_{n,p}$.

В учебных целях в качестве ремонтного размера D_{pp} принимается размер D_{max} , увеличенный на 0,02...0,05 мм.

Выбранный ремонтный размер с отклонениями (табл. 1) D_{pp} записывается в отчет.

8) Предварительно отцентрировать цилиндр, подлежащий расточке, со шпинделем расточного станка, для чего выполнить следующее:

1. Ввернуть в торец резцовой головки конусную оправку;
2. Установить блок на столе станка так, чтобы растачиваемый цилиндр находился под конусной оправкой;
3. При помощи маховика ручного перемещения шпиндельной бабки плотно ввести конус в цилиндр, подлежащий расточке;
4. Закрепить блок цилиндров на столе четырьмя планками с помощью болтов с гайками
5. Затяжку гаек провести осторожно, с малым усилием чтобы закрепленный блок перемещался от лёгких ударов медного молотка;
6. При помощи маховика ручного перемещения шпиндельной бабки вывести шпиндель с конусом на высоту, позволяющую снять конус с резцовой головки;
7. Вывернуть конус из резцовой головки шпинделя.

Таблица 1 – Нормальные и ремонтные размеры цилиндров карбюраторных двигателей, мм

Размеры цилиндров	Двигатель					
	ГАЗ-51, ГАЗ-69		ЗМЗ-53 (ГАЗ-53, ГАЗ-3307)		ЗИЛ-130	
	увеличение диаметра	диаметр гильз	увеличение диаметра	диаметр гильз	увеличение диаметра	диаметр гильз
1 ^й нормальный	-	$81,88^{+0,06}$	-	$92,0^{+0,06}$	-	$100,0^{+0,06}$
2 ^й нормальный	-	$82,0^{+0,06}$	-	-	-	-
1 ^й ремонтный	0,5	$82,5^{+0,06}$	0,5	$92,5^{+0,06}$	0,5	$100,5^{+0,06}$
2 ^й ремонтный	1,0	$83,0^{+0,06}$	1,0	$93,0^{+0,06}$	1,0	$101,0^{+0,06}$
3 ^й ремонтный	1,5	$83,5^{+0,06}$	1,5	$93,5^{+0,06}$	1,5	$101,5^{+0,06}$
4 ^й ремонтный	2,0	$84,0^{+0,06}$	-	-	-	-

Примечание: допускается увеличение ремонтных размеров при наличии поршней размера $84^{+0,046}$

9) Окончательно отцентрировать цилиндр относительно оси шпинделя, для чего:

1. В резьбовое торцевое отверстие резцовой головки завернуть индикаторное приспособление для центрирования обрабатываемой поверхности цилиндра относительно оси шпинделя (рис. 3);
2. Ввести шпиндель с индикаторным приспособлением в цилиндр так, чтобы рычаг индикаторного приспособления был углублён в цилиндр на 3...5 мм от верхнего края цилиндра;
3. Рычаг приспособления должен касаться поверхности цилиндра с натягом (по шкале индикатора) 1,5...2,0 мм;

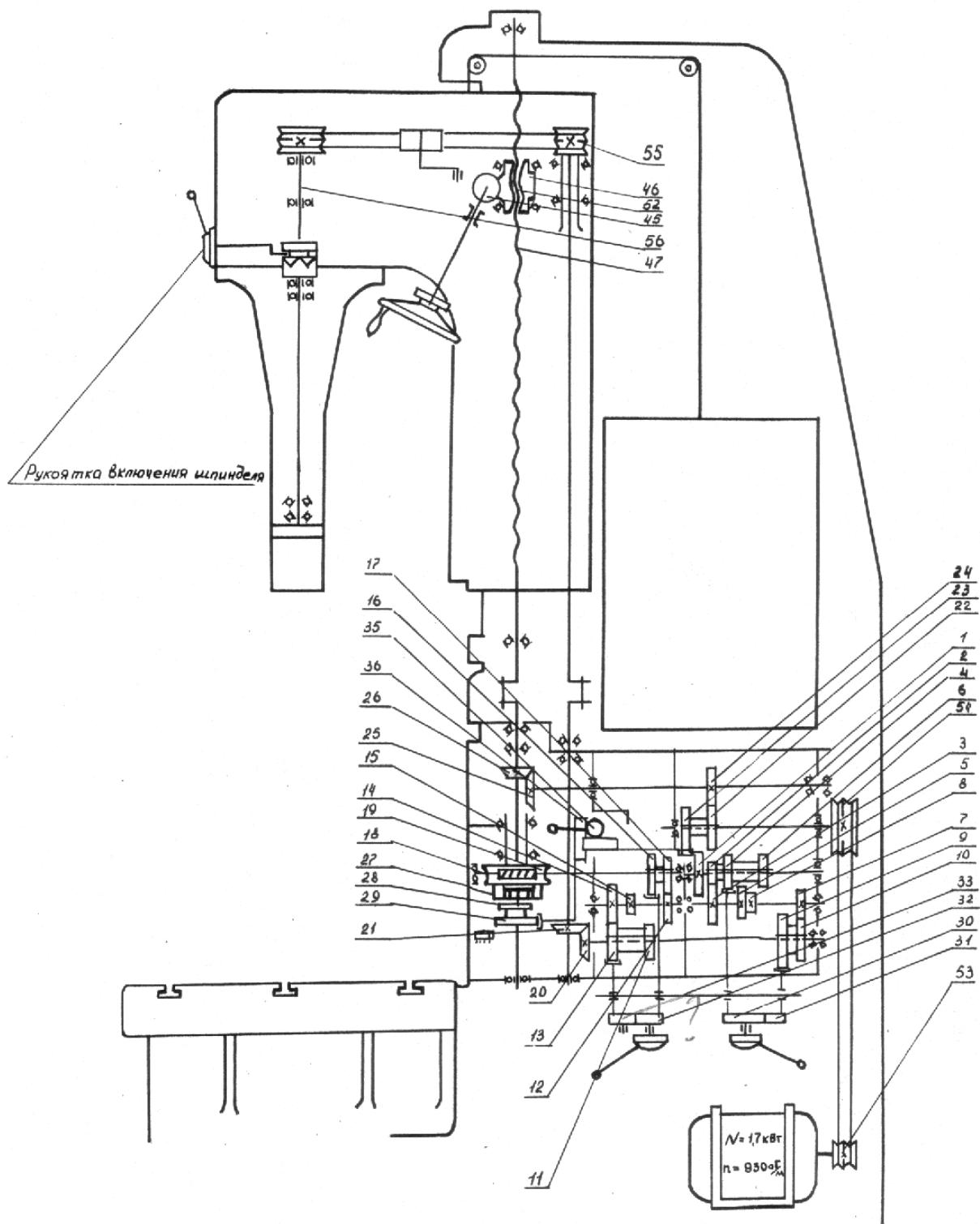


Рисунок 1 – Кинематическая схема станка модели 278Н:

1...36- шестерни; 45- червячное колесо; 46, 52- червячная пара; 47- винт червячной передачи; 53, 54- шкивы клиноремённой передачи привода КПП; 55- шкив клиноремённой передачи привода шпиндельной головки; 56- вал привода шпиндельной головки.

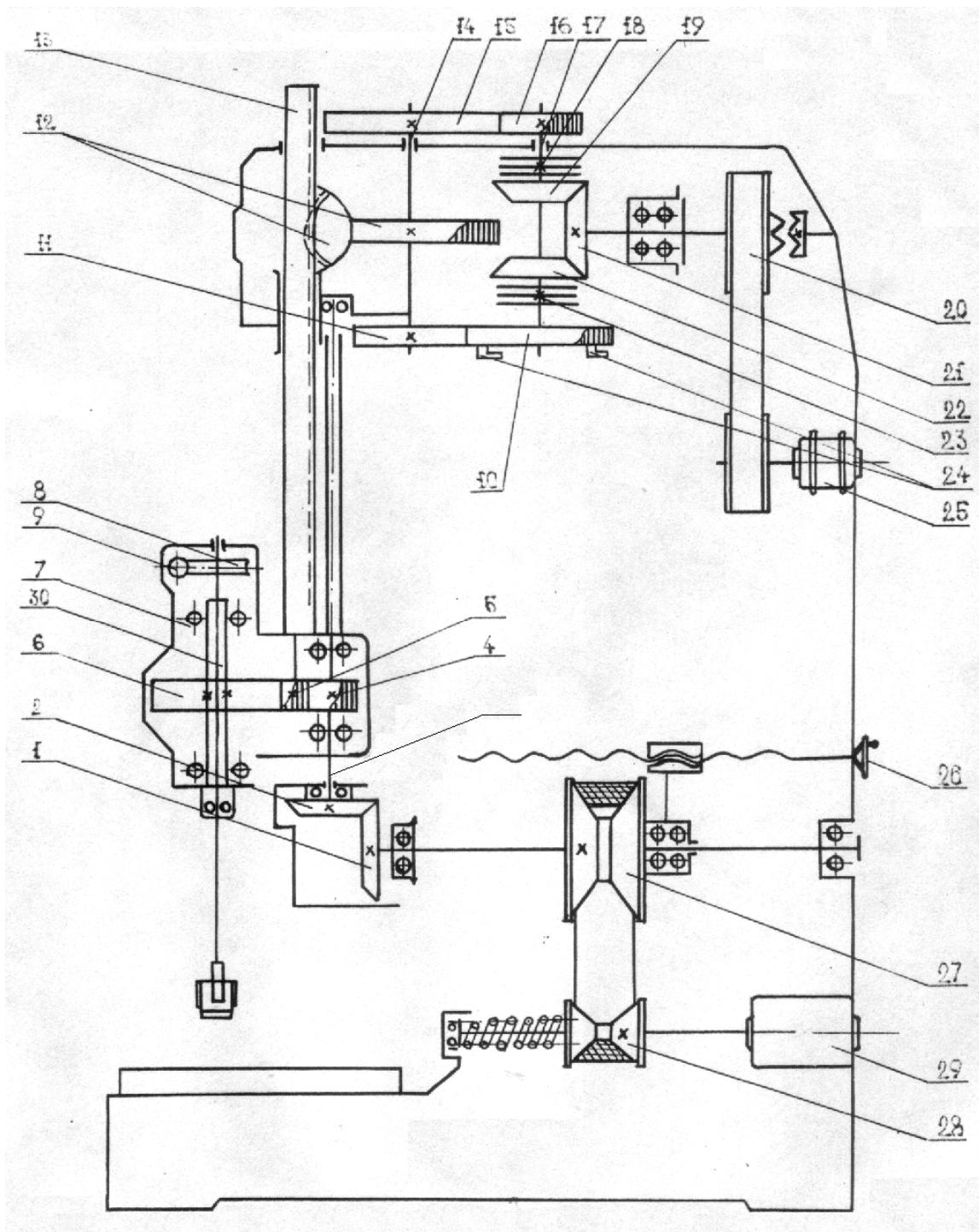


Рисунок 2 – Кинематическая схема вертикально-хонингового станка 3Б833:
 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 21, 22 – шестерни; 7- опора вала привода хонинговой головки; 8, 9-червячная пара вращения головки; 12- червячная пара вертикального перемещения головки; 13- рейка ползуна; 14, 17- валы; 18, 23- электромагнитные муфты; 20- клиноремённая передача вертикального перемещения головки; 24- упоры для регулирования вертикального перемещения головки; 25- электродвигатель привода вертикального перемещения головки; 26- рукоятка регулирования скорости вращения головки; 27, 28- шкивы клиноремённой передачи; 29- электродвигатель привода вращательного движения головки

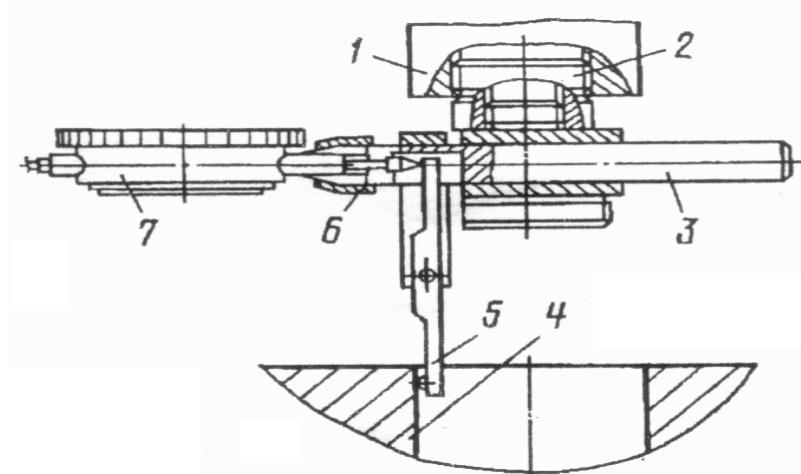


Рисунок 3 – Схема приспособления для центрирования обрабатываемой поверхности:

1- резцовая головка; 2- колодка; 3- державка; 4- обрабатываемая поверхность; 5- рычаг; 6- цанговый зажим; 7- индикатор.

4. Поворотом резцовой головки с приспособлением на 180^0 проверить правильность центрирования цилиндра в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (вдоль оси коленчатого вала и в поперечном направлении); если отклонение индикаторной стрелки при повороте резцовой головки на 180^0 будет более 0,02 мм, следует перемещать блок ударами медного молотка по его торцовой плоскости до получения требуемого результата;

5. Маховиком подачи шпиндельной бабки вывести индикаторное приспособление из цилиндра и снять его с резцовой головки.

10) Рассчитать вылет резца, мм, по формуле:

$$M = \frac{D_{PP} - D_{III} - \delta}{2} + M_0,$$

где D_{PP} – выбранный ремонтный размер, мм;

D_{III} – диаметр резцовой головки шпинделя, измеренный микрометром, мм;
 δ – припуск на финишную обработку (0,02...0,06);

M_0 – показания индикатора или шкалы микрометрического винта наездника (рис. 4), при которых ножка индикатора (или пиноль микровинта) касается цилиндрической поверхности резцовой головки и призма плотно прижата к её поверхности, мм.

Размер « M_0 » называется установочным размером наездника.

11) Установить вылет резца (при помощи наездника) на рассчитанный по формуле 3.2 размер « M »:

1. Выставить по шкале микрометрической головки размер « M »;
2. Прижать губки призмы (рис. 4) к цилиндрической части резцовой головки таким образом, чтобы пиноль микровинта находилась против вершины резца;

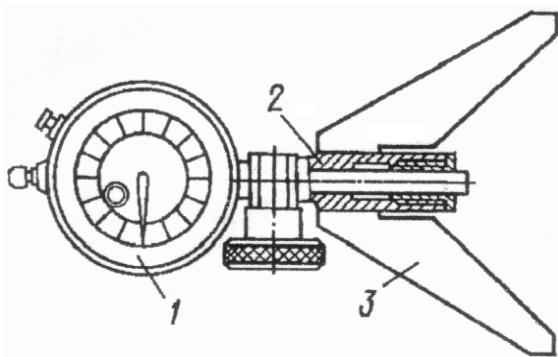


Рисунок 4 – Схема приспособления (наездника) для установки резца:
1-индикатор; 2- державка; 3- призма.

3. Поворачивая установочный винт резцовой головки против часовой стрелки, выдвинуть резец до упора его вершины в торец пиноли микровинта, при этом момент касания определить или протягиванием папиросной бумаги, или на просвет;

4. При использовании приспособления с индикатором часового типа, проворачиванием установочного винта, довести резец до касания с ножкой индикатора и затем до необходимой величины «М» по большой и малой шкалам индикатора;

5. При установке резца следует помнить, что поворотом установочного винта на одно деление круговой шкалы достигается перемещение резца на 0,02 мм;

6. После установки резца на требуемый размер «М» следует прочно завернуть стопорный винт и проверить величину вылета с помощью наездника.

12) Рассчитать частоту вращения шпинделя (мин^{-1}):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – номинальная величина ремонтного размера $D_{\text{рр}}$, мм.

13) Скорость резания выбирается в пределах 84...145 м/мин, подача – 0,05 мм/об, глубина – 0,02...0,03 мм

14) Установить рукоятки переключения ступеней частоты вращения шпинделя и подач в положения, соответствующие выбранным режимам.

15) Маховицком ручного перемещения шпиндельной бабки установить шпиндель в положение, при котором резец находится выше плоскости блока на 3...5 мм.

16) Установить рычаг переключения подач шпинделя в положение «Рабочее» и включить станок. Остановка станка (за исключением аварийного случая), подтяжка болтов крепления или выключение подачи в процессе растачивания цилиндра не допускается.

По окончании расточки цилиндра у станка модели 278Н происходит автоматическое выключение подачи шпинделя и вращения резцовой головки.

17) После выключения подачи и вращения резцовой головки рычаг переключения подачи поставить в положение «Быстрое» и, нажав кнопку «Пуск», вывести шпиндель из цилиндра.

18) Рукоятку включения вращения шпинделя поставить в положение «Выключено», после чего выключить сетевой выключатель.

19) Открепить блок цилиндров, проверить качество расточки осмотром и измерением индикаторным нутрометром (в трёх сечениях и в двух направлениях). Полученное значение фактического размера D_{Φ} (среднее по результатам шести измерений) внести в отчет и сравнить с ремонтным размером $D_{\text{рр}}$.

Провести хонингование цилиндра на станке 3Б833

1) При работе на вертикально-хонинговальном станке 3Б833 необходимо выполнять правила по технике безопасности:

1. Тщательно проверить, не имеют ли абразивные бруски трещин;
 2. Убедиться в надёжности крепления брусков в хонинговальной головке («хоне»);
 3. Убедиться в надёжности крепления блока на столе станка;
 4. Не производить регулировку величины хода на ходу;
 5. Не включать вращение шпинделя при выведенной хонинговальной головке.
- 2) Перед настройкой станка модели ЗБ833 определить необходимую частоту вращения шпинделя по формуле, (мин⁻¹):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\phi}},$$

где v – окружная скорость хонинговальной головки, равная 65...70 м/мин для чугуна и 45...50 м/мин для стали;

D_{ϕ} – диаметр обрабатываемого цилиндра, мм.

Скорость возвратно-поступательного движения доводочной головки обычно принимается равной 1/5 скорости вращения, т. е. 10...20 м/мин. По паспортным данным станка подбирают частоту вращения шпинделя так: меньшее – из ближайших к подсчитанному для предварительного хонингования и большее – для окончательного хонингования, так как усилие резания будет больше в начале хонингования, чем в конце.

3) Осмотреть поверхности абразивных брусков и проверить их на наличие трещин, выкрошенных краёв и пр. Испорченные бруски необходимо заменять комплектно.

Для предварительной обработки применяют хонинговальные бруски из синтетических алмазов по ГОСТ 9206-70 марок АСР 50/40 (для двигателей ГАЗ-51, ЗИЛ-130 и ЗМЗ-53) и АСР 100/80 (для двигателей ЯМЗ-236), для окончательной – хонинговальные бруски АСМ-20-14 (для двигателей ГАЗ-51, ЗИЛ-130 и ЗМЗ-53) и АСМ 28/10 (для двигателей ЯМЗ-236). При установленных брусках проверить камнедержатели на заедание в пазах, для чего их поочерёдно слегка оттянуть рукой, преодолевая упругость пружины, а затем отпустить, при этом камнедержатель должен быстро возвратиться в исходное положение.

4) Переместить блок по рольгангу на стол хонинговального станка и, передвигая блок цилиндров, добиться, чтобы ось шпинделя станка и шпиндельная головка приблизительно совпали с осью цилиндра, а головка была в центре кольца для подачи жидкости (керосина). Затем блок цилиндров закрепить планками и болтами с гайками.

5) Включить станок в сеть, при этом загорится зеленая контрольная лампа 1 (рис. 5).

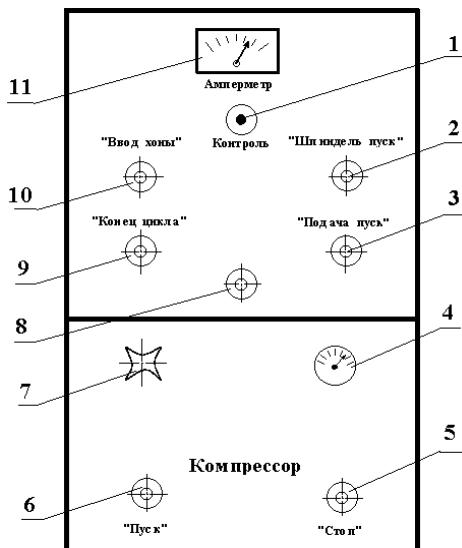


Рисунок 5 – Пульт управления станка модели ЗБ833:

1- контрольная лампа; 2- кнопка «Шпиндель пуск»; 3- кнопка «Подача-пуск»; 4- манометр давления воздуха; 5- кнопка «Стоп компрессор»; 6- кнопка «Пуск»; 7- вентиль

воздушный; 8- кнопка «Стоп» аварийного выключения станка; 9- кнопка «Конец цикла»; 10- кнопка «Ввод хоны»; 11- амперметр.

6) Проверить показания манометра 4 (см. рис.5), установленного на пульте управления и, если показание будет отличным от нуля, сбросить давление до нуля вентилем 7.

Проверить, полностью ли сжаты бруски хоны. Если они разведены, рукою сжать их.

7) Ввести рукоятку 1 «Выхаживание» (рис. 6) в паз кулачкового рычага 2 концевого переключателя 3 и подать её вперёд до отказа в положение II. удерживая рукоятку в таком положении, кратковременно нажать кнопку 10 «Ввод хоны». В этот момент ползун вместе с хоной пойдёт вниз. При отпускании кнопки 10 ползун остановится. Таким образом, кратковременными нажатиями на кнопку 10 «Ввод хоны» подвести хону к плоскости блока. Ещё раз проверить соосность шпинделя и цилиндра и, если необходимо, более точно отцентровать блок по хоне.

8) Продолжая удерживать рукоятку 1 «Выхаживание» (см. рис. 91) в положении II, вводить хону в цилиндр до тех пор, пока короткий выступ рычага концевого переключателя 2 не окажется между ограничительными кулачками 4, 5 диска 6 «Ход шпинделя». Вернуть рукоятку 1 «Выхаживание» рычага 2 переключателя 3 в вертикальное положение и, оттянув его вниз, вывести из зацепления с рычагом 2 концевого переключателя.

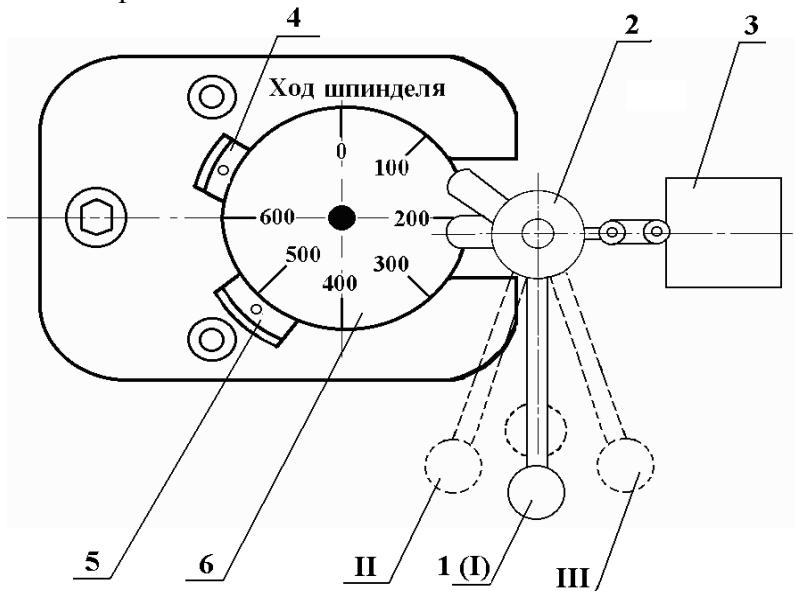


Рисунок 6 – Схема установки хода шпинделя (хоны):

1-рукоятка «Выхаживание»; 2- кулачковый рычаг переключателя; 3- концевой переключатель; 4, 5- регулировочные (хода хоны) кулачки; 6- диск со шкалой «Ход шпинделя»; I- положение рукоятки «Выхаживание» при выключенном станке или во время хонингования; II- положение рукоятки 1 при установке хода хоны (опускание шпинделя); III- положение рукоятки 1 при установке хода хоны (подъём шпинделя).

9) Во избежание образования «Корсета» или «Бочки» (рис. 7) длина хода «S» хонинговальной головки, при её возвратно-поступательном движении, должна быть такой, чтобы выход («перебег») брусков «K» за края цилиндра был бы равен одной третьей части их длины «m» (рис. 8).

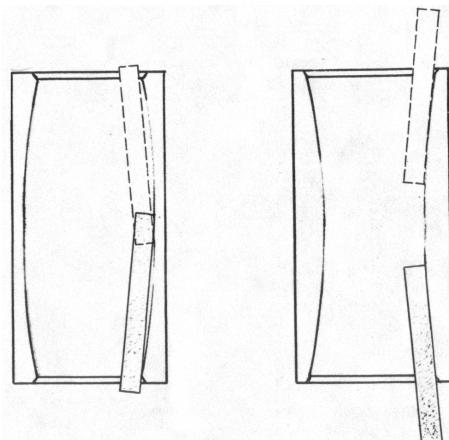


Рисунок 7 – Схема образования «бочки» и «корсета» при неправильной установке хони

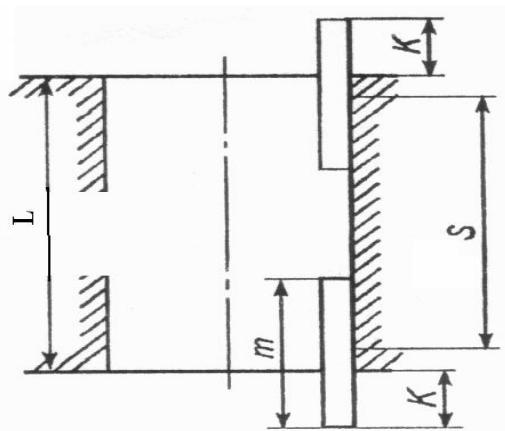


Рисунок 8 – Схема к расчету длины хода хонинговальной головки

Для проверки величины хода хони необходимо:

1. Линейкой (штангенциркулем) измерить длину брусков;
2. Не трогая рукоятки 1 «Выхаживание» (рис. 6) кратковременными нажатиями на кнопку 10 «Ввод хони» (см. рис. 90), добиться остановки хони в нижнем положении и измерить расстояние от плоскости разъёма до бруска;
3. Не трогая рукоятки 1 «Выхаживание» (см. рис. 6), кратковременными нажатиями на кнопку 10 «Ввод хони» (см. рис. 5), добиться расположения хони в верхнем положении; измерить, на какую величину вышли бруски из цилиндра.

4. Рассчитать, будет ли соответствовать расположение брусков при хонинговании цилиндра высотой «L» (см. рис. 8) вышеприведённой величине выхода брусков за края цилиндра;

5. В случае необходимости регулировки хода хони она выполняется учебным мастером.

10) Включить кнопкой 6 «Пуск» (см. рис. 5) компрессор. По манометру, установленному на ресивере компрессора, довести давление до 0,4 МПа (4 кгс/см²). Выключить кнопкой 5 «Стоп» компрессор.

11) Произвести разжатие брусков хонинговальной головки. Разжим осуществляется с помощью сжатого воздуха, который подаётся в «тормозную» камеру вентилем 7 (см. рис. 5), установленным на приборном щитке рядом с манометром 4; давление по манометру установить не более 0,1 МПа (1 кгс/см²).

12) Открыть на половину оборота пробковый кран, которым регулируется подача охлаждающей жидкости.

13) Кнопкой 3 «Подача-пуск» (см. рис. 90) включить привод возвратно-поступательного движения. Пробковым краном отрегулировать подачу охлаждающей жидкости.

В качестве охлаждающей жидкости используют керосин или смесь керосина с 15...20% машинного масла. Охлаждающая жидкость подводится сильной струёй и, помимо охлаждения цилиндра, смывает мельчайшие частицы абразива с брусков и зеркала цилиндра.

14) Кнопкой 2 «Шпиндель-пуск» (см. рис. 90) включить вращение хонинговальной головки.

15) Произвести окончательный разжим брусков, чтобы добиться необходимого давления абразивных брусков на зеркало цилиндра. Удельное давление абразивных брусков на обрабатываемую поверхность цилиндра может быть рекомендовано в пределах 0,8...1,2 МПа (8...12 кгс/см²) для чернового хонингования и 0,3...0,5 МПа (3...5 кгс/см²)

для чистового. Давление может фиксироваться по амперметру 11 и в любом случае не должно превышать пяти ампер. В данном случае давление фиксируется по манометру 4 (см. рис. 90).

Если в результате настройки станка будут замечены отклонения от нормальной работы, следует нажать на кнопку 9 «Конец цикла» или на кнопку 8 «Стоп».

16) Включить реле времени. Тогда вращение шпинделья прекращается автоматически по истечении заданного времени, а ползун с хонинговальной головкой станка займет крайнее верхнее положение.

17) Стравить вентилем 7 давление воздуха в системе и, если после этого бруски окажутся расжаты, сжать их.

18) Замерить индикаторным нутрометром диаметр цилиндра в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях и в трёх (по высоте) сечениях. Хонингование цилиндра считается законченным тогда, когда полностью будет снят припуск на хонингование. Если необходимый размер не был получен, то следует повторить переходы 1...18. Овальность и конусность окончательно обработанного цилиндра не должны превышать 0,025 мм.

Результаты измерения занести в отчет.

19) Проверить качество обработки цилиндра наружным осмотром. Поверхность окончательно обработанного цилиндра должна быть зеркально-блестящей, без черноты.

20) Шероховатость поверхности рекомендуется измерять приборами – профилометрами.

2.3 Лабораторная работа № 3 (4 часа).

Тема: «Шлифование шатунных шеек коленчатого вала двигателя А-41М на ремонтный размер»

2.3.1 Цель работы: научиться центрировать и шлифовать коленчатый вал на шлифовальном станке.

2.3.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с назначением и устройством круглошлифовального станка модели ЗА423.
2. Установить вал в патроны станка и отрегулировать его положение в двух плоскостях.
3. Прошлифовать шатунную шейку вала двигателя А-41М на ремонтный размер с сохранением радиуса кривошипа.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Круглошлифовальный станок модели ЗА423.
2. Балансировочный стенд для шлифовальных кругов.
3. Приспособление для полирования шеек коленчатого вала (на станке).
4. Люнеты.
5. Приспособления для правки шлифовального круга.
6. Приспособление для предварительной установки коленчатого вала в вертикальной плоскости (призма).
7. Штангенрейсмус с индикаторной головкой часового типа.
8. Микрометр 75...100 мм.
9. Набор щупов №3.
10. Ключи рожковые: 9 x 11; 17 x 19; 22 x 27; 27 x 30; 32 x 36; торцевые, на 17 и 22.

2.3.4 Описание (ход) работы:

Ознакомиться с назначением и устройством круглошлифовального станка модели ЗА423

Назначение, область применения, общее устройство станка

Шлифование шеек коленчатого вала производится на специальных круглошлифовальных станках. На ремонтных предприятиях эти станки встречаются нескольких моделей – ЗА423, ЗА420, ЗН42 и др.

Станок модели ЗА423 предназначен для шлифовки шатунных и коренных шеек коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей в условиях ремонтных заводов и мастерских. На нем также можно производить обычное круглое шлифование различных цилиндрических и конических деталей.

Основные технические данные станка ЗА423 приведены в табл. 22.

Станок ЗА423 (рис. 1) состоит из следующих основных узлов и систем: станина, шлифовальная бабка, передняя и задняя бабки, гидросистема, электрооборудование, пульт управления. К станку прилагается дополнительное оборудование – люнеты, приспособления для торцевой, периферийной и радиусной правки шлифовального круга, приспособления для настройки и регулировки вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Узлы станка и дополнительное оборудование

Шлифовальная бабка (рис.2) предназначена для перемещения шлифовального круга в радиальном направлении и его вращения.

В передней бабке (рис.3) закрепляется шлифуемое изделие и ему передается вращательное движение.

Задняя бабка станка (рис.4) является ведомой. Конструкция планшайбы, фиксирующего механизма и патрона аналогичны соответствующим узлам передней бабки.

При помощи гидравлической системы на станке осуществляются следующие движения:

- продольное перемещение стола;
- быстрый подвод и отвод шлифовальной бабки;
- рабочая подача (врезание) шлифовального круга;
- блокировка механизма ручного перемещения стола;
- блокировка рукоятки включения гидравлического перемещения стола;
- устранение люфта в зацеплении винта с гайкой перемещения стола.

Смазка сопряжений станка производится в соответствии с картой смазки.

В качестве дополнительных опор для крупногабаритных валов используются люнеты (рис.98), которые устанавливаются под шлифуемые шатунные шейки.

При шлифовании шатунных шеек вал закрепляется в патронах центросместителей планшайб, устанавливаемых на шпинделях передней и задней бабок.

Правка шлифовального круга, установленного на шлифовальной бабке, производится правильными приборами. Для правки круга к станку ЗА423 придаются приборы: для радиусной правки (рис.6), позволяющей получить необходимый радиус галтели на круге и на шейке вала; для торцевой правки алмазным карандашом (рис.7), позволяющей получить цилиндрическую форму шейки, ось которой должна быть параллельна оси коренных шеек вала; для периферийной правки алмазным карандашом (рис.7) или абразивным кругом (рис.8), позволяющей получить плоскопараллельные периферийные поверхности круга и качественный переход (галтель) от шейки вала к его щеке.

Таблица 1 – Техническая характеристика станка модели ЗА423

Параметры	Характеристика
1). Высота центров над столом, мм	300
2). Расстояние между центрами, мм	1600
3). Наибольший радиус кривошипа коленчатого вала, мм	110
4). Диаметр шлифуемой шейки в люнете, мм	30...100
5). Наибольшая длина шлифуемого вала, мм:	
– в кулачковом патроне	1500
– в центрах	1600
6). Наибольший допустимый вес обрабатываемого вала, Н (кг)	1300 (130)
7). Наибольший угол поворота стола, °	5
8). Наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки, мм:	
– ручное	210
– гидравлическое	50
9). Размер шлифовального круга, мм:	
– диаметр наибольший	900
– диаметр наименьший	600
– ширина	30...40
10). Электродвигатели:	
а) привод шлифовальной бабки	
– частота вращения, мин ⁻¹	980
– мощность, кВт	7
б) привод вращения изделия	
– частота вращения, мин ⁻¹	720/1420
– мощность, кВт	0,7/1,2
в) привод гидронасоса	
– частота вращения, мин ⁻¹	930
– мощность, кВт	1,7
г) насоса охлаждения	
– частота вращения, мин ⁻¹	2800
– мощность, кВт	0,125
11). Габаритные размеры	4800 x 2100 x 1580

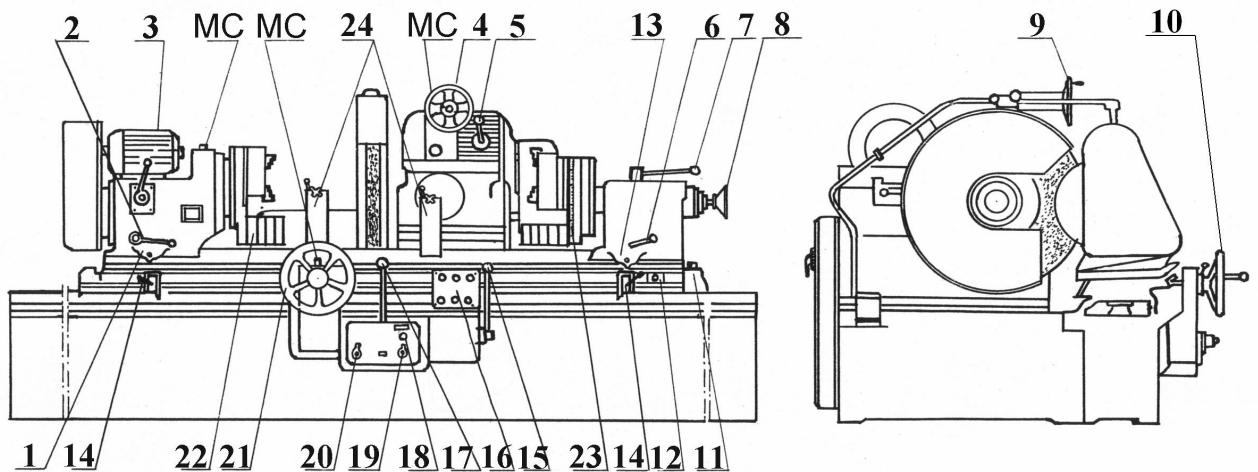


Рисунок 1 – Общий вид станка ЗА423:

1 - механизм передвижения передней бабки по столу; 2 - рукоятка стопора планшайбы; 3 - рукоятка переключения двухскоростного электродвигателя; 4 - маховик поперечной подачи шлифовального круга; 5 - маховик осевого перемещения шпинделя; 6 - рукоятка стопора планшайбы; 7 - рукоятка отвода пиноли; 8 - маховик поджима центра; 9 - рукоятка крана охлаждения; 10 - маховик ручного перемещения стола; 11 - индикатор контроля поворота стола; 12 - винт поворота; 13 - механизм перемещения задней бабки по столу; 14 - упоры реверса стола; 15 - рукоятка быстрого подвода и отвода бабки; 16 - кнопочная станция; 17 - рукоятка гидравлического перемещения стола; 18 - рукоятка регулирования скорости врезания; 19 - рукоятка автоматического реверса стола; 20 - рукоятка регулирования скорости гидравлического перемещения стола; 21 - рукоятка ручного перемещения стола; 22 - центросместитель передний; 23 - центросместитель задний; 24 - люнеты.

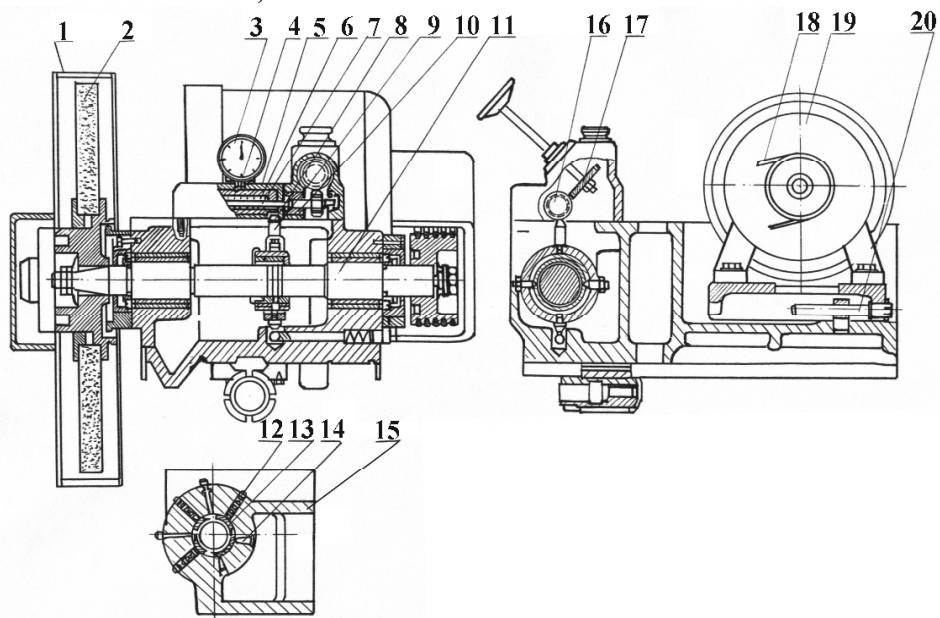


Рисунок 2 – Шлифовальная бабка

1 - защитный кожух; 2 - шлифовальный круг (900 мм); 3 - индикатор; 4 - ножка индикатора; 5 - втулка; 6 - пружина; 7 - винт-валик; 8 - сферическая опора; 9 - рычаг; 10 - гайка (втулка); 11 - шпиндель шлифовальной бабки; 12 - винт поджима вкладышей; 13 - бронзовый вкладыш подшипника; 14 - штифт включения; 15 - корпус; 16, 17 - шестерни винтовые ($Z=8$); 18- ремень клиновой; 19 - Электродвигатель $N=1,7$ кВт; 20 - винт натяжения ремня.

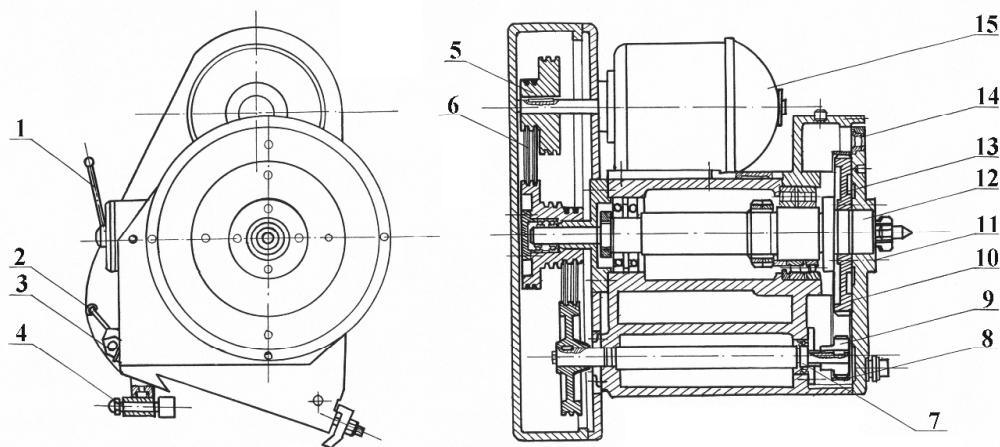


Рисунок 3 – Передняя бабка шлифовального станка:

1 - рукоятка изменения частоты вращения двигателя; 2 - рукоятка фиксатора; 3 - гайка крепления передней бабки; 4 - механизм перемещения передней бабки; 5 - шкив; 6 - ремни клиновые; 7 - вал; 8 - цепь бесшумная; 9, 10 - шестерни; 11 - винты, соединяющие планшайбу с шестерней 11; 12 - шпиндель; 13 - планшайба; 14 - втулка; 15 - электродвигатель.

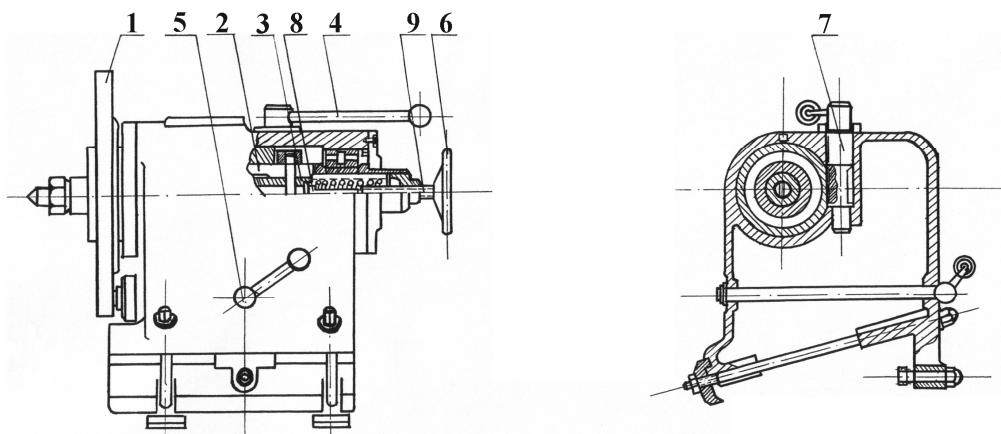


Рисунок 4 – Задняя бабка шлифовального станка:

1 - планшайба; 2 - шпиндель; 3 - пиноль; 4 - рукоятка отвода пиноли; 5 - рукоятка фиксатора; 6 - маховик; 7 - валик-шестерня; 8 - упор; 9 - винт.

Установить вал в патроны станка и отрегулировать его положение в двух плоскостях

Ознакомиться с существующими способами шлифования шатунных шеек вала

1) Коренные шейки коленчатого вала шлифуют при установке его в центрах передней и задней бабок. При этом устанавливают и регулируют люнет против средней коренной шейки. Вращение коленчатому валу передается от передней бабки путем установки хомутика, связывающего планшайбу станка с фланцем вала.

2) При шлифовании шатунных шеек на ремонтный размер (табл. 2) на планшайбах передней и задней бабок станка устанавливают центросместители с трехкулачковыми патронами. Коленчатый вал закрепляют в трехкулачковых патронах так, чтобы оси шпинделей передней и задней бабок проходили через ось шлифуемой шейки.

Существует два способа установки коленчатого вала для шлифования шатунных шеек:

- с сохранением радиуса кривошипа вала (для дизельных двигателей);

– без сохранения радиуса кривошипа вала с сохранением материала шейки вала (для карбюраторных двигателей).

При выполнении работы настройку станка производить для шлифования шатунных шеек первым способом.

Отрегулировать положение вала в вертикальной плоскости

1) Если коленчатый вал на станок уже установлен, то для шлифования указанной учебным мастером шатунной шейки необходимо переместить стол так, чтобы шлифовальный круг оказался против указанной шейки и зафиксировать центросместители передней и задней бабок станка при верхнем расположении трехкулачковых патронов.

2) По шкалам планшайб передней и задней бабок проверить установленный размер радиуса кривошипа. Для коленчатого вала двигателя марки А-41М радиус кривошипа $R=70^{+0,10}_{-0,05}$.

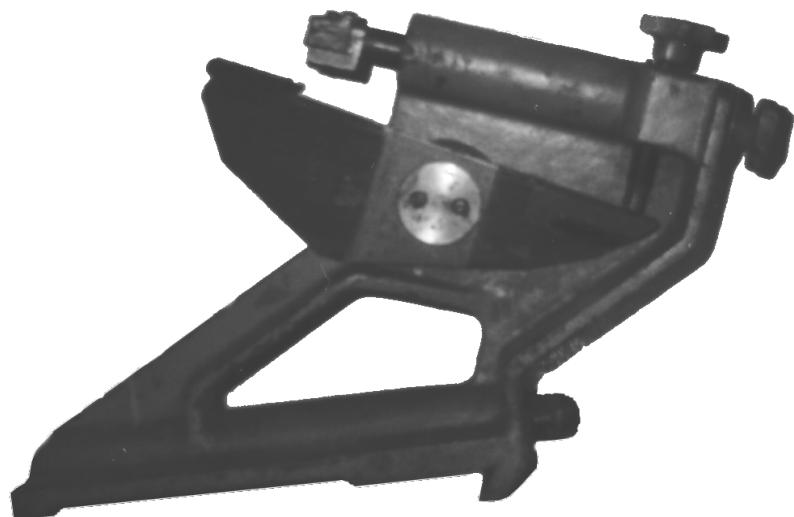


Рисунок 5 – Люнет.



Рисунок 6 – Правильный прибор для радиусной правки круга.

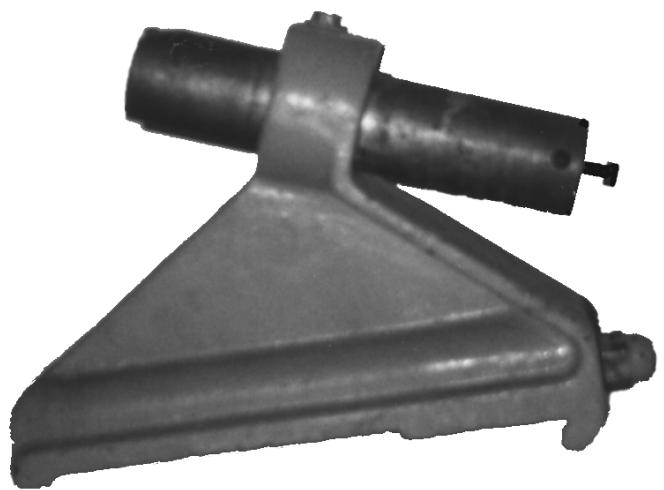


Рисунок 7 – Приспособление для торцевой и периферийной правки круга алмазным карандашом.

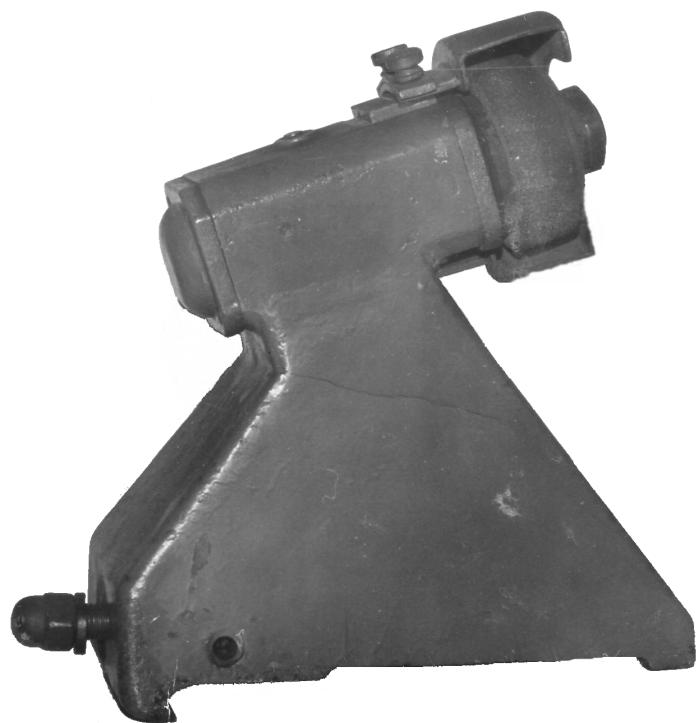


Рисунок 8 – Приспособление для периферийной правки шлифовальным кругом или твердосплавным диском.

Таблица 2 – Диаметр шеек коленчатого вала двигателя А-41М, мм

Обозначения размеров	Шейки	
	коренные	шатунные
1Н	104,98 _{-0,015}	88,00 _{-0,030} ^{-0,015}
2Н	104,73*	87,75*
P1	104,48	87,50
P2	104,23	87,25
P3	103,98	87,00
P4	103,73	86,75
P5	103,48	86,50
P6	103,23	86,25

Примечание: * – предельные отклонения указанного и последующих ремонтных размеров такие же, как и для группы 1Н.

3) Специальным ключом слегка ослабить кулачки патронов, провернуть коленчатый вал так, чтобы подлежащая перешлифовке шатунная шейка оказалась в нижнем положении. Поставить под нее установочное приспособление (рис.9) и, покачивая вал рукой, добиться отсутствия зазоров между губками призмы и поверхностью шейки. Зажать кулачки патронов центросместителей.

4) После предварительной регулировки произвести окончательную установку вала в вертикальной плоскости. Для этого необходимо на стол станка установить штангенрейсмус с индикаторной головкой так, чтобы ее стержень был расположен горизонтально и касался боковой поверхности шейки с натягом 2...3 мм. При этом следует исключить возможность попадания стержня индикатора в отверстие масляного канала при проворачивании коленчатого вала. Нуль большой шкалы индикатора подвести к стрелке, расфиксировать обе планшайбы и, повернув их на 180°, зафиксировать в этом положении. По большой шкале индикатора определить величину отклонения стрелки.

5) Слегка ослабить крепление вала (это удобнее делать при верхнем расположении патронов центросместителей), ударами медного молотка по щеке провернуть коленчатый вал в нужном направлении на половину величины полученного отклонения и снова поджать кулачки патронов.

6) Опять подвести нуль большой шкалы индикатора к стрелке, расфиксировать планшайбы и, повернув их на 180°, зафиксировать. Определить величину отклонения большой стрелки. Повторять эти операции следует до получения минимального допустимого отклонения (0,01...0,03 мм) и после этого затянуть окончательно кулачки патронов центросместителей.

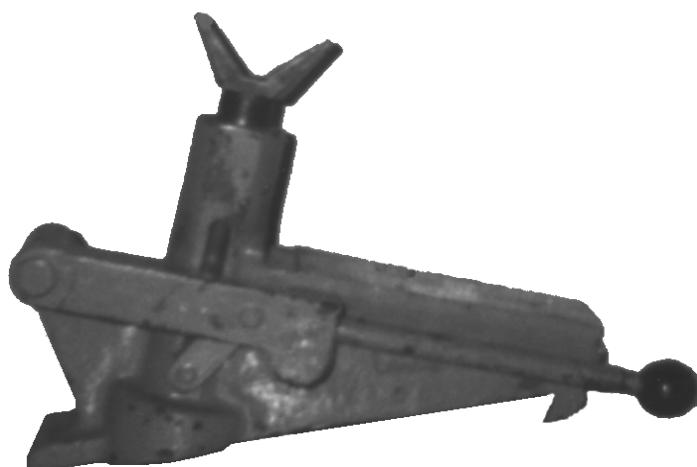


Рисунок 9 – Установочная призма для регулировки положения вала в вертикальной плоскости.

Установить вал в горизонтальной плоскости

1) Проверить фиксацию планшайб при верхнем расположении патронов.

На стол станка против первой (или пятой) коренной шейки установить штангенрейсмус с индикаторной головкой. Измерительный стержень индикатора должен быть расположен вертикально и касаться поверхности шейки с натягом 2...3 мм.

Следует иметь в виду, что коренные шейки, для использования их в качестве установочных баз, были прошлифованы заранее.

2) Нуль шкалы индикатора подвести к большой стрелке и запомнить положение малой стрелки. Прочитать и записать показания шкалы штангенрейсмуса (в миллиметрах и сотых долях).

3) Расфиксировать планшайбы, повернуть их на 180°, и опять зафиксировать. Рамку штангенрейсмуса с индикатором опустить вниз и коснуться измерительным стержнем поверхности шейки, примерно с тем же натягом (2...3 мм). Стопорным винтом закрепить движок штангенрейсмуса и, вращая гайку микрометрической подачи, выставить обе стрелки индикатора в то же положение, в котором они были при верхнем расположении шейки вала. Прочитать и записать показания шкалы штангенрейсмуса.

4) Из большего (предыдущего) показания вычесть меньшее, и результат разделить пополам. Если полученная величина будет отличаться от конструктивной величины радиуса кривошипа вала, то следует повернуть планшайбы на 180°, измерительным стержнем индикатора коснуться (с некоторым натягом) поверхности шейки, нуль большой шкалы установить против стрелки, слегка отпустить стопорные болты направляющих пазов патрона и, вращая винт перемещения патрона, поднять (или опустить) его на величину полученного замера в указанной выше последовательности.

5) Установив в необходимое положение одну крайнюю коренную шейку, проверить радиус кривошипа другой крайней коренной шейки и, если необходимо, выставить его (п.п. 1...4). Фактический радиус кривошипа R_f занести в отчет.

Прошлифовать шатунную шейку вала двигателя А-41М на ремонтный размер с сохранением радиуса кривошипа

1) Замерить размеры шатунной шейки, подлежащей шлифовке, по схеме техпроцесса; шатунные и коренные шейки коленчатых валов замеряют микрометром в двух плоскостях. Одну плоскость выбирают по оси колена (А-А), а другую – перпендикулярно ей (Б-Б). Сечение берут на расстоянии 5...6 мм от галтелей. Результаты замеров записать в таблицу отчета

2) Определить теоретический ремонтный размер по формуле:

$$d_{trp} = d_{min} - (a + b + v),$$

где d_{trp} – теоретический ремонтный размер, мм;

d_{min} – наименьший размер изношенной шатунной шейки, мм;

а – овальность, мм ;

б – припуск на неточность установки коленчатого вала, равный 0,1 мм;

в – припуск на шлифовку, равный 0,02...0,04 мм.

3) Подобрать ближайший стандартный ремонтный размер d_c (табл. 2) мм, который должен быть меньше теоретического; результат занести в отчет.

4) Подсчитать частоту вращения детали (мин^{-1}) по формуле

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot d),$$

где V – скорость вращения изделия (12...20 м/мин);

d – номинальный диаметр обрабатываемой шейки, мм.

Результат расчета внести в отчет.

5) Произвести установку расчетной частоты вращения детали на станке (по согласованию с преподавателем).

6) Проверить, чтобы фиксаторы были выведены из отверстий планшайб, чтобы шлифовальный круг был максимально отведен ручной подачей от вала, а рычаг

гидроподачи находился в положении “Выключено”; включить привод изделия, а затем – шлифовального круга.

7) Подвести шлифовальную бабку к изделию при помощи рукоятки гидропривода, переместив ее “на себя”.

8) Маховиком ручной подачи шлифовальной бабки осторожно (не допуская врезания шлифовального круга в шейку вала) подвести круг к поверхности обрабатываемой шейки.

9) Включить и отрегулировать подачу эмульсии.

10) Продолжая медленное перемещение шлифовальной бабки в сторону изделия, добиться того, чтобы шлифовальный круг стал снимать металл по всей окружности шейки, что будет заметно по равномерному сплошному искрению. В этом случае прекратить врезание шлифовального круга.

11) Перемещая маховиком ручной подачи стол влево прошлифовать шейку до правой галтели, затем, перемещая стол вправо – до левой галтели. После этого стол переместить так, чтобы шлифовальный круг оказался в середине шейки.

12) Отвести шлифовальную бабку рукояткой гидропривода. Выключить привод изделия, не выключая привод шлифовального круга. После остановки изделия произвести замер диаметра шлифуемой шейки d_k и результат занести в отчет.

13) Подсчитать число делений, которое необходимо установить на круговой шкале ручной подачи шлифовального круга для того, чтобы произошел съем металла с шейки вала до получения ремонтного размера по формуле

$$m = (d_k - d_c)/k,$$

где d_k – размер шейки после выведения овальности, мм;

d_c – стандартный ремонтный размер, мм;

k – цена деления шкалы на лимбе ручной подачи круга, мм ($k=0,005$).

14) Включить привод изделия и рукояткой гидропривода подвести шлифовальную бабку в исходное положение. Маховиком ручной подачи шлифовальной бабки врезаться шлифовальным кругом в поверхность шейки на количество делений – “ m ”, полученное расчетом по формуле 4.3.

15) Выполнить приемы, которые описаны в п.п. 11, 12.

16) Выключить привод шлифовального круга и маховиком ручной подачи отвести шлифовальную бабку в крайнее заднее положение.

17) Переместить вправо патрубок для подачи эмульсии и установить его напротив средней коренной шейки так, чтобы при вращении вала он не мог с ним соприкасаться. Вручную провернуть вал на один оборот и, убедившись, что вал не коснется патрубка, включить привод изделия.

18) Снять с фиксатора поворотный рычаг полировочного приспособления и опустить рычаг до касания лентой поверхности шейки. Включить привод абразивной ленты и произвести полирование шейки в течение 15...20 сек.

19) Выключить привод ленты, установить рычаг на фиксатор, выключить привод изделия, измерить диаметр шейки и результаты измерений занести в отчет.

20) Изучить схему технологического процесса шлифования шатунных шеек коленчатого вала на ремонтный размер и краткое ее описание привести в отчете.

2.4 Лабораторная работа № 4 (4 часа).

Тема: «Контроль и ремонт шатуна и поршневых колец двигателя СМД-18»

2.4.1 Цель работы: научиться дефектовать детали шатунно-поршневой группы

2.4.2 Задачи работы:

1. Выявить дефекты шатуна и расточить втулку верхней головки на станке УРБ-ВП.
2. Проверить компрессионные поршневые кольца на упругость и прилегаемость.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Расточной станок УРБ-ВП.
2. Центрирующий конус верхней головки шатуна для расточного станка.
3. Прибор КП-1102 для проверки шатуна на изгиб и скручиваемость.
4. Винтовое приспособление для правки шатуна.
5. Разжимная оправка для установки контрольной призмы на шатун.
6. Нутромеры индикаторные 35...50, 50...100 мм.
7. Штангенглубинометр.
8. Набор щупов №5.
9. Ступенчатая оправка для нижней головки шатуна (к станку УРБ-ВП).
10. Микрометрическая головка с призмой («наездник») для установки вылета резца.
11. Микрометр 25...50 мм.
12. Прибор КП-0507А для проверки упругости колец и пружин.
13. Приспособление для контроля прилегания поршневых колец к зеркалу цилиндра.
14. Штангенциркуль 0...125 мм.
15. Трехточечная призма для контроля деформации шатуна.

2.4.4 Описание (ход) работы:

Выявить дефекты шатуна и расточить втулку верхней головки на станке УРБ-ВП

Продефектовать шатун на изогнутость, скручиваемость и замерить внутренний диаметр втулки

1) К деталям кривошипно-шатунного механизма, определяющим его ресурс, относятся, в первую очередь, поршневые кольца, шатунные вкладыши и шатун с запрессованной втулкой.

Шатуны изготавливают из стали 45 или 40Х; основные их дефекты: изгиб и скручивание стержня, износ отверстия нижней головки шатуна, отверстия под втулку и самой втулки верхней головки шатуна, износ и смятие плоскостей разъема и торцевых плоскостей под болты в нижней головке шатуна.

Шатуны выбраковывают при аварийных изгибах, обломах и трещинах. Шатуны двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238, кроме того, выбраковывают, если сильно изношены или опилены плоскости разъема нижней головки.

Изгиб и скручивание шатуна проверяют на различных приспособлениях. Шатуны тракторных двигателей контролируют на приспособлении, показанном на рис. 1

Призму 7 с индикаторами часового типа устанавливают на оправку 1 (рис.1, а) и передвигают ее до соприкосновения упора 4 призмы с плоскостью плиты 3 приспособления. В этом положении перемещают индикатор 2 до получения натяга на измерительном стержне в пределах 1-1,5 оборота стрелки. Закрепляют индикатор и совмещают нулевое деление шкалы со стрелкой. Поворачивают призму на 180° и так же устанавливают индикатор 5.

В отверстие верхней головки шатуна с выпрессованной втулкой вставляют разжимную втулку 9 (рис.1, б) и закрепляют ее конусами 8 и 10. Шатун ставят на оправку

1 (рис.103, в) перемещают его до упора оправки 6 в плиту 3 и закрепляют на оправке. Призму ставят на оправку 6 и при соприкосновении ее упоров с плитой 3 поочередно по отклонению стрелки от нулевого положения индикатора 2 определяют изгиб шатуна, а по отклонению стрелки индикатора 5 (рис.1, г) – скручивание.

Скрученный шатун правят на специальном приспособлении (рис.2): зажимают в тиски, рычаги 3 закрепляют с помощью упоров 4 и гаек 5 на стержне шатуна и, вращая рукояткой 2 винт 1, устраняют скрученность.

Погнутый шатун правят под прессом или также в специальном приспособлении винтом. После устранения скрученности и погнутости применяют стабилизирующий нагрев.

2) Закрепить шатун на поверочной плате (рис.1), в отверстие верхней головки вставить разжимную оправку и закрепить ее.

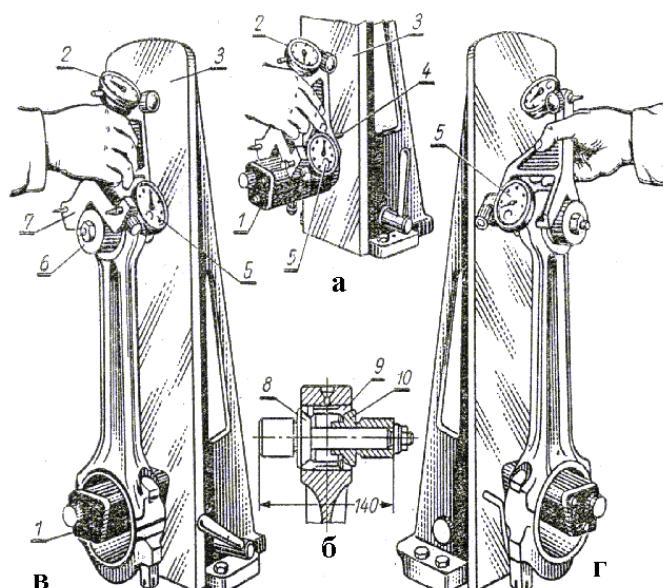


Рисунок 1 – Приспособление для проверки шатуна на скрученность и погнутость:
а – установка индикаторов; б – установка разжимной оправки; в – проверка шатуна на изгиб; г – проверка шатуна на скрученность; 1 – оправка; 2 и 5 – индикаторы; 3 – плита; 4 – упор; 6 – разжимная оправка; 7 – призма; 8 и 10 – конуса оправки; 9 – разжимная втулка оправки.

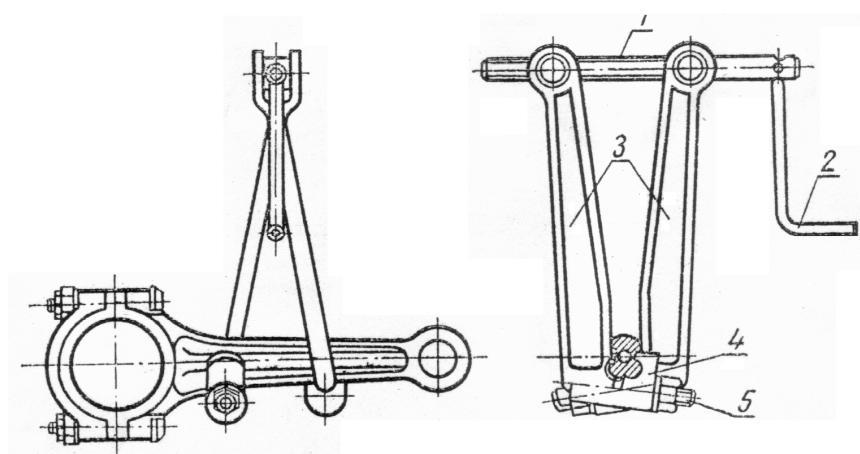


Рисунок 2 – Устранение скрученности шатуна:
1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – рычаги; 4 – упор; 5 – гайка.

На разжимную оправку сверху установить трехточечную призму и прижать ее контрольными выступами к вертикальной плоскости плиты. Если имеются зазоры между плитой и выступами, определить их величины щупом и сравнить полученные значения изогнутости и скрученности с допустимыми. Результаты замеров занести в отчет.

Скрученность шатунов тракторных двигателей допускается в пределах 0,05-0,08 мм, автомобильных - 0,04- 0,06 мм на 100 мм длины (по оси пальца, вставленного в отверстие верхней головки шатуна), а изгиб - 0,03- 0,05 мм для шатунов тракторных двигателей и 0,02- 0,04 мм для автомобильных на 100 мм длины.

Несимметричность расположения головок относительно друг друга не должна превышать 0,5 мм. Несимметричность (двойной изгиб) определяется как разность между двумя замерами «а» (рис.3) – расстояниями от плиты до торца верхней головки при двух установках. Расстояние «а» определяется штангенглубиномером. Результаты измерения внести в отчет. При больших отклонениях необходимо восстанавливать или выбраковывать шатун. Править шатуны от непараллельности и перекоса можно только после разогрева его стержня с помощью токов высокой частоты или пламенем газовой горелки. При холодной правке шатун во время последующей работы вновь возвращается в свое исходное (неправильное) положение.

3) Изношенное отверстие под втулку в верхней головке шатуна развертывают до выведения следов износа или растачивают и запрессовывают втулку увеличенного размера по наружному диаметру. Шатуны двигателей ЗИЛ-130 с изношенными отверстиями под втулку, согласно техническим условиям, выбраковывают. Растворяют отверстия под втулку на расточных станках УРБ-ВП-М.

4) Изношенное отверстие под вкладыши в нижней головке шатуна восстанавливают растачиванием, а также наплавкой или остиливанием и последующим растачиванием под нормальный размер. Перед восстановлением отверстия проверяют опорные поверхности под головки болтов, под гайки и в плоскости разъема. Опорные поверхности крышки фрезеруют до выведения следов износа на вертикально-фрезерном, а шатуна - на горизонтально-фрезерном станках. При больших износах опорные поверхности наплавляют и фрезеруют под нормальный размер по высоте от плоскости разъема до опорной поверхности. Для закрепления крышки и шатуна при фрезеровании применяют специальные приспособления.

Смятые или изношенные плоскости разъема фрезеруют или шлифуют до выведения следов износа и получения параллельности плоскостей с образующей отверстия. Параллельность проверяют индикаторным глубиномером.

После восстановления правильной геометрической формы отверстий головок шатуна проверяют выполнение требований к их взаиморасположению (табл. 2).

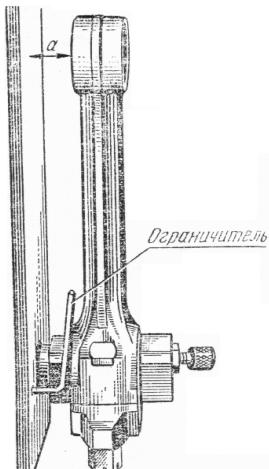


Рисунок 105 – Проверка верхней головки шатуна относительно нижней.

Таблица 2 – Технические требования к взаиморасположению отверстий головок шатуна

Марка двигателя	Межосевое расстояние отверстий верхней и нижней головок	Отклонение от параллельности осей отверстий на длине 100 мм	Перекос осей отверстий на длине 100 мм	Торцевое биение нижней головки шатуна
				мм
ЯМЗ-240Б	280±0,03	0,05	0,05	0,05
ЯМЗ-238НБ	265±0,03	0,05	0,05	0,05
СМД-60	210 _{-0,10}	0,04	0,06	0,10
Д-108	380 _{-0,05}	0,05	0,06	0,10
А 01М	265±0,03	0,04	0,06	0,05
А-41	265±0,03	0,04	0,06	0,05
СМД-14	250 _{-0,04}	0,04	0,06	0,06
Д-240; Д-50	230 _{-0,05}	0,04	0,06	0,06
Д-65Н	260 _{-0,05}	0,04	0,06	0,06
Д-37М; Д-21	215±0,03	0,04	0,06	0,06

5) Индикаторным нутромером измерить внутренний диаметр втулки верхней головки шатуна (в двух сечениях и двух направлениях) и по наибольшему размеру выбрать номинальный или ремонтный (табл.3) размер, под который следует растачивать втулку с учетом припуска на последующую обработку (дорнование, раскатывание и др.).

В учебных целях за номинальный размер расточки D_1 следует принять максимальный размер втулки, увеличенный на 0,03...0,05 мм. За размер расточки можно также принять средний фактический размер втулки, увеличенный на 0,2 мм. Размер D_1 внести в отчет.

Таблица 3 – Размерные группы поршневых пальцев, отверстий в поршнях и втулках шатунов

Марка двигателя	Обозначение (окраска) группы	Диаметр, мм		
		поршневого пальца	отверстий в поршне	отверстия во втулке
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, А-01М, А-41, ЯМЗ-240БМ	Нет размерных групп	$50_{-0,008}$	+0,011 $50_{+0,002}$	+0,040 $50_{+0,031}$
		$45_{-0,007}$	+0,013 $45_{+0,003}$	+0,041 $45_{+0,025}$
Д-108, Д-160	A1 (зеленая)	$60_{-0,004}$	-0,020 $60_{-0,027}$	+0,020 $60_{+0,012}$
	A2 (желтая)	$60_{-0,008}$	-0,027 $60_{-0,034}$	+0,012 $60_{+0,004}$

Продолжение таблицы 3

Марка двигателя	Обозначение (окраска) группы	Диаметр, мм		
		поршневого пальца	отверстий в поршне	отверстия во втулке
ЗИЛ-130, ЗИЛ-131	H	28 -0,010	-0,005 28 -0,015	+0,0070 28 -0,0030
	P1 (белая)	28 -0,0025	28 -0,0040	+0,0070 28 +0,0045
	P2 (зеленая)	-0,0025 28 -0,0050	-0,0040 28 -0,0080	+0,0045 28 +0,0020
	P3 (желтая)	-0,0050 28 -0,0075	-0,0080 28 -0,0120	+0,0020 28 -0,0005
		-0,0075 28 -0,0100	-0,0120 28 -0,0150	-0,0005 28 -0,0030
	ЯМЗ-8423	Нет размерных групп	58 -0,008	+0,009 58 +0,002
	Черная	38 -0,003	38 -0,009	+0,027 38 +0,015
		-0,003 38 -0,007	-0,009 38 -0,015	
	Д-65Н, Д-65М, Д-65ЛС, Д-65Н1, Д-65М1	38,3 -0,003	38,3 -0,009	+0,027 38,3 +0,015
		-0,003 38,3 -0,007	-0,009 38,3 -0,015	
		38-0,006 38,3-0,006	38 +0,010 38,3 ^{+0,010}	+0,028 38 _{+0,017} +0,028 38,3 _{+0,017}
		01	35 -0,003	-0,004 35 -0,009
	Д-144, Д-37М, Д-37Е, Д-21А1	02	35 -0,003 35 -0,007	-0,009 35 -0,014 +0,021 35 +0,015
<p>Примечание: Для поршневых пальцев и отверстий в поршнях и втулках шатунов двигателей Д-108, Д-106, Д-65Н установлены ремонтные размеры: номинальный диаметр плюс 0,3 мм. Детали ремонтных размеров сортируют на такие же размерные группы и обозначают так же, как и детали с номинальными размерами.</p>				

Втулку верхней головки шатуна растачивают на станке УРБ-ВП с последующим дорнованием или раскатыванием внутренней поверхности в шатуне или развертывают разжимной разверткой под увеличенный размер пальца. Внутренний диаметр втулки можно восстанавливать путем обжатия. Наружная поверхность в этом случае омедняется. При ослаблении посадки и износе внутренней поверхности втулку можно осаживать в шатуне с помощью приспособления (рис.4) на гидравлическом прессе с усилием 0,5 – 0,7 МН. После такого осаживания внутренний диаметр втулки должен иметь припуск 0,2 мм на последующую обработку. Осаживание проводят один раз, после чего втулка может быть восстановлена обжатием с последующим омеднением.

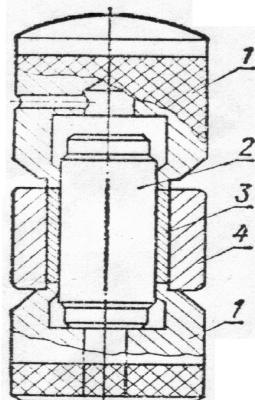


Рисунок 4 – Приспособление для обжатия бронзовой втулки верхней головки шатуна:

1 – обжимки; 2 – палец–оправка; 3 – втулка; 4 – шатун.

Раскатывают втулки вальцовкой (рис.5), закрепляемой в патроне токарного станка. На ролики вальцовки надевают шатун с втулкой. Свободный конец конусного стержня вальцовки подпирают центром задней бабки станка. Удерживая корпус 2 рукой, ввертывают регулировочную втулку 7, раздвигая ролики 1 так, чтобы они плотно соприкасались с внутренней поверхностью втулки. Затем, удерживая гильзу 6 накидным ключом, вращают шпиндель станка в обратную сторону на 4 – 6 оборотов, раздвигая ролики и создавая натяг на развалцовку и компенсацию упругих деформаций втулки. Этот размер контролируют по градуированной шкале корпуса раскатки, он должен быть больше диаметра пальца на 0,05 – 0,06 мм. Размер раздвижения роликов ограничивается гайкой 5 и контргайкой 5. После последующих 5 – 6 оборотов шпинделя станка при прямом вращении (за весь процесс 10 – 12 оборотов раскатки) втулка раскатывается до нормального размера .

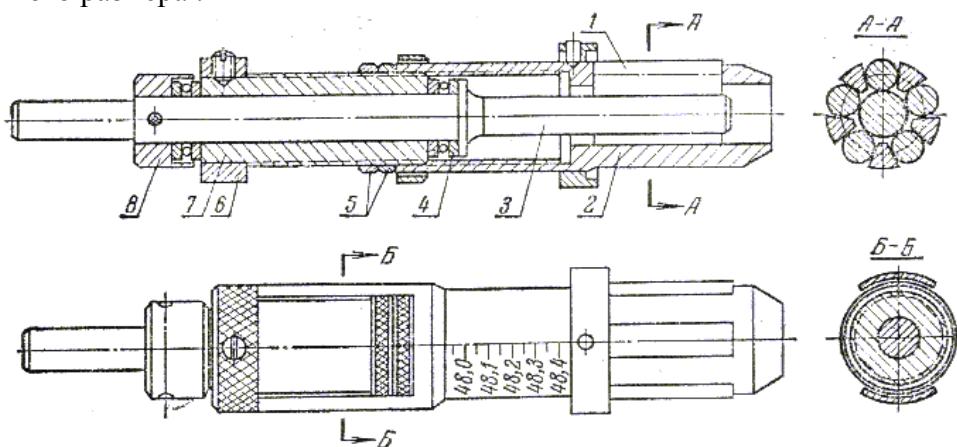


Рисунок 5 – Вальцовка для раскатывания втулки верхней головки шатуна:

1 – ролик; 2 – корпус; 3 – конусный стержень; 4 – упорный шарикоподшипник; 5 – гайки; 6 – гильза; 7 – регулировочная втулка; 8 – кольцо.

Дорнование втулок дорном (рис.6) проводят под прессом при непрерывной подаче дорна (на прессе с механическим приводом), смазанного литолом.

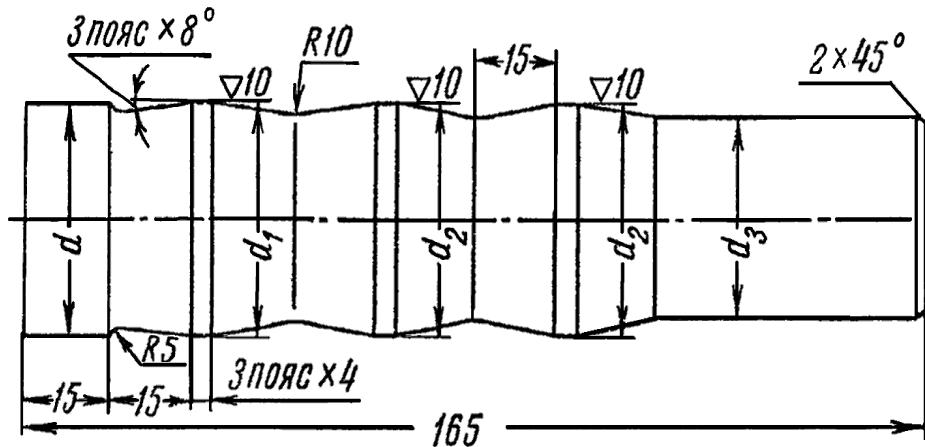


Рисунок 6 – Дорн для втулки верхней головки шатуна:

$$d = D_{-0,3}^{-0,02}; \quad d_1 = D_{-0,03}^{+0,09}; \quad d_2 = D_{+0,07}^{+0,09}; \quad d_3 = D_{-3}^{+0,09}; \quad D - \text{номинальный диаметр поршневого кольца.}$$

Если втулка подогнана правильно, то шатун, свободно висящий на смазанном литолом пальце, при проворачивании руками за палец должен отклоняться от вертикального положения на угол около 30° .

Изучить устройство станка УРБ-ВП

Устройство станка УРБ-ВП показано на рис. 7.

В левой тумбе станины установлен электродвигатель, который передает движение трем валам. В коробке передач (приводы шпинделя, промежуточный и подачи) находятся две червячные пары механизма подачи. В шпиндельной коробке смонтированы шпиндель и его механизм подачи с фрикционной муфтой, включающейся с помощью гайки 4 со звездообразной рукояткой. На правом конце станины станка расположена стойка с устройством для установки и крепления нижней или верхней головки шатуна. Сзади станины находится кронштейн с кареткой для установки и крепления верхней (или нижней) головки шатуна. Наибольший диаметр растачиваемого отверстия 100 мм; наименьший диаметр 28 мм, частота вращения шпинделя 600 и 975 мин^{-1} ; подача постоянная 0,04 мм/об.

Для расточки верхней головки или втулки шатун надевают нижней головкой на ступенчатую оправку и меньшим диаметром крепят на призмах каретки (рис.110). Верхнюю головку ставят на опору и закрепляют сверху прижимной стойкой. Нормальная длина шатуна обеспечивается установкой шаблона между двумя опорами на кронштейне и подвижной каретке. Правильность установки отверстия шатуна проверяют по резцу и регулируют опорой. Отверстие растачивают на номинальный или на один из увеличенных ремонтных размеров.

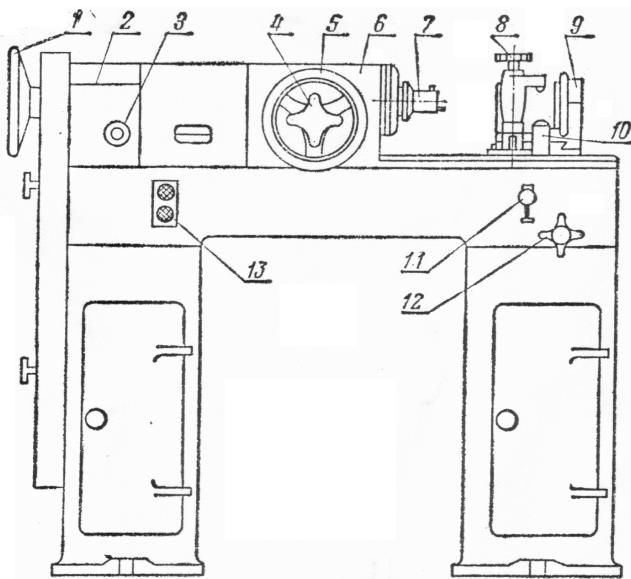


Рисунок 7 – Станок для расточки шатунных подшипников УРБ – ВП:

1 – маховичик для проворачивания шпинделя; 2 – коробка передач; 3 – указатель уровня масла; 4 – гайка включения автоматической подачи; 5 – маховичик для передвижения шпинделя; 6 – стойка шпинделя; 7 – резцовая головка; 8 – стойка для крепления шатуна; 9 – каретка с призмами; 10 – нижний подвижный упор; 11 – рукоятка крепления упора; 12 – рукоятка механизма подъёма упора; 13 – кнопки пускателя.

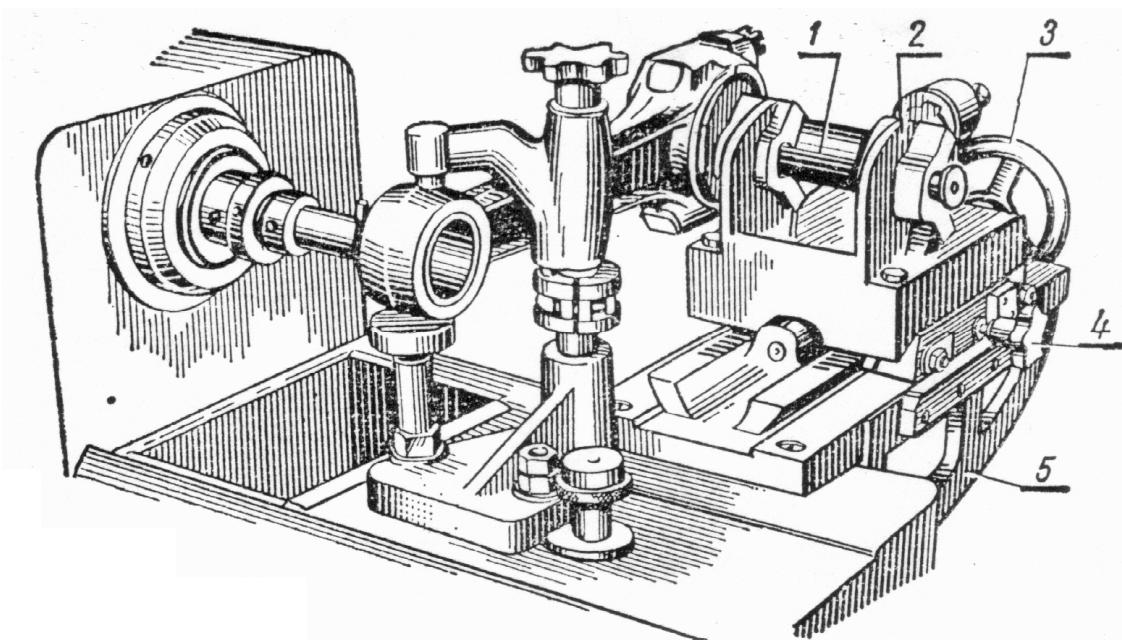


Рисунок 8 – Вид крепления шатуна при расточке втулки верхней головки:

1 – оправка; 2 – призмы каретки; 3 – маховичик передвижения каретки; 4 – винт стопорения каретки; 5 – кронштейн.

Расточить втулку верхней головки шатуна двигателя СМД-18 на номинальный размер

- 1) Вставить в отверстие нижней головки шатуна ступенчатую оправку, поставить крышку и затянуть гайки шатунных болтов.
- 2) Установить шатун на станок УРБ-ВП (рис.8), уложив ступенчатую оправку в призмы каретки станка и зафиксировать шатун упорным винтом. Следует помнить, что

масляные отверстия в шатуне заполняют солидолом (литолом) для предупреждения забивания их стружкой при расточке.

3) В шпиндель станка вставить центрирующий конус, шпинделем ввести его во втулку верхней головки и отцентрировать шатун относительно оси шпинделя. Фиксация положения верхней головки шатуна осуществляется нижним подвижным упором и прижимным винтом стойки крепления шатуна.

4) В шпинделе станка центрирующий конус заменить на резцовую головку.

5) В соответствии с диаметром расточки втулки D_1 определить величину вылета резца головки по формуле:

$$M = \frac{D_1 - d_0}{2} + M_0 - \alpha,$$

где: d_0 – диаметр резцовой головки, мм;

M_0 – показания шкалы микрометрической головки с призмой, полученные при наложении призмы на цилиндрическую поверхность резцовой головки и выдвижении пиноли микрометра до упора в эту же поверхность;

α – припуск на финишную обработку, равный 0,04...0,06 мм.

Величина припуска зависит от способа обработки: при раскатывании – 0,04 ...0,06 мм; при дорновании – 0,08 ...0,15 мм; при развертывании – 0,05 ...0,08 мм.

Результат измерения резцовой головки (d_0), показание шкалы микрометрической головки (M_0) и величину вылета резца (M) внести в отчет.

6) На шкале микрометрического винта наездника установить размер вылета резца M .

Установить наездник на резцовую головку так, чтобы подвижная пиноль микровинта находилась над вершиной резца. Выдвижением резца до упора его вершины в пиноль отрегулировать вылет резца, закрепить резец винтом.

7) Подвести резец к торцу втулки головки шатуна и, маховичком провернув шпиндель на 360° , проверить по первой стружке качество центрирования верхней головки шатуна относительно оси шпинделя.

8) Отвести вручную шпиндель от торца втулки на 5...10 мм, включив вращение шпинделя и механическую продольную подачу, растачивать втулку до выхода резца из нее на 5...10 мм.

9) По окончании растачивания выключить вращение шпинделя и продольную подачу, вывести шпиндель с резцовой головкой из втулки.

10) Индикаторным нутромером измерить диаметр расточенного отверстия втулки D_2 и сравнить его с размером D_1 . Результаты измерения внести в отчет, сделать выводы о качестве настройки резца и растачивания втулки шатуна.

11) При необходимости (по заданию преподавателя) выполнить финишную обработку втулки – развертывание регулируемой цилиндрической разверткой или раскатывание вальцовкой (см. рис.5).

Проверить компрессионные поршневые кольца на упругость и прилегаемость .Изучить конструкцию и принцип действия прибора типа КП-0507А (КИ-20824) для проверки упругости колец и пружин

Масляные и компрессионные поршневые кольца подбирают по размеру гильз и высоте канавок на поршне, а также на упругость и на коробление торцевых поверхностей. Коробление торцевых поверхностей поршневого кольца не должно превышать 0,05 мм для диаметров до 120 мм и 0,07 мм для больших диаметров.

Кольца проверяют на упругость на специальном приборе (рис.9). Кольцо вставляют между площадкой весов и нажимным устройством так, чтобы стык кольца был в горизонтальном положении. Нагружают кольцо нажимным устройством до нормального

зазора в стыке, проверяемого щупом. Сила сжатия кольца при этом должна соответствовать установленным нормам упругости.

Проверить поршневое кольцо на упругость

1) Установить кольцо на стол весового механизма (см. рис.9) так, чтобы стык находился в горизонтальном положении.

2) При помощи рукоятки переместить ползун вниз и щупом определить зазор в стыке замка (по двигателю СМД-14).

3) Закрепить ползун на зубчатой рейке и убрать из зазора щуп.

4) Перемещением балансов по линейкам весового механизма добиться совмещения подвижного и неподвижного указателей.

5) По линейкам весового механизма определить фактическую упругость кольца (в Ньютонах) и сопоставить ее с техническими условиями.

6) Результаты проверки занести в отчет и сделать вывод о пригодности кольца (по упругости) к эксплуатации.

Продефектовать поршневое кольцо на прилегаемость

1) При подборе поршневых колец в процессе комплектования шатунно- поршневой группы кроме проверки упругости проводится проверка зазора в стыке замка (в калибре) и проверка на просвет.

Для проверки кольца на просвет применяются кольца-калибры или эталонные цилиндры (гильзы).

2) Для проверки зазора в стыке и для контроля кольца на просвет используется специальное приспособление (рис.10).

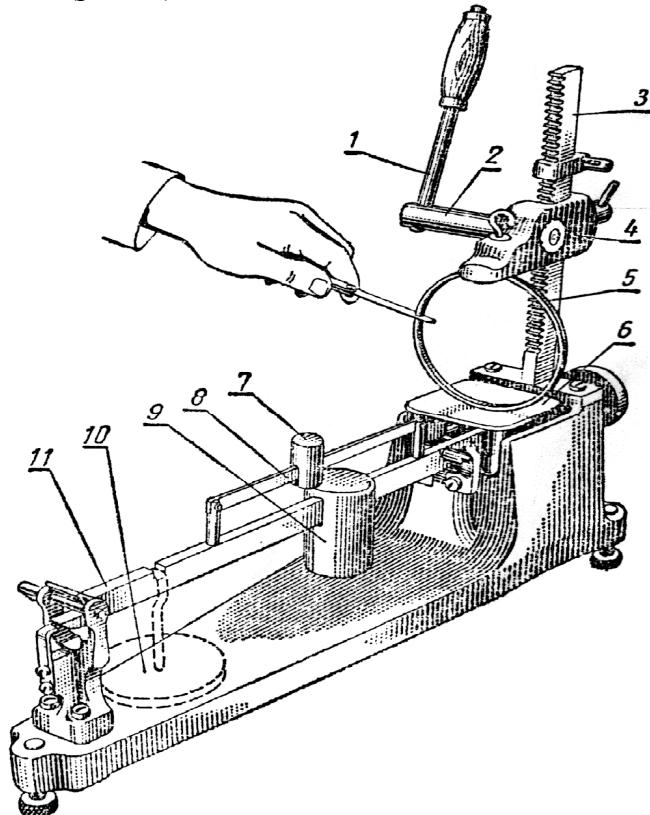


Рисунок 9 – Прибор для проверки упругости пружин и поршневых колец:

1 – рукоятка; 2 – валик с реечной шестерней; 3 – зубчатая рейка (стойка) с делениями; 4 – ползун; 5 – испытуемое кольцо; 6 – стол весового механизма; 7, 9 – передвижные грузы (балансы); 8, 11 – рычаги (линейки) весового механизма; 10 – подвесной груз (ставится при проверке пружин).

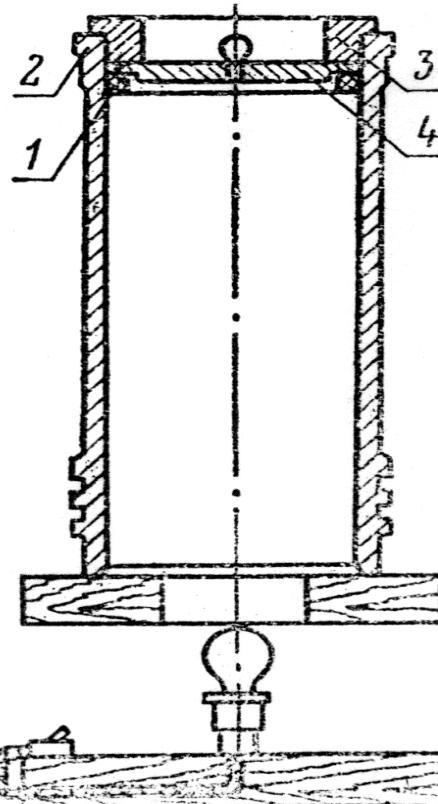


Рисунок 10 – Приспособление для проверки поршневых колец на просвет и на зазор в стыке замка:

1 – кольцо; 2 – гильза (эталонный цилиндр); 3 – направляющее кольцо; 4 – наставка.

3) Установить кольцо в эталонный цилиндр (рис. 10) на глубину 8...10 мм от верхней кромки цилиндра, уложить на кольцо наставку и направляющим кольцом сдвинуть вниз до упора контролируемое кольцо с наставкой.

В этом случае кольцо будет расположено в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра.

4) Включить лампу подсветки, снять направляющее кольцо и визуально определить дуги просвета, а шупом (набор №5) – величины просвета.

- 5) Проверить шупом зазор в стыке замка колец.
- 6) Выключить лампу подсветки, извлечь кольцо из эталонного цилиндра.
- 7) Результаты контроля занести в табл.5.6 отчета и сделать вывод о пригодности колец по зазору в стыке и по их прилегаемости к цилиндру.

2.5 Лабораторная работа № 5 (4 часа).

Тема: «Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса»

2.5.1 Цель работы: освоить технологию наплавки деталей под слоем флюса.

2.5.2 Задачи работы:

1. Изучить технологический процесс наплавки детали под слоем флюса.
2. Изучить конструкцию и принцип действия наплавочной головки типа ПАУ-1 и дополнительного оборудования.
3. Практически выполнить процесс полуавтоматической наплавки цилиндрической детали (вала) под слоем флюса АН-348А и оценить качество наплавленной поверхности.

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Токарно - винторезный станок типа 1К62.
2. Наплавочная головка ПАУ-1 ГОСНИТИ.
3. Преобразователь ПСО-300-3.
4. Твердомер ТШ-2.
5. Микроскоп отсчетный для измерения отпечатков МПБ-2.
6. Штангенциркуль 0-125 мм.
7. Деталь для наплавки: вал диаметром 100-120 мм.
8. Сварочная проволока (пружинная второго класса) диаметром 1,6 мм.
9. Флюс АН-348А.
10. Термошкаф.

2.5.4 Описание (ход) работы:

Изучить технологический процесс наплавки деталей под слоем флюса

Сущность полуавтоматической наплавки под слоем флюса

Полуавтоматическая наплавка под слоем флюса разработана в 1940 г. в институте электросварки АН УССР под руководством акад. Е. О. Патона. В развитии и совершенствовании этого способа сварки приняли участие многие научно-исследовательские, учебные институты и заводы страны. Сейчас автоматическая сварка (наплавка) широко применяется в ремонтном производстве для восстановления крупногабаритных деталей тракторов (опорные катки, направляющие колеса, звенья гусениц, башмаки), коленчатых валов автотракторных двигателей, различных шлицевых валов и др. Способ экономичен, прост организационно.

Сущность его состоит в том, что сварочная дуга между голым электродом и изделием горит под слоем толщиной 20...40 мм сухого гранулированного флюса с размером зерен 0,5...3,0 мм в попечнике (рис. 1). В процессе горения дуги одновременно плавятся сварочная проволока, основной металл и флюс. При плавлении часть легирующих компонентов выгорает. Жидкий металл в сварочной ванне находится в непрерывном движении и перемещении. Металл сварочного шва, выполненного под флюсом, состоит примерно из 1/3 расплавленного присадочного металла и 2/3 переплавленного основного металла. Соотношение веса расплавленного флюса к весу расплавленного металла приблизительно 1:1.

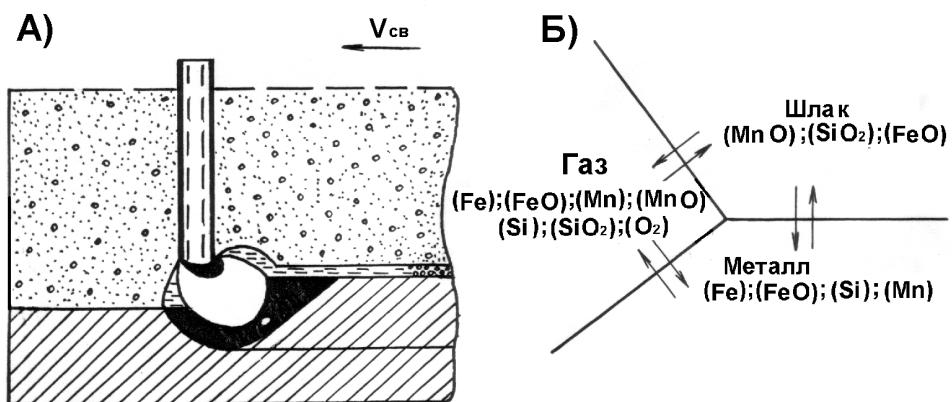


Рисунок 1 – Общая схема взаимодействия металла с газами и шлаком при автоматической сварке под флюсом:

- a – продольный разрез через сварочную ванну;*
- б – схема взаимодействия «металл-шлак-газ».*

При наплавке должно обеспечиваться минимальное разбавление наплавленного металла основным. Автоматическая наплавка под флюсом позволяет не только восстановить первоначальные размеры изношенных деталей, но и придать необходимый комплекс свойств (твердость, износостойкость, усталостная прочность) восстановленным поверхностям за счет легирования наплавленного металла.

Для наплавки деталей под слоем флюса используются наплавочные головки различных конструкций (ПШ-5, ПШ-54, ПДШ-500, ПДШМ-500, АБС, А-409, А-580, ПАУ-1, ОКС-1252 М). Основными частями наплавочной головки являются проволокопротяжной механизм с редуктором для изменения скорости подачи проволоки, бункер для флюса с флюсопроводом и специальный мундштук для проволоки. Схема установки для автоматической наплавки показана на рис. 1. Наплавочную головку укрепляют на суппорте токарного станка, снабжённого редуктором для изменения числа оборотов детали от 0,25 до 4 мин⁻¹. Ток поступает к детали через медно-графитовые щетки и кольцевую медную шину, закрепленную на патроне станка. Металл наплавляют при продольном перемещении суппорта с наплавочной головкой. В качестве источника тока используют выпрямители (ВСГ-3А, ВСГ-3М) или сварочные генераторы постоянного тока (ПС-300, ПС-500).

Назначение и характеристика флюсов

Флюсы, применяемые при наплавке, имеют следующее назначение:

создают возможность применения большей плотности тока, чем при ручной сварке; защищают зону сварки от воздействия кислорода и азота воздуха и уменьшают разбрзгивание и угар металла; замедляют процесс затвердевания металла, создавая благоприятные условия для выхода газов из шва; уменьшают потери тепла сварочной дуги на излучение и нагрев потоков окружающего воздуха; создают хорошие условия для формирования мелкозернистой структуры шва и обеспечивают устойчивость процесса сварки.

Кроме того, многие из применяемых флюсов обеспечивают легирование шва, например кремнием, хромом, марганцем и другими элементами, что повышает износостойкость восстановленной детали. По сравнению с ручной сваркой производительность автоматической под слоем флюса увеличивается более чем в 7 раз.

Большая производительность, хорошее формирование валиков и высокое качество наплавленного металла, не требует высокой квалификации наплавщика – вот основные преимущества автоматической наплавки под слоем флюса.

Недостатки: необходимость и трудность удаления шлаковой корки, образование большого количества пыли, большая зона термического влияния, значительный нагрев деталей малых размеров, снижение усталостной прочности до 20...40%.

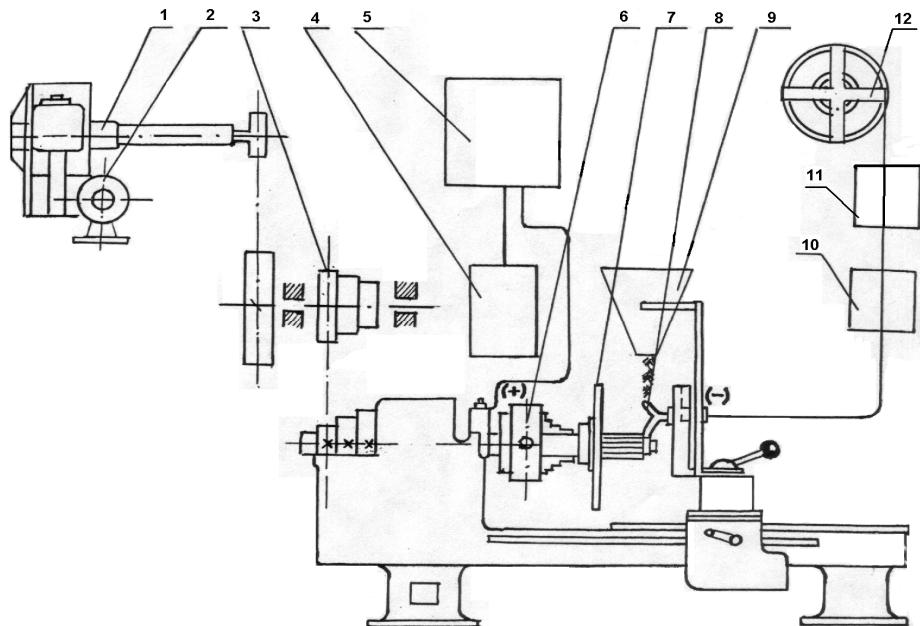


Рисунок 2 – Схема установки для автоматической наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса:

1-редуктор; 2-электродвигатель; 3-контрпривод; 4-сварочный преобразователь; 5- аппаратный ящик; 6- патрон токарного станка; 7- наплавляемая деталь; 8-держатель; 9- бункер; 10- проволокоподающий механизм; 11- очиститель; 12- кассета с проволокой.

По способу производства флюсы различают на плавленые (АН-348 А, АН-20, АН-28, АН-60, ОСЦ-45) и неплавленые - керамические (АНК-18, К-2, КС-1, АСН-1, Е-29, КС-30ХГСА). Первые получают путем сплавления компонентов шихты в электрических или пламенных печах с последующим их измельчением до определенной грануляции. Они обеспечивают стабильность (однородность) химического состава наплавленного металла. Основным недостатком этих флюсов является их слабое раскисляющее действие. Плавленые флюсы могут лишь незначительно легировать наплавленный металл марганцем, кремнием, повышая их содержание до 0,15...0,20% за счет кремне- и марганцевосстановительных процессов. Свойства металла, наплавленного под плавлеными флюсами, приведены в табл. 1.

Неплавленые (керамические) флюсы получают из смеси порошкообразных материалов, скрепленных в основном жидким стеклом. Они позволяют легировать наплавленный металл любыми элементами. Однако химическая неоднородность при этом увеличивается за счет большей разницы по концентрации углерода и карбидообразующих элементов между наплавленным и основным металлом до 10...15%. В их состав в качестве легирующих компонентов вводят феррохром, ферромарганец, ферросилиций, форроборитан, а для образования шлаков - мрамор, известняк, плавиковый шпат, кварц, двуокись титана. При этом отдельные легирующие элементы выполняют роль и легирующих и раскисляющих элементов.

Применение керамических флюсов перспективно для восстановления многих деталей машин с большим износом (опорные катки, направляющие колёса, их оси, цапфы рамы), так как наличие в их составе, кроме шлакообразующих компонентов, легирующих, раскисляющих и модифицирующих веществ позволяет при использовании недефицитной малоуглеродистой проволоки получить высококачественный металл с необходимыми служебными свойствами.

Широкое применение при восстановлении деталей находят флюсы-смеси, т. е. когда к плавленому стандартному флюсу АН-348 А добавляют легирующие элементы.

Для получения твёрдых и износостойких покрытий в качестве легирующих материалов применяются:

- а) графит серебристый из электродов для сталеплавильных печей и серый мелкодисперсный «Тайгинский»;
- б) ферромарганец, содержащий 70...80% марганца и 1,5...2,0% углерода;
- в) ферросилиций, содержащий 70...80% кремния;
- г) феррохром Хр-8020, содержащий 70...80% хрома и 7...8% углерода;
- д) алюминиевый порошок.

Таблица 1. – Твердость и относительная износостойкость наплавленного металла

Электродная проволока	Марка флюса	Твердость HRC	Коэффициент относительной износостойкости
Нп-30ХГСА	АН-348 А	34-36	1,17
Нп-30ХГСА	АН-20	29-31	1,28
Нп-30ХГСА	АН-60	40-42	1,33
Нп-30ХГСА	АН-28	41-52	-
Нп-80	АН-348 А	34-35	1,24
Нп-80	АН-60	42-43	1,34
Нп-2Х14	АН-60	41-43	1,31
Нп-2Х14	АН-28	48-50	1,66
Нп-3Х13	АН-60	44-46	1,51
Нп-3Х13	АН-28	50-52	1,58
Нп-4Х13	АН-28	54-55	1,67
Нп-4Х13	АН-60	51-52	1,58
Сталь 20	АН-348 А	17-27	1,08
Нп-50	АН-348 А	28-29	1,18
Св-18ХГСА	АН-348 А	31-33	1,18
Св-08Г2С	АН-348 А	20-22	1,02

Преимуществом керамических флюсов и флюсов-смесей является то, что их использование при наплавке обеспечивает получение закалочной структуры, а следовательно, высокой твердости (без последующей термообработки) за счет введения в покрытие повышенного содержания хрома и углерода. При этом хром значительно снижает критическую скорость закалки, а наличие углерода обеспечивает самозакаливание наплавленного металла при его естественном охлаждении.

К недостаткам этих флюсов относится то, что при их применении в наплавленном металле имеют место неравномерное распределение легирующих элементов, структурная неоднородность, приводящая к « пятнистой » твердости покрытия.

Основные требования к легирующим материалам

Легирующие материалы должны быть мелкодисперсными и без посторонних примесей. При недостаточно мелких частицах легирующих материалов, особенно графита, в наплавленном металле возникают дефекты в виде раковин и шлаковидных включений, резко ухудшаются отделимость шлака.

Для приготовления легирующего флюса необходимо во флюс АН-348 А засыпать легирующие примеси, после чего флюс тщательно перемешать и просеять, затем в полученную смесь добавить 15...25% растворимого стекла (силиката натрия), после чего всю массу тщательно перемешать, высушить при $t=350\ldots400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($623\ldots673\text{ }^{\circ}\text{K}$). После остывания затвердевшую смесь измельчить и просеять через сито (9 отверстий на 1 cm^2).

Электродные материалы

В качестве электродных материалов используются проволоки сплошного сечения диаметром 1,2...2,5 мм. Для наплавки малоуглеродистых и некоторых низколегированных сталей используют проволоку из малоуглеродистых (Св.08, Св.08А, Св.15), марганцовистых (Св.08Г, Св.08ГА, Св.15Г, Св.10Г2) и кремнемарганцовистых (Св.10ГС) сталей. Для наплавки легированных и высоколегированных сталей применяют проволоку из легированных и высоколегированных (Св.18ХГСА, Св.30ХГСА, Св.08Х14, Св.2Х13) сталей.

Вместо сплошной проволоки сложного химического состава при дуговой наплавке всё более широкое применение находит также порошковая проволока (ПП), изготовленная из низкоуглеродистой стальной ленты, свёрнутой в трубку, внутрь которой помещают шихту – порошкообразный сердечник, состоящий из смеси ферросплавов (ферровольфрам, феррохром, ферромарганец, феррованадий), железного порошка, графита и других материалов.

Сердечник порошковых проволок для наплавки под флюсом содержит преимущественно легирующие элементы, а для наплавки открытой дугой содержит материалы, образующие газы и шлаки, которые надёжно защищают от кислорода и азота воздуха. Преимуществом порошковых проволок с внутренней защитой является то, что при их использовании не требуется применения защитных газов, флюсов и других средств. Создаётся возможность легирования в широких пределах наплавляемого слоя металла.

При этом в наплавленном металле содержится большое количество легирующих элементов, обеспечивающих его самозакаливание на воздухе.

Использование порошковых проволок позволяет экономить наплавочный материал.

Наплавочные порошковые проволоки рекомендуется применять для восстановления деталей с большими величинами износа, средней и высокой твердости - НВ 200...600 (2000...6000 МПа), особенно работающих в условиях интенсивного изнашивания: опорных катков, цапф, коленчатых осей, валов трансмиссии тракторов и др.

Некоторые свойства металла, наплавленного порошковыми проволоками на сталь 45, даны в табл. 2

Таблица 2 – Твёрдость и относительная износостойкость металла, наплавленного различными порошковыми электродными проволоками

Марка порошковой проволоки и защитная среда	Твёрдость HRC	Коэффициент относительной износостойкости
ПП-У30Х14СМФ-0	45-50	2,23
ПП-У251017Т-0	42-44	2,30
ПП-3Х13-0	54-56	1,79
ПП-1Х14Т-0	42-48	1,43
ПП-25Х5МФС-0	50-54	1,77
ПП-3Х5Г2М-0	48-49	1,78
ПП-113Н4-0	34-35	1,33
ПП-ТН250-0	25-27	1,05
ПП-3ХВ8 (под флюсом АН-20)	46-48	1,32
ПП-3Х2В8 (под флюсом АН-348А)	44-46	1,30
ПП-АН120 (под флюсом АН-348А)	44	1,37
ПП-АН120 (10) (под флюсом АН-348А)	50	1,48
ПП-АН120 (14) (под флюсом АН-348А)	42	1,29
ПП-АН1 (в среде CO ₂)	12	0,94
ПП-АН4 (в среде CO ₂)	24	1,15
ПП-АН8 (в среде CO ₂)	25	1,03

В настоящее время для наплавки под флюсом находит применение стальная лента, изготавляемая из различных марок сталей: инструментальной, пружинной, нержавеющей и из жаростойких сплавов; лента поставляется в рулонах. Для наплавки обычно используется лента толщиной 0,1...0,3 мм и шириной 20...50 мм или специальная порошковая лента. Размеры ленты зависят от размера наплавляемых деталей.

Марку электродного материала и флюса выбирают с учетом требуемых физико-механических свойств наплавленного металла восстанавливаемой детали.

Изучить конструкцию и принцип действия наплавочной головки типа ПАУ-1 и дополнительного оборудования

Техническая характеристика головки ПАУ-1 ГОСНИТИ

Наплавочная головка ПАУ характеризуется следующими параметрами:

1. Количество электродов.....	1;
2. Диаметр электродной проволоки, мм.....	1,2...3;
3. Сварочный ток, А.....	100...450;
4. Напряжение, В.....	24...30;
5. Скорость наплавки, м/ч.....	12...90;
6. Скорость подачи проволоки, м/ч.....	50...420;
7. Мощность электродвигателя переменного тока, кВт.....	0,97;
8. Частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	2800.

Подача проволоки в зависимости от числа зубьев шестерён редуктора показана в табл. 3.

Таблица 3 – Подача проволоки головки ПАУ-1 ГОСНИТИ

Число зубьев шестерён		Подача проволоки	
ведущей	ведомой	м/мин	м/ч
16	42	0,84	50,50
18	40	1,02	61,00
20	38	1,22	73,00
22	36	1,43	86,00
24	34	1,95	117,00
34	24	3,05	183,00
36	22	4,14	248,00

Источник питания дуги

Источником питания дуги служит преобразователь ПСО-500, генерирующий постоянный сварочный ток, который регулируется от 125 до 500 А. Генератор преобразователя имеет падающую внешнюю характеристику. Преобразователь состоит из сварочного генератора постоянного тока и приводного трёхфазного синхронного электродвигателя.

Вся пускорегулировочная и контрольная аппаратура смонтирована в общей коробке.

Техническая характеристика преобразователя приведена в табл. 4.

Таблица 4 – Основные технические данные преобразователя ПСО-500

Параметры	Величина
ПР, %	65
Мощность, кВт	20
Ток прерывателя, А	125...500
Электродвигатель, тип	A-71-2
Мощность электродвигателя, кВт	28
Напряжение, В	380-220
Ток, А	53/92
Частота вращения, мин ⁻¹	2390

Переоборудование токарно-винторезного станка

Цилиндрические детали, предназначенные для наплавки под слоем флюса, закрепляются в патроне или центрах токарного станка, при этом станок служит для вращения детали и перемещения головки ПАУ-1 вдоль детали. Частота вращения шпинделя станка должна регулироваться в пределах $0,25\ldots4,00 \text{ мин}^{-1}$, для понижения частоты вращения применяется дополнительный редуктор.

Частота вращения шпинделя станка должна регулироваться в пределах $0,25\ldots4,00 \text{ мин}^{-1}$, для понижения частоты вращения применяется дополнительный редуктор.

С суппорта станка снимается резцодержатель и на него устанавливается наплавочная головка через изолирующий диск.

Подвод тока от источника к детали осуществляется через патрон токарного станка с помощью меднографитовых подпружиненных щеток. Эти щетки закреплены на щеткодержателе, который крепится к корпусу шпинделя.

Диапазон продольной подачи головки - от 1 до 7 мм.

Практически выполнить процесс полуавтоматической наплавки цилиндрической детали (вала) под слоем флюса АН-348А и оценить качество наплавленной поверхности

Выбрать режим наплавки детали диаметром 100...120 мм для получения наплавленного слоя толщиной 1,0...1,5 мм

1) К режиму наплавки под флюсом (исключая марку флюса и присадочного материала) относятся параметры электрического тока, скорость наплавки, скорость подачи проволоки, её диаметр и положение относительно наплавляемой поверхности, шаг наплавки.

2) Материал проволоки и марка флюса выбираются в зависимости от материала детали и требуемой твёрдости наплавляемого слоя (табл. 1, 2, 5).

Таблица 5 – Влияние материала проволоки и марки флюса на твёрдость наплавленного слоя

Материал детали	Марка проволоки	Марка флюса	Твёрдость слоя, НВ
Ст 30	Св-10Г2	АН-348 А	156...164
Ст 40	Св-08	АН-348 А	170...220
	Св-10Г2	АН-348 А	195...203
Ст 45	Св-08	АН-348 А	170...220
	Св-30ХГСА	АН-348 А	280...342
Ст 45	Пружинная второго класса	Ан-60	320...350

3) Сварочный ток определяет глубину проплавления основного металла и производительность процесса. С увеличением тока (при постоянной скорости наплавки и напряжении) возрастают объем сварочной ванны, глубина и площадь проплавления металла, что приводит к увеличению высоты наплавляемого валика. Однако при дальнейшем повышении тока формирование наплавленного валика ухудшается, нет плавного перехода от поверхности наплавленного металла к основному. Появляется опасность деформации детали, уменьшается концентрация легирующих элементов в наплавленном слое, в нём повышается доля основного металла. Чем меньше диаметр детали, тем ниже должны быть ток и диаметр электродной проволоки. Ток выбирается в зависимости от диаметра электродной проволоки и регулируется скоростью её подачи. Напряжение дуги связано с величиной сварочного тока. Чем выше сила тока, тем выше должно быть напряжение дуги.

Величина тока (обратной полярности) выбирается в зависимости от диаметра наплавляемой детали (табл. 6).

Таблица 6 – Выбор тока в зависимости от диаметра наплавляемой детали

Диаметр детали, мм	70	100	200	300	400
Ток, А	130...150	150...170	190...250	240...280	290...350

4) С ростом напряжения дуги (при неизменном токе и скорости перемещения) увеличивается ширина наплавленного валика, повышается количество расплавленного флюса, т. е. расход. При низком напряжении дуги получается высокий и узкий валик, при большом - низкий и широкий.

Кроме того, с повышением напряжения ухудшается устойчивость дуги. Для наплавки деталей рекомендуется напряжение в пределах 25...35 В. Следует иметь в виду, что напряжение холостого хода (при пуске преобразователя) будет равно 40...60 В.

5) Диаметр электродной проволоки зависит от тока (табл. 7).

Таблица 7 – Выбор диаметра проволоки в зависимости от тока

Ток, А	До 150	150...200	180...300	250...400	300...500
Диаметр проволоки, мм	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0

6) Для устойчивого процесса автоматической наплавки необходимо, чтобы скорость плавления электрода соответствовала его подаче. Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_n = \frac{\kappa \cdot J}{g_n},$$

где κ - коэффициент наплавки (8 г/А ч);
 J - ток, А;

g_n - масса одного метра проволоки, г (при $d = 1,6$ мм, $g_n = 15$ г/м).

Подсчитанная скорость подачи проволоки корректируется в соответствии с паспортными данными наплавочной головки (табл. 36).

7) Скорость наплавки (м/ч):

$$V_h = \frac{\kappa \cdot J}{g_m},$$

где g_m - масса одного метра наплавленного материала, г;

Масса одного метра наплавленного материала определяется из выражения:

$$g_m = F \cdot \gamma$$

где F - площадь поперечного сечения шва, мм^2 ; для проволоки диаметром 1,6 мм она может быть принята равной $4\dots6 \text{ mm}^2$;

γ - удельный вес материала наплавки ($7,5 \text{ г/см}^3$).

8) Частота вращения шпинделя станка (мин^{-1}):

$$n = \frac{V_h}{60 \cdot \pi \cdot D},$$

где D - диаметр детали, м;

V_h - скорость наплавки, м/ч.

Подсчитанная частота вращения детали корректируется и устанавливается на станке в соответствии с данными табл. 8.

Таблица 8 – Положение рычагов коробки скоростей при установке частоты вращения шпинделя, мин⁻¹

Положение рычагов Д, Е	Положение рычагов А, В, С		
	А	В	С
Д	3,00	2,00	3,00
Е	0,85	0,50	0,66

9) Величина продольной подачи (шаг наплавки) принимается для проволок диаметром 1,2; 1,6 и 2 мм соответственно равной: 0,6...0,9 мм; 1,5...2,4 мм; 4,6...6,0 мм.

10) Электрод смещают с зенита при наплавке цилиндрических поверхностей в сторону, противоположную направлению вращения, во избежание стекания жидкого металла и флюса. Смещение устанавливается опытным путём с таким условием, чтобы расплавленный металл и флюс, находясь в горизонтальном положении, успели затвердеть и не стекали по цилиндрической поверхности (табл. 9).

Таблица 9 – Смещение электрода с зенита

Диаметр детали, мм	Смещение электрода, мм
40...90	4...8
100...180	8...10
200...250	10...15
400... и более	20... и более

11) Вылет электрода выбирается так, чтобы было обеспечено наибольшее расплавление электрода и меньшее расплавление основного металла и чтобы обеспечивалось достаточное плавление флюса для защиты ванны расплавленного металла. При использовании наплавочной проволоки диаметрами 1,2...1,5 и 1,6...2,0 мм вылет электрода рекомендуется соответственно 10...20 и 20...25 мм, а стальной ленты – 30...35 мм.

Наплавить участок детали диаметром 100...120 мм на длине 8...10 мм под слоем флюса АН-348А

1) Закрепить деталь 1 в патроне станка 2 (рис. 3), предварительно измерив её диаметр штангенциркулем.

2) Установить на станке необходимую подачу суппорта (рукояткой 3) и частоту вращения шпинделя (рукоятками 4); отрегулировать положение головки 5 относительно детали ее перемещением по высоте и поперечным смещением суппорта, добиваясь необходимого смещения электрода с зенита и получения расстояния между деталью и кожухом мундштука 5... 10 мм.

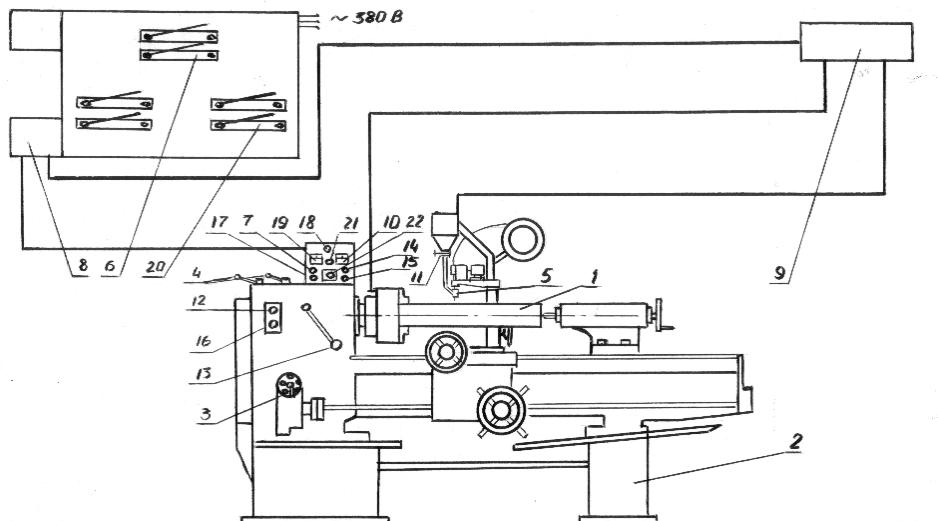


Рисунок 3 – Схема расположения оборудования для наплавки под слоем флюса:

1- деталь; 2- станок токарно-винторезный; 3- рукоятка подач; 4- рычаг коробки скоростей; 5-наплавочная головка; 6-рубильник щита; 7-кнопка «пуск» преобразователя; 8-магнитный пускател; 9- преобразователь; 10- вольтметр; 11- флюсовая заслонка; 12- кнопка «пуск» вращения шпинделя; 13- рычаг муфты сцепления; 14- кнопка «пуск» подачи проволоки; 15- кнопка «стоп» подачи проволоки; 16- кнопка «стоп» вращения шпинделя; 17- кнопка «стоп» преобразователя; 18- маховичок реостата; 19- амперметр; 20- рубильник; 21- лампа контрольная; 22- переключатель направления перемещения проволоки.

3) Включить общий рубильник 6 и нажатием кнопки 7 «Пуск» магнитного пускателя обеспечить подачу напряжения на электродвигатель преобразователя 9. Напряжение преобразователя (холостого хода и рабочее) контролируется вольтметром 10. Рабочее напряжение регулируется маховичком 18 реостата.

4) Открыть флюсовую заслонку 11 и отрегулировать подачу флюса. Флюс должен быть прогрет при температуре 120...130°C в термошкафу и охлаждён до комнатной температуры.

5) Включить рубильник 20 и подать напряжение на электродвигатель токарного станка (загорится контрольная лампа 21 пульта управления).

6) Нажатием пусковой кнопки 12 и поворотом рычага 13 муфты сцепления дать вращение детали, убедиться в правильной подаче флюса и кнопкой 14 включить подачу электродной проволоки. Перед включением подачи проволоки установить переключатель направления перемещения проволоки 22 в положение 1 (вперед). Включить перемещение суппорта.

7) Установить необходимое напряжение (24...28 В) маховичком реостата 18 и наплавить участок детали длиной 8... 10 мм, снимая шлаковую корку. По окончании процесса наплавки выключить подачу проволоки кнопкой 15 и выключить вращение шпинделя нажатием кнопки 16 "стоп", отвести головку от детали.

8) Выключить преобразователь кнопкой 17 и выключить рубильник 6 щита.

9) Собрать и просеять флюс, засыпать его в бункер головки.

Оценить качество наплавленной поверхности

1) Проточить на токарном станке наплавленную поверхность до устранения раковин и неровностей.

2) Измерить диаметр восстановленной детали и определить толщину слоя наплавки.

3) Измерить твёрдость наплавленного слоя с помощью твердомера ТШ-2 и микроскопа отсчетного МПБ-2. Сравнить полученные значения твёрдости с табличными (табл. 5).

2.6 Лабораторная работа № 6 (4 часа).

Тема: « Восстановление деталей вибродуговой наплавкой».

2.6.1 Цель работы: изучить технологию вибродуговой наплавки

2.6.2 Задачи работы:

1. Изучить физическую сущность и технологический процесс восстановления деталей вибродуговой наплавкой.
2. Изучить конструкцию и принцип действия наплавочной головки ОКС-6569.
3. Практически освоить процесс восстановления детали вибронаплавкой.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Токарный станок модели 163.
2. Наплавочная головка ОКС-6569.
3. Преобразователь ПСГ-500.
4. Твердомер ТШ-2.
5. Микроскоп отсчетный для измерения диаметров отпечатков.
6. Деталь для наплавки (диаметром 50 мм).
7. Сварочная проволока диаметром 1,6 мм пружинная, второго класса.
8. Штангенциркуль ШЦ-11-0.1-200.

2.6.4 Описание (ход) работы:

Изучить физическую сущность и технологический процесс восстановления деталей вибродуговой наплавкой

Одним из методов наплавки, разработанным в нашей стране, является вибродуговая наплавка, получившая широкое распространения для восстановления автотракторных деталей. Сущность ее заключается в периодическом замыкании и размыкания находящейся под током электродной проволоки, которая в процессе плавления вибрирует с частотой 40-50 кол/сек и больше.

Цикл вибродуговой наплавки состоит из трех периодов: короткого замыкания, электрического разряда и холостого хода.

Вибродуговая наплавка по сравнению с ручной электродуговой увеличивает производительность труда в 2-4 раза. В процессе наплавки деталь нагревается не более чем на 100С (373К), благодаря чему удается избежать коробления. Кроме того, исключена возможность изменения структуры металла детали, так как зона термического влияния при этом способе невелика. Не требуется дефицитных электродных материалов и другого оборудования. Эта наплавка дает возможность получить слой высокой твердости без последующей обработки. Есть и другие преимущества.

Вибродуговая наплавка проводится с помощью автоматической головки, которая устанавливается на суппорт токарного станка вместо резцодержателя (рис. 1). Основание головки изолируется от плиты суппорта станка текстолитовыми прокладками и втулками. Станок заземляется. Наплавляемая деталь 3, закрепленная в патроне или в центрах станка, вращается с определенной скоростью. Сварочный ток к обрабатываемой детали подводится токоподводящим устройством. Для этой цели на шпиндель токарного станка напрессовывается токосъемное кольцо; к станине привинчивается траверса со щеткодержателем и щеткой. Рекомендуется обратная полярность тока на детали, так как при ней уменьшаются термические воздействия на деталь с включением в цепь регулируемого индуктивного сопротивления 8.

Автоматическая вибродуговая головка предназначена для подачи электродной проволоки и отрыва ее от детали. Проволока из кассеты 6 подается в вибрирующий мундштук 4 механизмом 5, который состоит из роликов, редуктора и электродвигателя. Вибрирует электрод с помощью электромагнитного или механического вибратора 7. Охлаждающая жидкость в зону наплавки подается самотеком из бака через трубку с

вентилем или насосной установкой. Насосная установка состоит из электродвигателя 1, насоса 2, подводящего патрубка с краном и бака 9.

В качестве источника тока может использоваться агрегат АНД-500/250 или ПСГ-500 при диаметре электродной проволоки до 2 мм и скорости подачи не более 2 м/мин. Более мощные агрегаты АНД-1000/500 и АНД-1500/750 позволяют наплавлять либо одновременно двумя-тремя наплавочными головками, либо проволокой большего диаметра или ленточным электродом. При вибродуговой наплавке можно также применять селеновые выпрямители марок ВСГ-3М и ВСГ-3А.

Для перечисленных типов источников тока в сварочную цепь необходимо включить регулируемое реактивное сопротивление в целях настройки сварочной цепи на оптимальные переходные процессы наплавки. Для этого используют дроссели РСТЭ-34, РСТЭ-24.

Вибродуговым способом наплавляют различные детали тел вращения по внутреннему и наружному диаметру, изготовленные из стали и чугуна. Технологический процесс восстановления деталей включает следующие операции: подготовку к наплавке, наплавку, последующую обработку наплавленного слоя, контроль качества покрытия.

Детали перед наплавкой очищаются от ржавчины, масла и нагара химическим или механическим способом. Если неравномерность износа детали превышает 0,3-0,5 мм, ее подвергают механической обработке до полного устранения искажений геометрической формы. Имеющиеся на наплавляемой поверхности отверстия, пазы, канавки, которые нужно сохранить, заделывают графитовыми, медными или стальными вставками.

Качество и толщина наплавленного вибродуговым способом металла зависят от электродной проволоки и режима наплавки. Поэтому марку проволоки выбирают, исходя из требований, предъявляемых к наплавленному слою. Следует иметь в виду, что необходимую твердость наплавленного слоя можно получить за счет применения проволоки соответствующего химического состава. При наплавке средне- и высокоуглеродистыми проволоками 65Г (0,65% С), ПК (0,70% С), ОВС (0,8% С) твердость наплавленного металла достигает HRC 45-58. При этом слой наплавки хорошо сцепляется с деталью, обладает высокими антифрикционными свойствами.

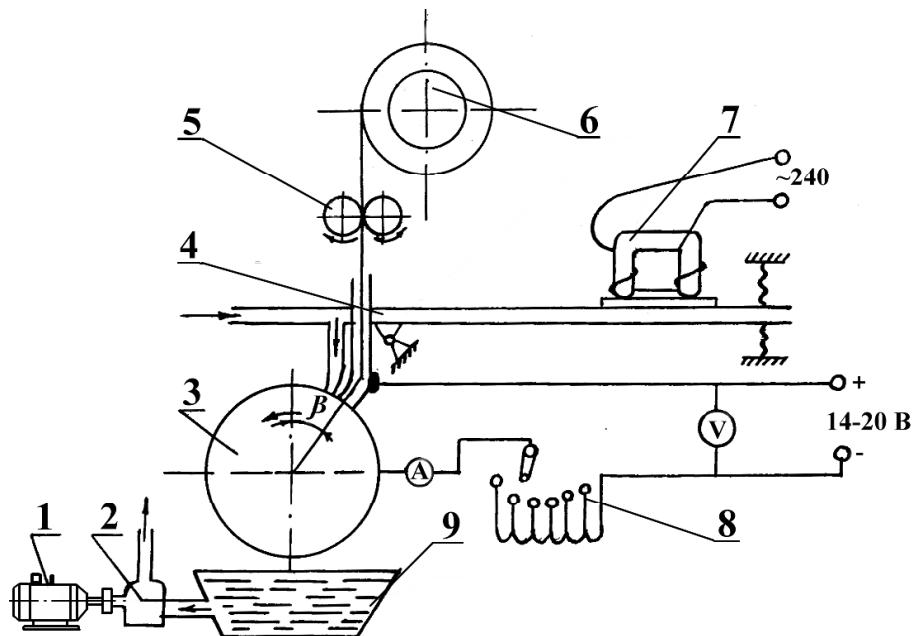


Рисунок 1 – Принципиальная схема вибродуговой наплавки:

1 - электродвигатель; 2 - насос; 3 - наплавляемая деталь; 4 - вибрирующий мундштук; 5 - механизм подачи проволоки; 6 - кассета; 7 - вибратор; 8 - индуктивное сопротивление; 9 - бак для жидкости.

Если требуются низкие твердости, то можно наплавлять проволокой марки Св-0,8, которая дает твердость НВ 200-275 (2000-2750 МПа) или проволоки марки Св-30ХГСА для получения средней твердости HRC 30-40.

Режим наплавки характеризуется величиной тока, скоростью подачи электродной проволоки, шагом наплавки, расходом охлаждающей жидкости, частотой вибрации электрода и т.д.

Напряжение дуги при вибродуговой наплавке целесообразно регулировать в пределах 14-25 В. При более низких напряжениях уменьшается производительность труда, при повышении напряжения (более 25 В) увеличивается интенсивность выгорания легирующих элементов. Сила тока должна быть в пределах 130-180 А и более.

Оптимальные значения скорости наплавки, обеспечивающие хорошее формирование наплавленного слоя, находятся в пределах 0,3-2,0 м/мин. Скорость подачи проволоки может изменяться в пределах от 50 до 110 м/час. Следует отметить, что низкая скорость приводит к образованию пропусков на наплавленной поверхности. При очень большой скорости не вся проволока расплавляется.

Шаг наплавки зависит от диаметра электрода, напряжения дуги и скорости подачи проволоки. Практика показывает, что шаг наплавки должен быть в 1-3 раза больше диаметра электродной проволоки. При малом шаге наплавки зона горения дуги находится между ранее наплавленным валиком и электродом. При этом наплавленный металл, попадая на недостаточно разогретый основной металл, не сплавляется с ним, и образуются участки несплавления. Кроме того, при малом шаге твердость наплавленного слоя ниже, поскольку тепловое воздействие на наплавленный валик будет больше. Слой до 1 мм наплавляется обычно при подаче детали 1,2-2,0 мм/об, а толстые слои – при 1,7-3,0 мм/об.

Вибрация электродной проволоки относительно детали имеет небольшую амплитуду – 1-3 мм. В результате этого происходит чередование коротких замыканий. При малой амплитуде колебаний электрода повышается шероховатость. Увеличение амплитуды вызывает разбрызгивание металла.

Практикой установлено, что величина вылета электрода должна быть в пределах 5-10 мм. Большой вылет электрода рекомендуется для высокоуглеродистой проволоки.

Для охлаждения детали и мундштука вибратора, получения наплавленного слоя необходимой твердости и износостойкости, а также для защиты расплавленного металла от вредного воздействия на него азота воздуха чаще всего применяется 4-6%-ный водный раствор кальцинированной соды и 0,5% минерального масла. Расход жидкости рекомендуется в пределах 0,2-0,8 л/мин. Деталь при охлаждении должна находиться под тонким слоем раствора. Недостаток, а также излишек охлаждающей жидкости резко ухудшает стабильность процесса наплавки.

При определении толщины наплавленного слоя следует учитывать припуск на механическую обработку, который обычно составляет 0,6-1,2 мм на сторону. При наплавке в два или три слоя каждый предыдущий слой необходимо защищать металлической щеткой.

Ориентировочные режимы вибродуговой наплавки приведены в таблице 1

Изучить конструкцию и принцип действия наплавочной головки ОКС-6569

Назначение головки

Головка вибродуговая наплавочная предназначена для вибродуговой наплавки металла в струе жидкости и углекислом газе проволокой сплошного сечения диаметром 1,2...2 мм, а также для вибродуговой наплавки открытой дугой порошковой проволокой диаметром 2...3 мм (с внутренней защитой).

Кроме того, головка может быть использована для наплавки без вибрации электрода в углекислом газе проволокой сплошного сечения и открытой дугой порошковой проволокой с внутренней защитой.

Техническая характеристика

1) Тип.....	стационарный
2) Производительность головки, кг/час:	
при вибродуговой наплавке в струе жидкости.....	2,6
(проводка $d = 1,6$ мм, скорость подачи электрода $V_n = 3,2$ м/мин)	
при вибродуговой наплавке в углекислом газе.....	2,65
(проводка $d = 2$ мм, $V_n = 2$ м/мин)	
при вибродуговой наплавке порошковой проволокой.....	3,3
($d = 3$ мм, напряжение 18 В, ток 300 А)	
3) Диаметр наплавляемой детали, мм:	
при вибродуговой наплавке в струе жидкости и в газе.....	15...150
при вибродуговой наплавке порошковой проволокой.....	30...150
при наплавке порошковой проволокой без вибрации электрода.....	100...350
при вибродуговой наплавке внутренних поверхностей в струе жидкости.....	45 и более
при наплавке внутренних поверхностей в углекислом газе.....	55...180
4) Сварочный ток, А.....	500
Сварочное напряжение при вибродуговой наплавке, В.....	15-20
5) Амплитуда колебания электрода, мм.....	0,3
Тип вибратора.....	механический
Частота колебания электрода, кол/сек.....	75 ± 3
6) Привод.....	электрический
Тип электродвигателя.....	АОЛ 21-2
Мощность, кВт.....	0,4
Угловая скорость, мин ⁻¹	2800
7) Скорость подачи электрода, м/мин.....	0,52; 0,65; 0,79; 0,95; 1,19; 1,5; 1,59; 1,99; 2,5; 3,2; 3,66; 4,5
8) Габаритные размеры, мм.....	730 x 300 x 700
Масса, кг.....	60

Устройство и принцип работы головки

Наплавочная головка (рис. 2) состоит из следующих основных частей: электродвигателя 1, механизма подачи электрода 2, вибратора 3, сменных мундштуков 4, опоры с зажимом 5, механизма подъема 6, опорной плиты 7 и защитного щитка 8.

Болт 14 фиксирует поворот головки вокруг горизонтальной оси, а гайкой 15 с контргайкой фиксируется положение эксцентриковой втулки на валике вибратора.

В комплект головки входят также кислородный редуктор, подогреватель газа, осушитель газа, отсекатель газа, пульт управления и кассета.

Кинематическая схема головки показана на рис. 3.

Механизм подачи электрода (рис.130) включает в себя редуктор, сменные подающие ролики, сменные шестерни и прижимное устройство.

Двухступенчатый червячный редуктор подает электродную проволоку в мундштук роликами 1, сменные шестерни 2 обеспечивают скорость подачи электрода от 0,25 до 4,5 м/мин.

Прижимное устройство надежно захватывает электрод роликами при помощи пружины 3 и упора 4 (см. рис.4).

Скорость подачи электрода, в зависимости от числа зубьев ведущей и ведомой шестерен, указана в табл. 2.

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки

Наплавочный материал	Толщина наплавляемого слоя, мм	Скорость подачи электрода, м/мин	Ток, А	Частота вращения детали, мин ⁻¹	Подача суппорта станка, мм/об	Припуск на механическую обработку на сторону, мм
Проволока диаметром 1,6-1,8 мм	0,6-0,7	1,3	120-140	1200/ πD	1,8-2,2	0,4
	1,5	1,7	160-190	1000/ πD	2,3-2,8	0,8
	2,5-3,0	1,7	160-190	370/ πD	2,8-3,6	1,0
Проволока диаметром 2,5 мм	2,5-3,0	1,7	300-350	200/ πD	3,3-3,4	1,0
Лента сечения 0,5x10 мм ²	2,5-3,0	1,7	320-340	200/ πD	7,9	1,0
Примечание: D – диаметр наплавляемой детали, мм.						

Таблица 2 – Число зубьев ведущей и ведомой шестерен редуктора и скорость подачи проволоки

Число зубьев шестерен		Подача, V _п	
ведущей Z ₁	ведомой Z ₂	м/мин	м/час
18	53	0,52	31,20
21	50	0,65	39,00
24	47	0,79	47,40
27	44	0,95	57,00
31	40	1,19	71,40
35	36	1,50	90,00
36	35	1,59	95,40
40	31	1,99	119,40
44	27	2,50	150,00
47	24	3,20	192,00
50	21	3,66	219,00
53	18	4,50	270,00

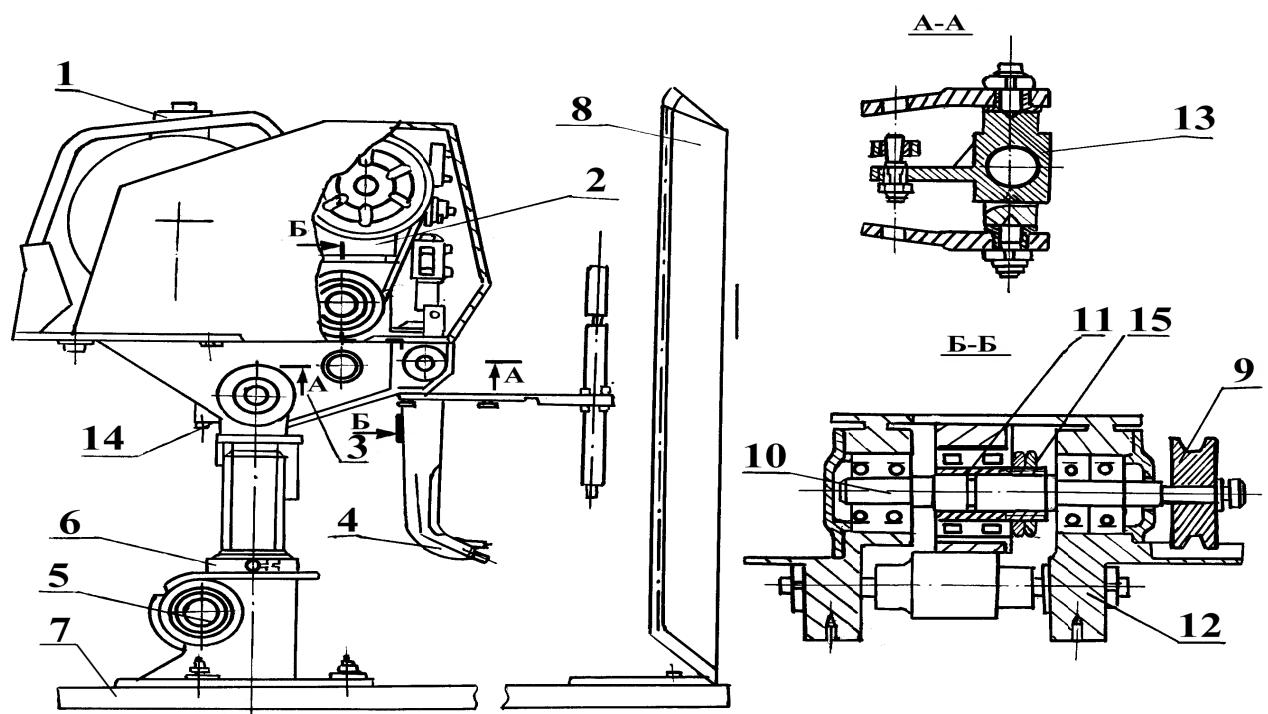


Рисунок 1 – Общий вид наплавочной головки:

1 - электродвигатель; 2 - механизм подачи проволоки; 3 - вибратор; 4 - мундштук; 5 - опора с зажимом; 6 - механизм подъема; 7 - плита; 8 - щиток; 9 - шкив ведомый; 10 - эксцентриковый валик; 11 - втулка эксцентриковая; 12 - шатун; 13 - коромысло; 14 - болт; 15 - гайка крепления втулки на валике.

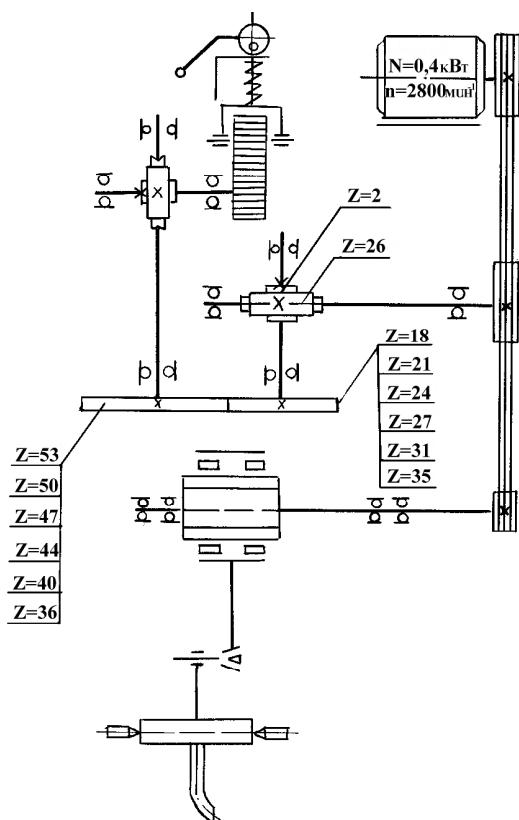


Рисунок 2 – Кинематическая схема головки ОКС-6569.

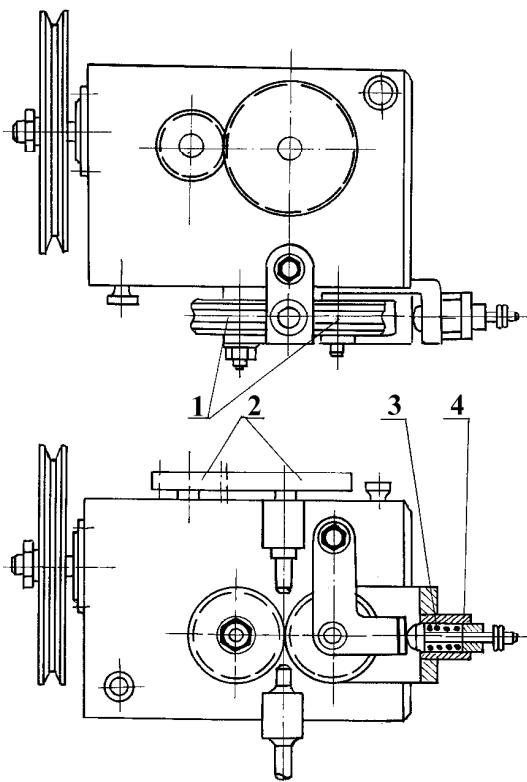


Рисунок 3 – Механизм подачи электродной проволоки:
1 - подающие ролики; 2 - сменные шестерни; 3 - пружины; 4 - упор

Механический вибратор создает вибрацию электрода посредством шкива 9 (см. рис.2), передающего вращение эксцентриковому валику 10, на котором находится эксцентриковая втулка 11. С втулкой шарнирно соединен шатун 12, который при вращении эксцентрикового валика передает колебания через коромысло 13 сменным мундштукам 4.

Мундштуки служат для подвода электрода, охлаждающей жидкости или газа к месту наплавки, а также для сообщения вибрации концу электрода и для подвода тока. Наплавочная головка имеет комплект мундштуков:

- для вибродуговой наплавки в углекислом газе проволокой диаметром 1,2...2 мм;
- для вибродуговой наплавки в струе жидкости проволокой диаметром 1,6 мм;
- для наплавки в углекислом газе без вибрации электрода;
- для вибродуговой наплавки открытой дугой порошковой проволокой диаметром 2...3 мм.

Практически освоить процесс полуавтоматической наплавки детали вибродуговым способом

Выбрать режим наплавки вала для получения слоя толщиной 1,5 мм

1) Диаметр электродной проволоки: при наплавке слоя толщиной менее 1 мм применяют проволоку диаметром 1,0...1,2 мм, толщиной 1,5 мм – диаметром 1,6 мм, толщиной 2 мм – диаметром 1,6...2,0 мм.

2) Твердость наплавленного слоя зависит от материала применяемой проволоки – сталь углеродистая (Св-0,8, Св-0,8А, Св-0,8ГА), сталь легированная (Св-18ХГСА, Св-10ХМ), сталь углеродистая пружинная второго класса (ГОСТ 9389-60). Ориентировочно твердость может быть получена в 230 ед. НВ при использовании проволоки Св-0,8, 250 ед. – Св-0,8ГА, 480 ед. – Нп30ХГСА, 520 ед. – пружинной второго класса.

3) Ток: полярность обратная, величина – 60...65 А на 1 мм^2 сечения электродной проволоки (при диаметре проволоки до 2 мм), 50...60 А/мм² (при диаметре проволоки более 2 мм); сечение проволоки – это площадь поперечного сечения, мм^2 .

4) Напряжение: 12...15 В – при наплавке слоя толщиной до 1 мм, 15...20 В при наплавке слоя толщиной более 1 мм.

5) Подача суппорта: для слоя толщиной до 1 мм – 1,2 мм/об, для более толстых слоев – 1,7...2,5 мм/об; положение рукояток коробки подач станка 163 при установке шага наплавки (от винта) показаны в табл. 33.

6) Амплитуда вибрации электрода должна быть в пределах 1,8...2,2 мм; амплитуда регулируется изменением положения эксцентриковой втулки относительно вала, связанного с шатуном.

Таблица 3 – Положение рукояток коробки подач станка 163 при установке шага наплавки, мм (от винта)

Рукоятка “Б”	Рукоятка “В”			
	1	2	3	4
4	–	–	–	–
2	–	1,75	3,50	7,00
3	1,00	2,00	4,00	8,00
6	–	–	4,50	9,00
8	–	–	–	–
7	1,25	2,50	5,00	10,00
5	–	–	5,50	11,00
1	1,50	3,00	6,00	12,00

Примечания: 1. Рукоятка для установки нормального или увеличенного шага резьбы должна быть в положении “Нормальный шаг” (рукоятка находится на панели коробки скоростей).

2. Рукоятка для настройки на метрическую или дюймовую резьбу должна быть в положении “метрическая резьба”.

7) Скорость подачи проволоки (м/ч):

$$V_n = 4I\kappa / (\pi d^2 \rho),$$

где I – ток, А;

κ – коэффициент наплавки (8 г/А·ч);

d – диаметр электродной проволоки, мм;

ρ – плотность материала проволоки (7,5 г/см³).

Подсчитанная скорость подачи проволоки корректируется в соответствии с паспортными данными головки (см. табл.32 и рис.129).

8) Скорость наплавки (м/ч):

$$V_n = 0,785 d^2 V_p \eta / (h S a),$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл (0,9);

h – толщина наплавляемого слоя, мм;

S – шаг наплавки, мм/об;

a – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения слоя от площадки четырехугольника с высотой h (a=0,9).

9) Частота вращения детали (мин⁻¹):

$$n = 1000 V_n / (60 \pi D),$$

где D – диаметр наплавляемой детали, мм.

10) Получение широкой и относительно короткой сварочной ванны и соответствующего валика наплавленного металла обеспечивается боковым подводом проволоки, под углом 30...45° к вертикальной оси детали, когда образующийся валик уходит вверх от электрода.

11) Формулы и результаты расчетов внести в отчет о работе.

Наплавить участок детали длиной 8...10 мм в соответствии с выбранным режимом

- 1) Закрепить деталь 1 в патроне 2 токарного станка 3 модели 163 (рис.4).
- 2) Установить на станке необходимую подачу суппорта и нужную частоту вращения детали, принимая во внимание передаточное число дополнительного редуктора ($i=57$).
- 3) Подвести наконечник мундштука наплавочной головки 4 к наплавляемому участку детали на расстояние 5...9 мм.
- 4) Включить общий рубильник 5 на щите управления и рубильник 6 подачи напряжения на станок и на пульт управления 7 (загорается сигнальная лампа 8 на щите пульта управления).
- 5) Кнопкой 9 магнитного пускателя 10 включить преобразователь 11 и установить соответствующее напряжение (по вольтметру 12) регулятором 13.
- 6) Отрегулировать подачу охлаждающей жидкости (3...4% – раствор кальцинированной соды) из бака 14 так, чтобы струя охлаждала головку мундштука, не попадая в зону горения дуги и на поверхность детали.
- 7) Дать вращение детали (кнопкой “пуск” станка и рычагом муфты сцепления) и нажатием пусковой кнопки 15 “Проволока” включить подачу проволоки при положении переключателя 16 “вперед”; наплавить 3...4 витка.
- 8) По окончании процесса наплавки выключить подачу проволоки нажатием кнопки 17 “стоп” и подачу жидкости поворотом крана 18, остановить станок и выключить преобразователь нажатием кнопки 19 “стоп”, отвести мундштук головки от детали на 20...25 мм.

Измерить твердость наплавленного слоя твердомером ТШ-2

- 1) Проточить на токарном станке наплавленную поверхность до устраниния раковин.
- 2) Измерить твердость слоя с помощью твердомера ТШ-2.
- 3) Результаты измерения внести в отчет о работе.

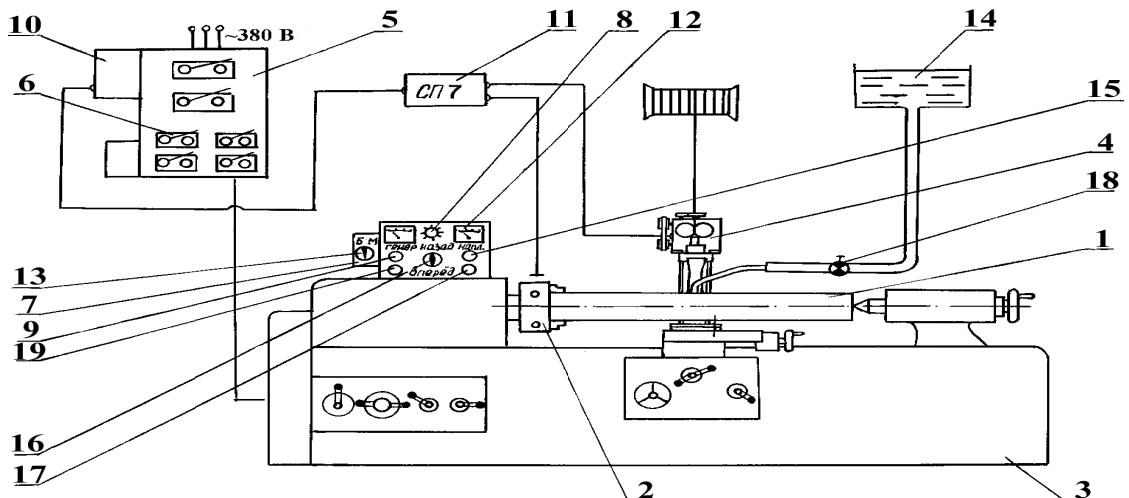


Рисунок 4 – Схема расположения оборудования и приборы управления процессом вибронаплавки:

1 - деталь; 2 - патрон; 3 – токарный станок; 4 – наплавочная головка; 5 – общий рубильник; 6 – включатель станка; 7 – пульт управления головкой; 8 – сигнальная лампа; 9 – кнопка “пуск” магнитного пускателя преобразователя; 10 - магнитный пускатель преобразователя; 11 - преобразователь; 12 - вольтметр; 13 - регулятор напряжения преобразователя; 14 – бак с охлаждающей жидкостью; 15 – кнопка “пуск” подачи проволоки; 16 – переключатель направления подачи проволоки; 17 – кнопка “стоп” подачи проволоки; 18 – кран подачи охлаждающей жидкости; 19 - кнопка “стоп” пускателя преобразователя.

2.7 Лабораторная работа № 7 (4 часа).

Тема: «Восстановление деталей наплавкой в среде углекислого газа»

2.7.1 Цель работы: Ознакомление с устройством и работой оборудования наплавки в среде углекислого газа.

2.7.2 Задачи работы:

1. Изучить оборудование для наплавки в среде углекислого газа.
2. Составить отчет.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методическое указание по выполнению лабораторной работы.

2.7.4 Описание (ход) работы

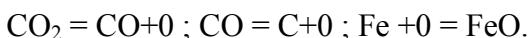
1. Общие сведения о сварке в среде углекислого газа

Защита расплавленного металла в процессе сварки активным углекислым газом (CO_2) применяется при получении изделий из углеродистых и низколегированных сталей. Возможна сварка и высоколегированных коррозионностойких сталей соответствующими легированными проволоками.

Сварку в CO_2 выполняют плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности ("плюс" на электроде). При прямой полярности снижается устойчивость сварочной дуги и увеличивается разбрзгивание металла. На переменном токе процесс неустойчив. Высокая плотность тока повышает устойчивость дуги. Поэтому применяют тонкую электродную проволоку (0,5 - 3,0 мм). Напряжение на дуге обычно составляет 20-30 В, расход газа - 6-25 л/мин.

Сварка в CO_2 возможна во всех пространственных положениях. Применяют преимущественно на изделиях толщиной более 3мм. Полный провар без разделки кромок достигается при S до 8-10 мм.

В зоне дуги углекислый газ диссоциирует на угарный газ и атомарный кислород, вызывающий повышенное окисление металла и легирующих элементов



При кристаллизации образуется окись углерода, которая выделяясь в виде пузырьков, образует в металле шва поры. Для компенсации указанных потерь применяют легированную проволоку с повышенным содержанием раскислителей (2-3% кремния и марганца). Марки используемой проволоки: Св - 08 ГС, Св - 08 Г2С, Св - 10 ГС, Св - 08 ХГ2С и др. Для уменьшения разбрзгивания применяют проволоку с церием Св - 08 Г2СЦ и порошковые проволоки (с ферросплавами Fe - Si, Fe - Mn). Сварка при

этом удорожается, но повышается на 10-20% производительность, улучшается внешний вид шва.

Сварка в углекислом газе является распространенным и самым дешевым способом сварки углеродистых и низколегированных сталей. Основной ее недостаток - сильное разбрзгивание металла (до 10%) и не всегда удовлетворительный внешний вид шва. На открытом воздухе возможно сдувание струи CO_2 ветром - нарушение газовой защиты и снижение качества шва.

Углекислый газ получают обычно как побочный продукт при обжиге известняка и др. процессах. Поэтому он дешевый. Двуокись углерода - бесцветный газ, со слегка кисловатым запахом и вкусом; плотность 1,98 г/л. При охлаждении и атмосферном давлении затвердевает (минута жидкое состояние) при минус 78,5°C, образуя «сухой лед». Жидкая двуокись углерода может быть получена при повышении давления примерно до 6 МПа (60 кгс/см²) при комнатной температуре.

Поставляют углекислый газ в баллонах вместимостью 40 литров под давлением 6 - 7 МПа. Так как плотность двуокиси углерода в жидком состоянии сильно изменяется с изменением температуры, то отпускают ее не по объему, а по весу. При отборе из баллона получают около 12 м³ газа.

Для получения сварных швов высокого качества необходимо применять сварочную двуокись углерода («углекислоту»), содержащую CO₂ не менее 99,6% по объему (1-й сорт) или 99,0% (2-ой сорт). Использование пищевой углекислоты (CO₂ - 98,8%) допустимо после дополнительной сушки ее от избыточной влаги.

2. Оборудование для сварки

2.1. Источники питания сварочной дуги

При сварке плавящимся электродом в среде защитного газа вольт - амперная характеристика сварочной дуги круто возрастает. Для обеспечения стабильного сварочного процесса в этих условиях необходимо, чтобы источник питания имел жесткую характеристику. Для этого промышленность выпускает сварочные выпрямители ВДГ-303, ВДГ-601; источник постоянного тока И-119 и др. Кроме того, для сварки в защитных газах предназначены универсальные однопостовые выпрямители ВДУ-506, ВДУ-1201, И-115 и др., а также многопостовые источники питания.

2.2. Выпрямитель ВДУ-504-1УЗ

Выпрямитель стационарный для однопостовой механизированной сварки выпрямленным током в среде углекислого газа и под флюсом, а также для ручной дуговой сварки.

Марка ВДУ-504-1УЗ означает: выпрямитель для дуговой сварки универсальный; первая цифра (5), следующая за буквенными индексами, показывает номинальное значение сварочного тока в сотнях А - 500А; следующие цифры - номер модификации аппарата; последние буквенно-цифровые индексы - климатическое исполнение (У - для эксплуатации в районах с умеренным климатом).

Выпрямитель входит в комплект сварочных полуавтоматов.

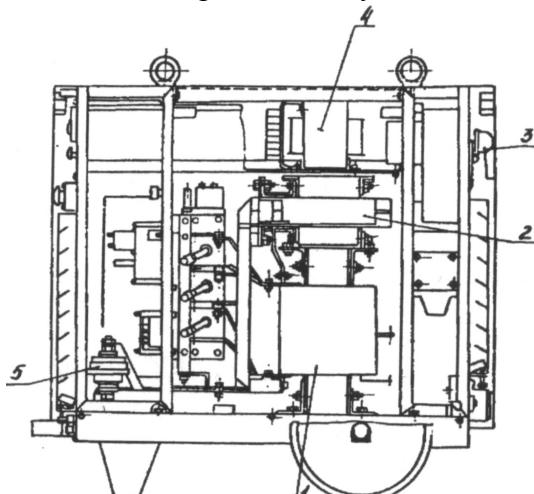


Рисунок 1. Общий вид выпрямителя сбоку:

1 - силовой трансформатор; 2 - уравнительный реактор; 3 - переключатель диапазонов регулирования сварочного тока; 4 - трансформатор питания полуавтомата и подогрева газа; 5 - магнитный усилитель

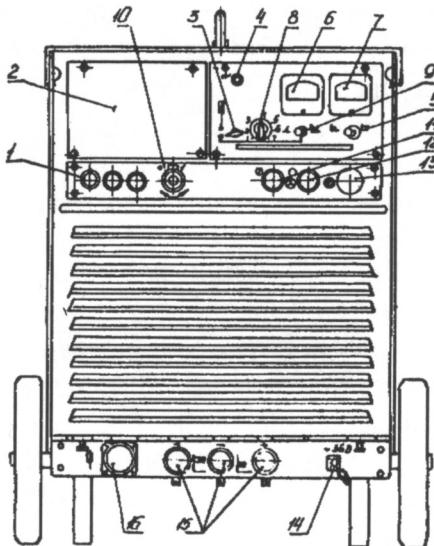


Рисунок 2. Общий вид выпрямителя (вид спереди):

1 - блок предохранителей; 2 - ниша для установки блока управления полуавтомата; 3 - переключатель места управления, служит для включения выпрямителя на дистанционное (при работе на жестких характеристиках) или местное управление; 4 - сигнальная лампочка автоматического выключателя выпрямителя; 5 - переключатель внешних характеристик (налево жесткая, направо падающая); 6 - амперметр; 7 - вольтметр; 8 - потенциометр регулирования напряжения (при дистанционном регулировании должен быть отключен); 9 - переключатель местного включения сварочного тока; 10 - выключатель трансформатора, питающего цепи полуавтомата и автомата; 11 - пусковая кнопка выпрямителя; 12 - стоповая кнопка; 14 - разъем для подключения подогревателя газа; 15 - гнезда для присоединения сварочных кабелей: левое минусовое (включена полная индуктивность) -предназначено для первых диапазонов жестких, а также для падающих характеристик; среднее (минусовое) - для второго диапазона жестких характеристик; крайнее правое - плюсовое гнездо; 16 - разъем для присоединения кабеля блока управления автомата

Универсальный выпрямитель типа ВДУ обеспечивает получение и жестких (пологопадающих), и кругопадающих внешних характеристик. При работе на жестких характеристиках регулируется напряжение с дистанционного пульта управления, а при работе на падающих характеристиках регулируют ток потенциометром на выпрямителе (местное регулирование).

Пределы регулирования рабочего напряжения (В) при жестких характеристиках (рис.3):

- 1 диапазон 27 (при 250 А) и 50 (при 500 А),
- 2 диапазон 18 (при 100 А) и 27 (при 250 А).

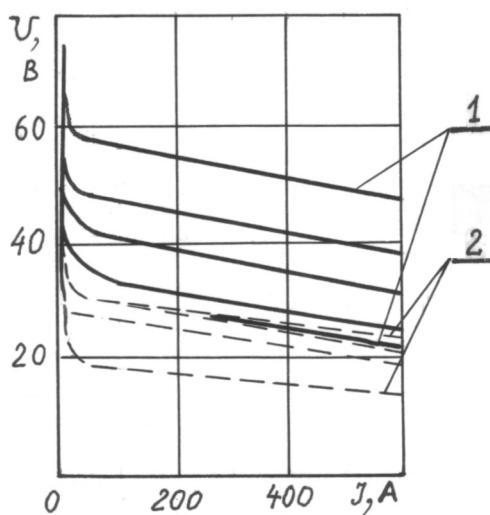


Рисунок 3. Жесткие внешние характеристики:

- 1 - первый диапазон;
- 2 - второй диапазон регулирования

3. Полуавтомат, горелка, газовые приборы

Полуавтомат как комплектная установка состоит из собственно полуавтомата, источника сварочного тока, блока управления, устанавливаемого в нишу выпрямителя, горелки (держателя), сварочных кабелей, кабелей управления, дополнительно придаваемого баллона, а также газовых приборов (подогреватель, осушитель, редуктор, расходомер; при сварке в смеси газов - смеситель), рукава газового тракта, дистанционного пульта управления (рис. 4).

Полуавтомат сварочный типа ПДГ-508 УЗ (ПДГ-502) предназначен для сварки (в комплекте с выпрямителем ВДУ-504-1) изделий из низкоуглеродистой и конструкционной стали сплошной проволокой диаметром 1,2-2,0 мм в углекислом газе.

Собственно полуавтомат служит для подачи электродной проволоки, сварочного тока и защитного газа через горелку в зону сварки. В него входят: кассета с тормозным устройством для размещения и подачи проволоки и подставка, на которой устанавливаются роликовый механизм подачи, токовые и газовые разъемы.

Сварочная горелка (держатель) подводит в зону сварочной дуги электродную проволоку и защитный газ. Конструкция ее должна обеспечивать прохождение тока без перегрева рукоятки и безопасность работы сварщика. Горелка должна быть прочной, легкой, простой по устройству.

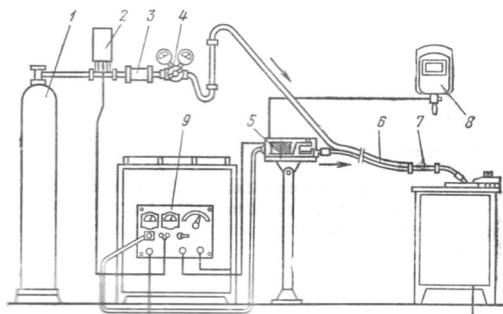


Рисунок 4. Установка для сварки в СО₂:

- 1 - баллон с жидким углекислым газом;
- 2 - подогреватель;
- 3 - осушитель;
- 4 - расходомер;
- 5 – полуавтомат;
- 7 - горелка

Основной параметр горелки - номинальный сварочный ток (стандартный ряд: 125, 160, 220, 250, 315, 400, 500 и 630 А).

При силе тока 315 А и более предусматривается водяное охлаждение сопла горелки. Полуавтоматы типа ПДГ-502 (508) комплектуются горелками ГДПГ-301 (для сварки проволокой диаметром 1,2 и 1,4 мм и током до 315 А) и ГДПГ-501 (соответственно 1,6 и 2,0 мм и до 500 А).

Основные элементы горелки: корпус 4 (рис.5) с направляющей трубкой; спираль 6; токоподводящий наконечник 8; сопло 9; выключатель 2; рычажок 3; экран защитный 1. Рукоятка изготовлена из литьевого изоляционного материала. Сопло направляет защитный газ в зону сварки, оно должно создавать ламинарный поток. Сопло изготавливают из меди или специальной керамики. В целях уменьшения налипания брызг металла его поверхность хромируют и полируют.

Токоподводящий наконечник (чаще бронзовый, а также медно - графитовый или из спеченных порошков) для сварки тонкими проволоками (0,8-1,2 мм) имеет поджимной контакт. Наконечники без такого контакта имеют отверстие, в котором с зазором 0,2мм проходит электродная проволока. Из-за быстрого износа, что приводит к нарушению электрического контакта, наконечники часто (примерно через 5 часов работы) заменяют.

Держатель соединяют с подающим механизмом гибким шлангом (поэтому полуавтомат называют шланговым). Длина шланга находится в пределах 1,5-4,0 м. Расстояние от выпрямителя до подающего механизма не превышает 15м.

Для горелок типа ГДПГ-301 в шланге проложены провода цепей управления и сварочного тока, а также направляющий канал для сварочной проволоки. В более мощных горелках шланг подает только проволоку. Для подвода цепей управления и сварочного тока имеется специальный шланг. Защитный газ подается также по специальному шлангу.

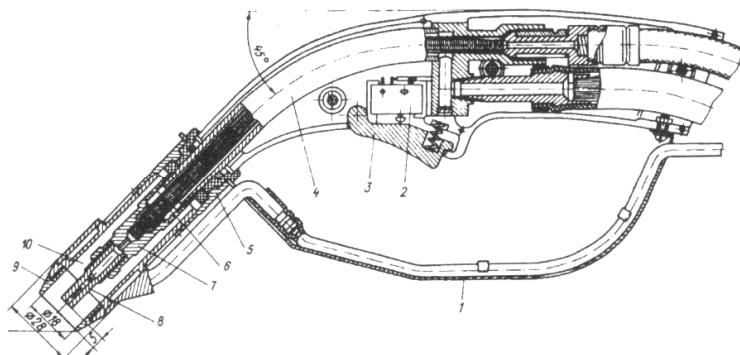


Рисунок 5. Газовая горелка ГДПГ -501

Направляющий канал (сменный, в зависимости от диаметра проволоки) представляет собой металлическую спираль со стальной оплеткой, изоляционной трубкой и присоединительными ниппелями.

Подающий механизм выполняется закрытым (с кассетой проволоки массой до 5 кг), открытый и с тележкой и бухтой проволоки массой до 50 кг. Открытый с кассетой стальной проволоки массой 12 или 20 кг смонтирован на основании с четырьмя транспортными колесиками и переносной ручкой. На основании размещены: кассета с тормозным барабаном, исключающим самораскручивание проволоки; электродвигатель постоянного тока с редуктором. На выходном валу редуктора укреплено зубчатое колесо с ведущим роликом, второе колесо с прижимным роликом находится на рычаге прижимного устройства. Для заправки проволоки указанный рычаг с прижимным роликом отводится в сторону. Прижимное усилие роликов регулируется винтом.

Газовая аппаратура включает: баллон с защитным газом (он не входит в комплект поставки), подогреватель и осушитель защитного газа, редуктор и расходомер (или расходомер редукторного типа), шланги для подачи газа.

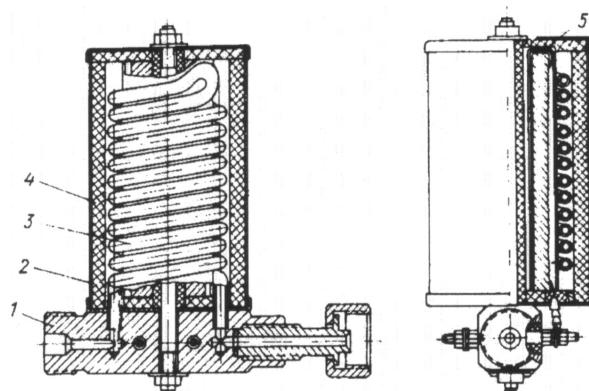


Рисунок 6. Подогреватель:

1 - корпус; 2 - кожух; 3 - змеевик; 4 - теплоизоляция; 5 - нагревательный элемент; 6 - гайка

Подогреватель газа служит для подогрева CO₂, поступающего из баллона, т. к. при выпуске двуокиси углерода вследствие ее испарения температура газа снижается, а при значительном расходе возможно замерзание редуктора.

Подогреватель (рис. 6) состоит из корпуса 1, кожуха 2 с теплоизоляцией 4, трубки-змеевика 3, по которому пропускается углекислый газ и нагревательного элемента 5, изготовленного из хромель-копели и рассчитанного на напряжение 20 В постоянного или 36 В переменного тока. Подогреватель крепится к баллону гайкой.

Осушитель газа (рис. 7) служит для поглощения содержащейся в нем влаги и устанавливается после подогревателя. Он состоит из корпуса 7, в который вставлены сетчатые шайбы 4 и фильтры 5 из стекловаты. Полость между ними заполнена поглотителем влаги (силикагель или обезвоженный медный купорос), который периодически прокаливают при температуре 240-250° С в течение двух часов.

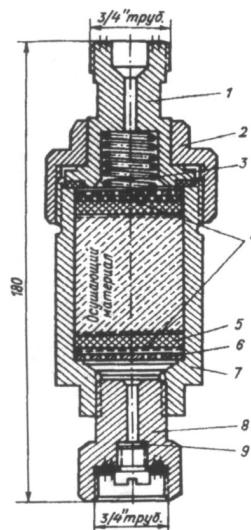


Рисунок 7. Осушитель газа

С помощью гайки 2 через пружину 3 втулка 1 сжимает массу поглотителя до полного уплотнения. Объем поглотителя позволяет при одной зарядке осушить 4-6 баллонов углекислоты.

Для понижения давления газа и автоматического поддержания требуемого давления при использовании углекислого газа применяют стандартные кислородные редукторы, например ДКД-8-65, или специальные - У-30. Для измерения расхода газа при сварке служит расходомер: поплавкового типа (ротаметр), дроссельного и калибровочного типа.

Расходомер-регулятор позволяет измерять и регулировать расход газа. Он состоит из корпуса с двумя штуцерами, игольчатого вентиля и манометра. В корпусе перед штуцером для выхода газа установлена диафрагма с отверстием, диаметр которого выбирается (для данного газа) в зависимости от интервала регулирования расхода. Регулируют расход газа игольчатым вентилем, а контролируют по манометру.

Электромагнитный газовый клапан (отсекатель) предназначен для автоматического управления подачей газа. Он работает по принципу втягивания сердечника в катушку при подаче на нее напряжения и возвращения в положение "закрыто" под действием сжатой пружины при отключении напряжения. Включение отсекателя блокировано с пусковой кнопкой полуавтомата. Это обеспечивает продувку газовых каналов и подготовку защитной среды до зажигания сварочной дуги, а также сохранение защитной среды после гашения дуги до полного остывания металла.

Блок БУСП-1 для управления полуавтоматами серии ПДГ обеспечивает выполнение следующих операций.

В режиме наладки: включение подачи защитного газа для настройки его расхода; установку заданной скорости подачи (V) электродной проволоки; выбор рабочего цикла (для ВДУ-504-1 длительность цикла при механизированной сварке - 10 мин, из них 6 мин - работа под нагрузкой), выбор типа шва по протяженности (длинный, короткий, точечный).

В режиме сварки при получении команды о начале процесса блок включает подачу газа, источник питания и через 0,5 с - подачу электродной проволоки; обеспечивает стабильность подачи проволоки с точностью + 10% при изменении напряжения сети в пределах минус 10 - плюс 5% номинального значения.

При получении команды о прекращении сварки блок управления выключает подающий механизм и осуществляет его торможение; через установленный наладчиком интервал времени (0,5 - 5,0 с) отключает источник сварочного тока; через соответствующий интервал отключает подачу газа.

Блок имеет унифицированные входы для подключения внешнего программирующего устройства и дистанционного пульта управления. Программирующее устройство осуществляет изменение режима сварки по заданной программе в зависимости от изменения технологических параметров сварки.

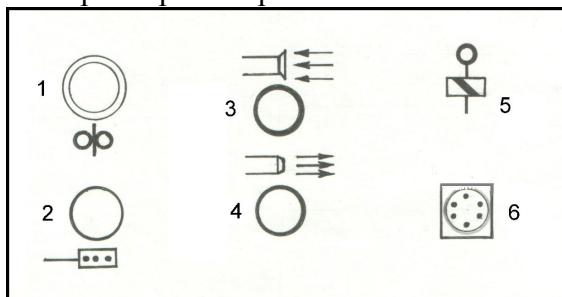


Рисунок 8. Панель блока управления полуавтоматом:

1, 2, 6 - разъемы кабелей, соответственно «протяжки», дистанционного пульта управления и программирующего устройства; 3,4- штуцеры газового шланга; 5 - сигнальная лампочка.

4. Технология сварки в углекислом газе

Свариваемое изделие должно быть подготовлено к работе (очищено, подготовлены кромки, собраны свариваемые элементы).

Особенно тщательно требуется очистить от смазки, ржавчины, загрязнений электродную проволоку.

Настраивая режим сварки, устанавливают: диаметр электродной проволоки, скорость ее подачи, силу тока, напряжение дуги, расход углекислого газа, положение горелки относительно изделия, пространственное расположение изделия.

Основные параметры процесса принимают ориентировочно по опытным данным в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 1).

Порядок включения полуавтомата.

1. Переключатель диапазонов 3 (рис. 1) поставить в левое положение при работе на 1-ом диапазоне внешних характеристик (ток до 500 А) или в правое положение - 2-ой диапазон регулирования (ток до 250 А).
2. Тумблер 5 (рис. 2) поставить в положение - жесткие характеристики.
3. Замкнуть рубильник, соединяющий выпрямитель с сетью.
4. Установить рукоятку автоматического выключателя, расположенного на задней стенке выпрямителя в положение «Включено». При этом загорится сигнальная лампочка 4 на лицевой панели блока управления ВДГ.
5. Нажать на пусковую кнопку 11 выпрямителя, убедившись предварительно в отсутствии коротких замыканий сварочной цепи.
6. Переключатель 3 повернуть вверх - в положение «дистанционное регулирование».
7. Рукоятку резистора 8 поставить в нулевое положение.
8. Включить питание цепей управления полуавтомата выключателем 10 (положение I).
9. Включить вентиляцию.
10. Настроить предварительно полуавтомат на скорость подачи проволоки и расход газа.

Настройка осуществляется на дистанционном пульте управления:

- скорость подачи проволоки (V),
- подача газа (тумблером газа),
- сила тока (потенциометром),
- вылет проволоки (тумблером реверсивного движения проволоки).

Расход газа устанавливается вращением регулировочного винта газового редуктора с учетом данных, приведенных в табл. 2 или по показаниям расходомера в л/ мин.

Скорость подачи электродной проволоки зависит от сварочного тока и напряжения. Она устанавливается так, чтобы процесс протекал устойчиво при удовлетворительном формировании шва и незначительном разбрызгивании металла. Следует помнить, что увеличение скорости подачи проволоки приводит к росту сварочного тока.

Значения сварочного тока и скорости сварки зависят от площади поперечного сечения шва. Чем больше сечение, тем меньше скорость сварки и выше сила тока.

Напряжение устанавливают таким, чтобы получить устойчивый процесс сварки при короткой дуге (1,5 - 4,0 мм).

Включение и выключение сварочного тока производится выключателем на горелке полуавтомата.

Перед зажиганием дуги нужно убедиться, что вылет электрода не превышает 40 - 45 мм. При работе он должен находиться в пределах 15-35 мм при диаметре проволоки 1,2 мм и более. Сварка изделий в нижнем положении выполняется с наклоном горелки от вертикальной оси на 5-15° . Рекомендуется сварку толстостенных изделий вести "углом назад", перемещая горелку слева направо. При этом обеспечивается более надежная защита расплавленного металла и лучший вид шва. При сварке "углом вперед" валик получается шире, а глубина проплавления меньше. Так следует сваривать тонкостенные изделия из стали, склонные к образованию закалочных структур.

В начале сварки возбудить дугу, спустя 30 - 40 с после установки требуемого расхода газа. Тем самым вытеснить воздух и заполнить газом шланги и каналы сварочной горелки.

Перемещая горелку, удерживать дугу на основном металле или на границе сварочной ванны. Дуга на ванне разбрызгивает металл и приводит к образованию пор в шве.

При сварке металла толщиной 1-2 мм горелку перемещают без поперечных колебаний с максимальной скоростью (30-50 м/ч) с наклоном к изделию под углом 30 - 45° и на максимально возможной длине дуги.

При сварке стыковых швов на толстолистовом металле применяют те же приемы, что и при ручной сварке.

В процессе сварки необходимо выдерживать расстояние от торца сопла горелки до свариваемого изделия в пределах 7-15 мм при токе до 150 А и 15-25 мм при токе до 500 А.

Заканчивать прокладку шва следует заполнением кратера металлом. Затем прекратить подачу проволоки и выключить ток. Подача углекислого газа продолжается до полного затвердевания металла в заваренном кратере.

Во время кратковременных перерывов в работе осматривают наконечник и сопло сварочной горелки, провода и шланги

(Шланги не перекручивать!).

Заканчивать сварку в такой последовательности:

1. Выключить выпрямитель кнопкой 12 «СТОП».
2. Рукоятку автоматического выключателя выпрямителя поставить в положение "Выключено".
3. Отключить выпрямитель от сети рубильником.
4. Закрыть вентиль газового баллона.
5. Выключить полуавтомат переключателем 10 (положение 0).
6. Очистить сопло горелки от брызг металла.
7. Выключить вентиляцию.

Следует помнить, что работа без заземления опасна для жизни

5.6. При появлении ощущения электрического тока следует немедленно прекратить работу и заявить об этом мастеру.

5.7. При производстве ремонта и чистки полуавтомата электрическая сеть и подача Газа должны быть полностью отключены.

5.8. Место сварки следует ограждать переносными защитными щитами.

5.9. Сварщик должен иметь щиток или маску со специальным светофильтром, рукавицы, спецодежду, головной убор и прочные закрытые ботинки на резиновой подошве.

5.10. Рабочее место сварщика в закрытом помещении должно быть обязательно оборудовано вытяжной вентиляцией.

5.11. При эксплуатации баллона с защитным газом следует избегать сильных толчков по баллону, нагревания его выше 40 °C, т.е. необходимо соблюдать правила эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

5.12. При работе в помещении с повышенной опасностью (при наличии влажности, токопроводящего пола, проводящей пыли, при работе в непосредственной близости с металлическими изделиями) должны быть приняты меры предосторожности, исключающие соприкосновение сварщика с токоведущими частями.

Для заземления корпуса выпрямителя на его тележке установлен специальный болт с надписью «Земля». Надежно должны быть заземлены также выходной (минусовой при сварке в C0₂) зажим выпрямителя (обратный провод) и сварочный стол.

Заземление выходного зажима должно выполняться самостоятельным проводом к контуру заземления.

Таблица 1. Режимы сварки в углекислом газе стыковых соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей в низком положении (постоянный ток, обратная полярность)

Голдина металла δ , мм	Эскиз соединения	Зазор а, мм	Число проходов	Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
1		2	3	4	5	6	7	8	9
0,8–1,0		0–0,3	1	0,7–0,8	50–80	17–18	25–50	8–10	6–7
1,5–2,0		0–0,8	1	0,8–1,2	90–200	18–22	25–55	8–13	6–7
2,0		0–0,8	1	1,0–1,2	180–250	22–23	25–75	10–13	7–9
3,0		0–1,0	1	1,2–1,4	200–300	23–25	25–110	12–15	8–11
4,0		0–1,2	2	1,2–1,6	200–350	23–32	25–120	12–20	8–12
6,0		0–1,5	2	1,2–2,0	250–420	25–36	25–70	12–20	10–16
8,0		0–1,5	2	1,2–2,5	300–450	28–38	20–60	12–25	11–16
10,0		0–1,5	2	1,2–2,5	320–450	29–38	20–45	12–25	12–16
14,0		0–1,5	2	1,2–2,5	380–500	33–40	15–25	15–25	12–16
16		0–1,5	2	1,4–2,5	380–500	33–40	16–25	15–25	12–16
18		0–1,5	2	1,6–2,5	380–500	33–40	12–25	18–25	12–18
20		0–1,5	3	1,6–2,5	450–500	36–40	18–20	18–25	12–18
					350–400	33–36			

Таблица 2. Расход газа при установке диафрагмы с отверстием диаметром 1 мм под выходной штуцер редуктора

Давление на шкале манометра, кгс/см ² .	0,4	0,6	0,8	1,0	11	12	13	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
Расход СО ₂ , л/мин	8	9	10	11				14	15	16	17	18	19	20

2.8 Лабораторная работа № 8 (4 часа).

Тема: «Восстановление деталей машин электролитическим хромированием на установке ОРГ – 1349»

2.8.1 Цель работы: научиться наносить покрытия электролитическим способом, на примере хромирования поршневого пальца.

2.8.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с технологическим процессом восстановления изношенных деталей машин электролитическим хромированием, условиями его осуществления и применяемым оборудованием.

2. Осуществить процесс восстановления поршневого пальца двигателя ЗМЗ-53 с использованием установки ОРГ-1349А.

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Ванна для хромирования ОРГ-1349А с контрольными приборами и регулирующими устройствами.

2.Источник питания ванны постоянным током: агрегат выпрямительный ВАС 600/300-11-У4 .

3.Ванна для проверки деталей водой.

4.Дистиллятор.

5.Изношенные детали: поршневые пальцы, клапаны, крестовины кардана, плунжера ТНВД.

6.Химреактивы: хромовый ангидрид CrO_3 , серная кислота H_2SO_4 , сахар, едкий натр (сода каустическая) NaOH , сода кальцинированная Na_2CO_3 , тринатрийфосфат, жидкое стекло.

7.Оснастка: подвески для деталей, термометр, хлорвиниловая изолента, микрометры 25...50 мм, контрольные меры длины, аноды свинцовые, анод стальной, химическое стекло – колбы, мензурки, чашки, эксикатор, весы, термошкаф.

8.Станок шлифовальный для механической обработки деталей со сменными рабочими органами (лепестковый круг, войлочный круг, бесконечная наждачная лента).

9.Спецодежда – прорезиненные фартуки, кислотостойкие перчатки, респираторы.

2.8.4 Описание (ход) работы:

Ознакомиться с технологическим процессом восстановления изношенных деталей машин электролитическим хромированием

Изучить физическую сущность и основные закономерности процесса электролиза, применяемого при восстановлении деталей машин

Электролитические покрытия широко применяются при восстановлении деталей, имеющих сравнительно небольшой износ - до 0,1...0,2 мм на сторону. При гальванических процессах не происходит значительного нагрева деталей, структурных изменений и свойств самого металла деталей. Припуски на механическую обработку очень малы (по сравнению с наплавкой). Твердость покрытий зависит от режима и металла покрытий: для хромовых покрытий она равна 800...1200 кг/мм² (мн/м²), что обеспечивает высокую износостойкость, коррозионную стойкость при красивом внешнем виде.

Гальванические покрытия образуются на детали в результате электролиза водных растворов солей металлов: катодом служит покрываемая деталь; при хромировании анодом служит свинцовая пластина с 5%-ой добавкой сурьмы. При использовании нерастворимых анодов (при хромировании) их металл не переходит в раствор, и они служат только проводниками тока. В этом случае электролит постоянно обедняется

ионами металла и концентрацию раствора приходится компенсировать добавкой свежего раствора. Схема простейшей электрической цепи при электролизе показана на рис. 1

Зависимости между током, проходящим через электролит, количеством выделяемого вещества и временем процесса выражаются законом Фарадея.

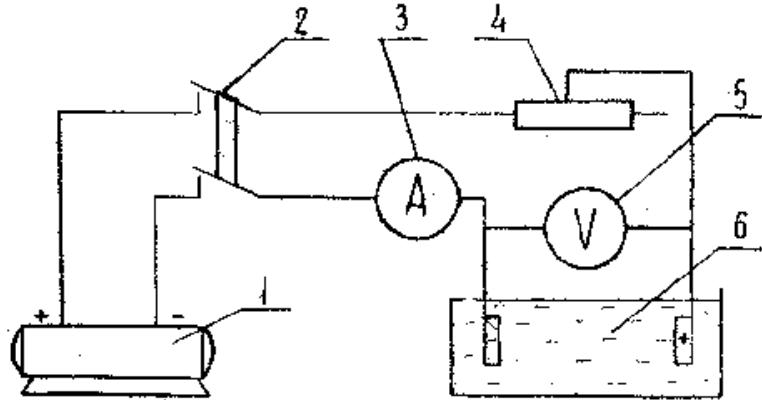


Рисунок 1 – Схема установки для электролитического осаждения металла:

1-генератор; 2-выключатель; 3-амперметр; 4-реостат; 5-вольтметр; 6-ванна с электролитом.

Количество вещества (Q), выделившееся на электродах, определяется по следующей зависимости (закон Фарадея в общем виде):

$$Q = CIT$$

где С - электрохимический эквивалент, Г/А.ч.;

J - ток, А;

T - время, ч.

Электрохимический эквивалент С определяется делением его химического эквивалента на 26,8 - постоянную Фарадея.

Постоянная Фарадея - это количество электричества в А.ч, необходимое для выделения из электролита одного грамм-эквивалента любого вещества.

На практике, однако, количество фактически отложившегося на катоде вещества отличается от теоретического значения, вычисленного по формуле. Это объясняется тем, что часть тока расходуется на выделение водорода на катоде и другие процессы.

Отношение действительного количества выделяемого металла Q_1 к теоретическому Q , умноженное на 100, называют выходом по току:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q} \cdot 100$$

Действительное количество выделившегося металла определяется, с учетом выхода по току, по следующей зависимости:

$$Q_1 = \frac{Q \cdot \eta}{100} = \frac{CIT \eta}{100}$$

При выборе режима осаждения металла приходится использовать так называемую “катодную плотность тока”, Δk – отношение силы тока J (А) к площади покрываемой поверхности $F(\text{дм}^2)$:

$$\Delta k = \frac{I}{F}$$

Величина тока, проходящего через электролит:

$$I = \Delta k \cdot F$$

Для питания электролизных ванн применяют постоянный ток неизменной полярности, реверсивный постоянный ток и асимметричный переменный ток. В качестве источников тока используют низковольтные генераторы, селеновые и кремниевые

выпрямители и сварочные трансформаторы. Использование тока переменной полярности позволяет увеличить (в 2...3 раза) плотность тока, а, значит, и производительность процесса, улучшить структуру покрытия.

При восстановлении детали необходимо нанести на нее слои определенной толщины, определяемые величинами износа и припуска на обработку. Поэтому необходимо рассчитать продолжительность электролиза для получения заданной толщины покрытия. Продолжительность электролиза (t) определяют по формуле:

$$t = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot h}{Dk \cdot C \cdot \eta}$$

где γ - плотность осаждаемого металла, г/см³;
 h - заданная толщина покрытия, мм.

На нормальное течение процесса влияет кислотность электролита, т.е. концентрация в нем водородных ионов. Этот показатель называют водородным показателем и обозначают через РН. Чем больше концентрация водородных ионов, тем больше кислотность электролита.

Качество и равномерность покрытий зависят от рассеивающей способности электролита, под которой понимают равномерность покрытия на поверхностях детали, размещенных на разных расстояниях от анода.

Для получения равномерных по толщине осадков применяют аноды, копирующие (по возможности) форму детали, а также использует экранирование: в этом случае экраны (на катоде) воспринимают на себя часть тока. Расстояние между анодом и катодом должно быть во всех точках по возможности одинаковым.

Усвоить особенности процесса хромирования

При хромировании на изношенные поверхности детали осаждаются из электролита положительные ионы хрома. Деталь является катодом (имеет отрицательный потенциал), аноды - нерастворимые, из сплава свинца и сурьмы. Процесс осаждения хрома протекает при наличии в электролите посторонних анионов, особенно SO₄²⁻ или SiF₆²⁻, источниками которых является серная кислота (H₂SO₄) или кремнефторид калия (K₂SiF₆). В их присутствии на катоде при протекании тока образуется тончайшая коллоидная пленка, при наличии которой осаждается хром. Поэтому необходимо, чтобы отношение CrO₃:H₂SO₄ в электролите поддерживалось постоянным на уровне 95...100 к 1.

В процессе хромирования необходимо выдерживать оптимальное соотношение площадей анодов и катодов. Площадь анодов должна быть в 1,5...2 раза больше площади катодов. При большей площади анодов происходит пригорание кромок детали, образуются дендриты хрома, при меньшей площади появляется избыток трехвалентного хрома.

Другими важными условиями осаждения хрома являются плотность тока на катоде (Дк, А/дм²), температура электролита и концентрация хромового ангидрида в электролите, от которых зависят внешний вид получаемых покрытий и их качество.

Процесс осаждения хрома производится при довольно высокой катодной плотности тока (Дк = 20...30 А/дм²), при этом следует иметь в виду, что при повышении Дк увеличиваются твердость и хрупкость слоя, а при пониженных значениях Дк осадки получаются пластичными.

Температура обычных электролитов при хромировании - 40...60°C, а холодных - 19...25°C. Особенность процесса хромирования - обратная зависимость выхода по току от температуры электролита и его концентрации, а именно: с повышением концентрации электролита выход по току понижается, тогда как в большинстве других процессов выход по току повышается.

В гальванике применяют, в основном, три вида хромовых электролитов, различающихся между собой концентрацией компонентов (табл. 1).

Таблица 1 – Состав ванн и режимы электролиза

Наименование компонентов и параметров	Электролит и условия электролиза		
	разведенный	универсальный	концентрированный
Хромовый ангидрид (CrO_3), г/л	120...150	200...250	350...400
Серная кислота (H_2SO_4), г/л	1,2...1,5	2,0...2,5	3,5...4,0
Температура электролита, °C	40...100	20...60	15...30
Плотность тока, А/дм ²	50...63	45...55	40...50
Выход по току, %	16...18	13...15	10...12
Рассеивающая способность	высокая	средняя	низкая
Характер осадка	твердый	твердый, пористый износост., декоративн.	мягкий, декоративный

В ремонтной практике наибольшее распространение получил универсальный электролит. Изменяя условия проведения электролиза, можно получить блестящие, молочные или серые хромовые покрытия (рис. 2).

Блестящий хром (зона 2, рис. 2) характеризуется высокой микро-твёрдостью (600...900 МН/м²), мелкой сеткой трещин, видимой под микроскопом. Осадки хрупкие, но с высокой износостойкостью.

Молочный хром (зона 3) характеризуется пониженной микротвердостью (400...600 МН/м²), пластичностью и высокой коррозионной стойкостью.

Серый хром (зона 1) отличается весьма высокой микротвердостью (900...1200 МН/м²) и повышенной хрупкостью, что снижает его износостойкость.

В зависимости от характера работы восстанавливаемой детали стремятся получить тот или иной вид осадка. Так, для деталей неподвижных сопряжений применяют блестящие и молочные осадки. В подвижных соединениях, работающих при давлении до 0,5 МПа, рекомендуются блестящие осадки; в деталях, работающих при давлении выше 5 МПа в знакопеременном режиме – молочные осадки.

Кроме хромовокислых электролитов (табл. 1) в ремонтном производстве используются так называемые холодные электролиты – тетрахроматный и саморегулирующийся. Тетрахроматный электролит имеет следующий состав (г/л): CrO_3 - 350...400; NaOH - 40...50; H_2SO_4 - 2...2,5; сахар - 1...2. Режим электролиза: Дк - 50...100 А/дм²; t - 17...23°C.

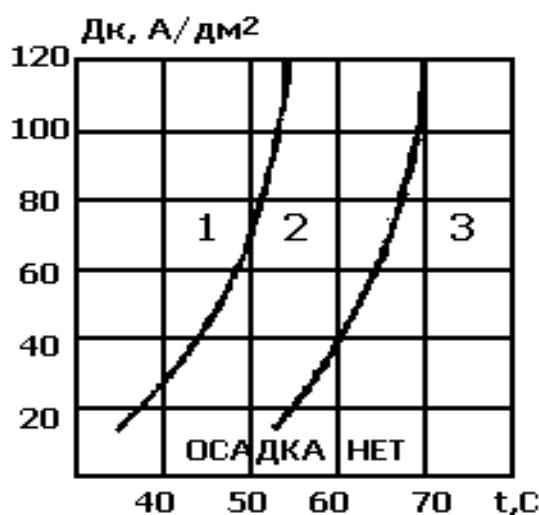


Рисунок 2 – Зависимость качества осадка хрома от условий электролиза:
1-серый хром; 2-блестящий хром; 3-молочный хром

Этот электролит позволяет получать качественные осадки с большой производительностью (выход по току - 30...35%). Отличительная особенность тетрахроматных электролитов – их малая агрессивность к углеродистым сталим. Поэтому вполне допустимо изготовление ванн для хромирования из малоуглеродистой листовой стали без дополнительной футеровки.

Саморегулирующийся холодный электролит – наиболее перспективный, т.к. выход по току достигает 35...40%. Его состав (г/л): хромовый ангидрид - 380...420; кальций углекислый - 60...75; кобальт сернокислый - 18...20. Режим электролиза: Дк - 100...300 А/дм², температура электролита - 18...25°C, однако для достижения такой температуры при высокой плотности тока (до 200 А/дм²) требуются мощные холодильные агрегаты.

В процессе электролиза состав электролита изменяется. Содержание в электролите хромового ангидрида устанавливается чаще всего по плотности раствора, измеренной ареометром.

Одной из операций технологического процесса хромирования изношенной детали является электролитическое обезжикивание ее наращиваемой поверхности, от которого во многом зависит прочность сцепления покрытия с деталью. Рекомендуется следующий состав раствора и условия обработки для обезжикивания постоянным током: едкий натр – 10 г/л, сода кальцинированная – 25 г/л, тринатрийфосфат – 25 г/л, жидкое стекло – 3 г/л; плотность тока - 3...10 А/дм², длительность обработки - 3...10 мин. Скорость электрообезжикивания мало зависит от концентрации и температуры раствора и определяется плотностью тока. В то же время повышение температуры раствора увеличивает его электропроводность, понижая напряжение на ванне и расход электроэнергии. Поэтому желательно температуру раствора поддерживать в пределах 60...80°C.

Деталь помещается в ванну с щелочным раствором, через который пропускают ток. Деталь является катодом, а листы из мягкой стали - анодом, благодаря выделению на поверхности детали пузырьков водорода процесс протекает более активно, чем при химическом обезжикивании.

Хромовые ванны основных применяемых в практике электролитов имеют плохую рассеивающую способность - толщина осадков оказывается неравномерной и зависит от положения анода по отношению к детали (катоду): на ближайших к аноду участках получается большая толщина слоя, а на удаленных - меньшая. Это приводит к необходимости изготовления специальной формы анодов и экранов.

Одно из отрицательных свойств хромовых покрытий - возникновение значительных растягивающих напряжений в электролитически осажденном слое. Они появляются в связи с переходом неустойчивой гексагональной структуры кристаллов электролитического хрома в объемно-центрированную кубическую структуру. Это сопровождается сокращением осадка, и напряжение тем больше, чем толще покрытие. При определенной толщине растягивающие напряжения достигают таких значений, которые приводят к отслаиванию покрытия. В хромовых покрытиях в связи с этим снижается усталостная прочность на 20...30%.

Все эти недостатки хромовых покрытий накладывает ограничение на максимальную допустимую толщину слоя, которая не должна превышать 0,30 мм.

Изучить устройство лабораторной установки ОРГ-1349А

Лабораторная установка для хромирования типа ОРГ-1349А состоит из двух специально оборудованных ванн 1 и 2 емкостью по 100 л для хромирования деталей и пульта управления 5, установленного на столе 14 (рис. 3).

На пульте управления размещены: два амперметра 10 и один вольтметр 12 для измерения напряжения и силы тока на шинах; выключатель 8 для включения вентилятора; пакетные переключатели 7 для изменения полярности тока на шинах ванн, а также для полного отключения ванн от выпрямителя; реостат 4 для плавного регулирования силы тока ванны 2 (правая) от двух до семи ампер; контрольная лампа 6; тумблеры –

выключатели 9 и 13 для включения электронагревателей; переключатель 11 при работе с малой силой тока: для контроля величины тока правой ванны до 20А производится переключение перемычки, расположенной сзади пульта управления, переключателями 11 и 17.

Для удаления паров хромового ангидрида и водорода, выделяющихся из ванны в процессе работы и ухудшающих санитарно-гигиенические условия труда, на корпусе ванны закреплены четырехсторонние бортовые отсосы 10 (рис. 72) и воздуховод 6, соединенный с вентилятором ЭВР-2, расположенным на одной оси с электродвигателем (1 кВт, 2850 мин^{-1}). Вентилятор 15 (рис. 71) расположен в средней части установки под крышкой стола 14 и доступ к нему обеспечивается через две дверки передней панели.

Для сбора конденсата в воздуховоде 6 (рис. 72) установлен уловитель 2. Скорость воздушного потока для каждой ванны регулируется дроссельной заслонкой 3 (рис. 3): при вертикальном положении рукоятки заслонка закрывает воздуховод, а при горизонтальном - открывает. Выходной патрубок напорной улитки кожуха вентилятора проходит через заднюю стенку корпуса хромировочной установки и оканчивается фланцем, к которому присоединен воздухопровод для вывода агрессивных паров за пределы лаборатории. Катоды и аноды подвешиваются на поперечные штанги 12 (рис. 4), которые закрепляются на продольных штангах 11.

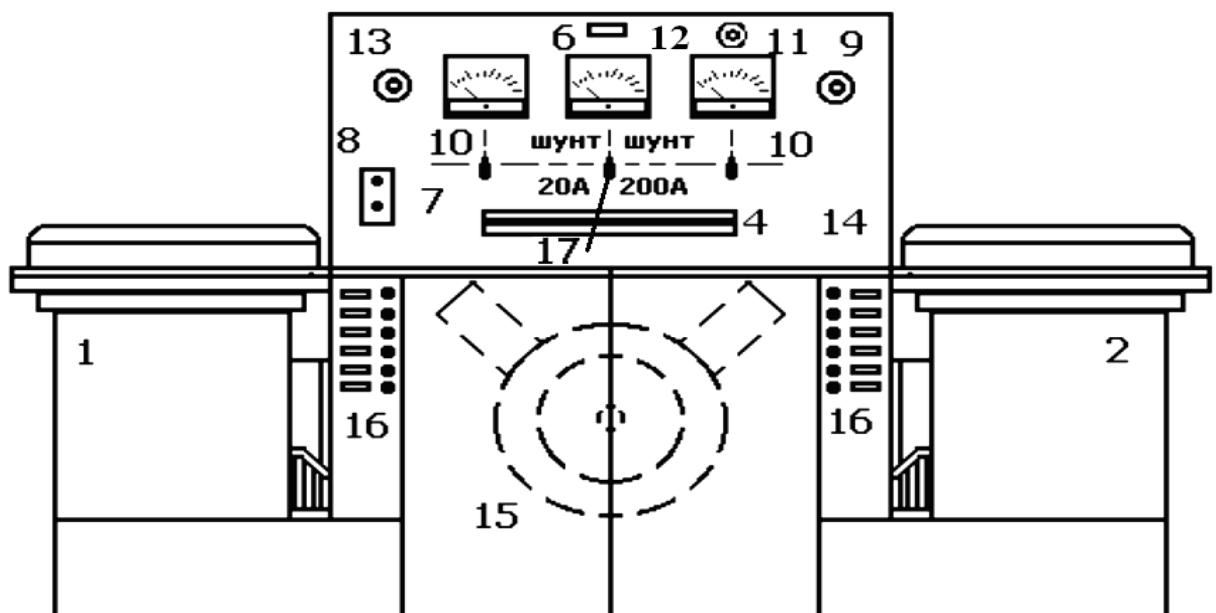


Рисунок 3 – Общий вид установки ОРГ-1349А:

1,2-ванны; 3-дроссельная заслонка; 4-реостат для малых токов ванны 2; 5-пульт управления; 6-контрольная лампа; 7-пакетный переключатель; 8-кнопочная станция включения вентилятора бортового отсоса; 9,13-тумблеры-выключатели электронагревателей ванн; 10-амперметр; 11-переключатель при работе с малой силой тока ванны 2; 12-вольтметр; 14-крышка стола; 15-вентилятор; 16-переключатель магазинов; 17-переключатель шунтов (20A, 200A) ванны 2.

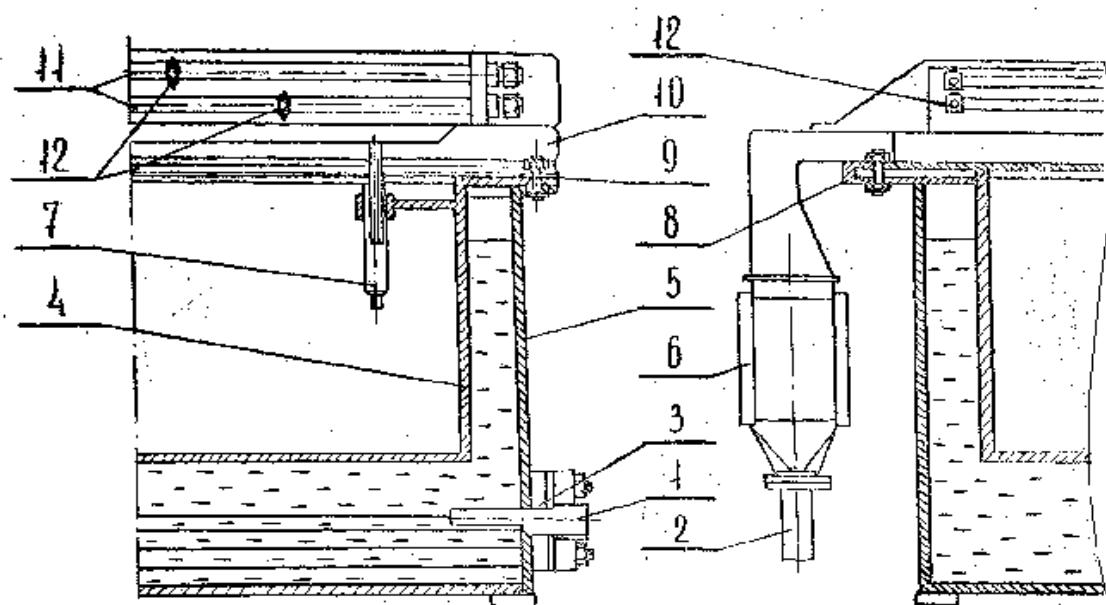


Рисунок 4 – Хромировочная ванна:

1-электронагреватель; 2-уловитель; 3-коробка электронагревателя; 4-облицовка ванны; 5-наружный кожух ванны; 6-воздуховод; 7-кожух термометра; 8-верхняя плита ванны; 9-болт крепления; 10-бортовой отсос; 11-продольные штанги; 12-поперечные штанги.

При этом к нижним продольным штангам подведены положительный, а к верхним продольным штангам – отрицательный полюсы выпрямителя. Штанги 11 укреплены над ванной на бортовых отсосах 10 и изолированы от них текстолитовыми изоляторами.

Питание хромировочных ванн постоянным током осуществляется от выпрямителя ВАС-600/300-11-У4 (рис. 5). Регулирование тока ванн при электролизе производится двумя магазинами сопротивлений, смонтированными на асбосцементных плитах и укрепленных на левой и правой сторонах стола корпуса. Каждый магазин сопротивлений состоит из шести спиралей, изготовленных из никромовой проволоки диаметром от двух до пяти мм. Магазин сопротивлений имеет шесть выключателей 16 (рис. 3), выведенных на лицевую панель установки. Наибольшая сила тока, питающая одну ванну – 150 А.

Изучить технологический процесс получения покрытия

Технологический процесс нанесения электролитических покрытий складывается из ряда последовательных операций, которые можно разделить на три группы: подготовительные, основные (нанесение покрытия) и заключительные.

К подготовительным операциям относятся: механическая обработка (шлифование, притирка, растачивание, полирование), которая проводится для устранения искажений геометрической формы у изношенных деталей, придания поверхности детали определенной чистоты и доведения размеров до требуемой величины с учетом припуска на толщину покрытия; обезжикивание химическое – протирание деталей кашицей из венской извести или промывание детали в 10%-ном растворе каустической соды в воде при температуре 95°C; изоляция мест, не подлежащих покрытию - закрытие участков детали перхлорвиниловой пленкой, нанесением цапонлака (раствором целлULOида в ацетоне); монтаж деталей в приспособлениях для завешивания в ванну; обезжикивание – электрохимическое, в щелочном водном растворе; промывание в чистой горячей воде до удаления щелочи.

После проведения подготовительных операций деталь помещается в ванну с электролитом и производят две операции: декапирование (травление) и осаждение покрытия. Декапирование применяют для удаления окисных пленок с поверхности

детали, для чего к детали на одну минуту подключают “плюс” источника тока, а к анодам - “минус”.

После декапирования деталь выдерживают в ванне без тока в течение одной минуты - поверхность детали в этом случае подвергается травлению электролитом, а затем производится процесс хромирования в течение заданного времени.

К заключительным операциям относятся тщательная промывка в ванне с 10%-ным раствором каустической соды и затем в проточной воде с последующей сушкой. Детали, работающие в условиях динамических нагрузок, рекомендуется подвергать термической обработке в течение одного – двух часов при температуре 150... 200°C.

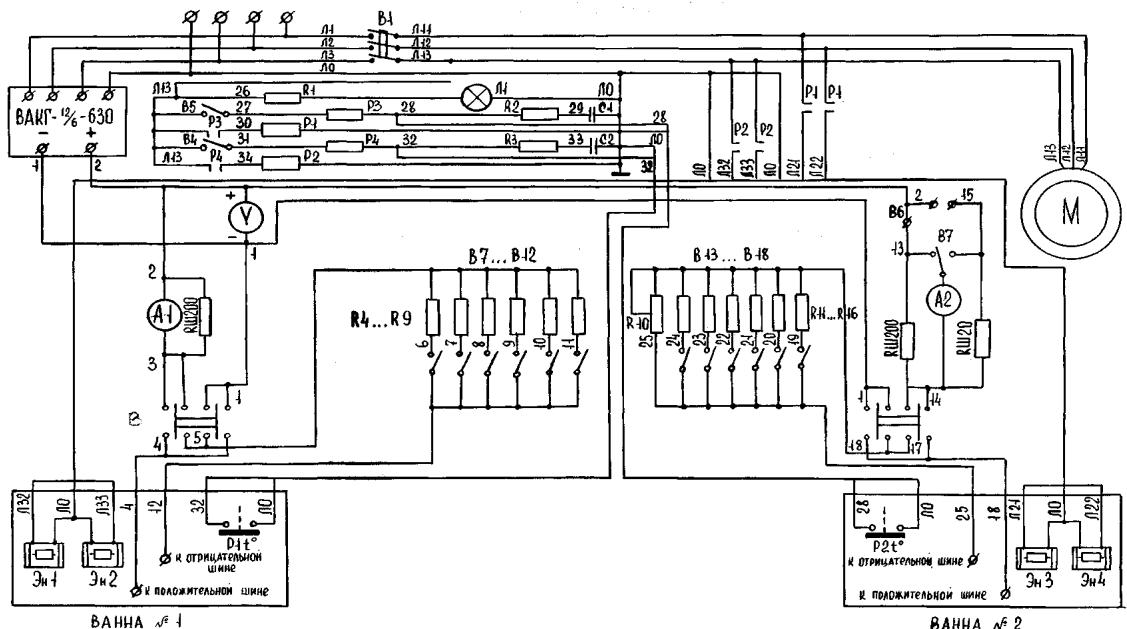


Рисунок 5 – Электрическая схема хромировочной установки ОРГ-1349А:

ВАКГ – агрегат выпрямительный; В1 – автоматический выключатель; В2, В3 – переключатели двухполюсные; В4, В5, В7 – тумблеры-выключатели; В6 – перемычка; В7...В12, В13...В18 – колодки переключения; А – амперметр магнитоэлектрический; В – вольтметр магнитоэлектрический; Л1 – лампа коммутаторная; М – электродвигатель вентилятора; С1, С2 – конденсаторы; Р1, Р2 – магнитные пускатели; Р1^t, Р2^t – реле температуры; Р3, Р4 – электромагнитные реле; Р1, Р2, Р3 – резисторы; Р10 – реостат сопротивления ползунковый; Р4, Р11 – сопротивления 1 Ом; Р5, Р12 – сопротивления 0,54 Ом; Р6, Р13 – сопротивления 0,33 Ом; Р7, Р14 – сопротивления 0,26 Ом; Р8, Р15 – сопротивления 0,12 Ом; Р9, Р16 – сопротивления 0,075 Ом; Rш200, Rш20 – шунты; Эн1...Эн4 – электронагреватели

Нанести слой электролитического хрома на поршневой палец двигателя ЗМЗ-53

1) Изучить правила охраны труда и техники безопасности при работе в лаборатории гальваники:

-тальваническое отделение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией;

-тальванические ванны должны быть снабжены бортовой отсосной вентиляцией;

-работать с кислотами, щелочами и электролитами нужно в спецодежде (резиновых перчатках, сапогах, фартуках, защитных очках и респираторах);

-электропроводка должна соответствовать нормам для гальванических отделений;

-электролитические ванны должны быть надежно заземлены;

-при попадании на кожу электролита соблюдать установленные правила его удаления и мойки загрязненного участка кожи.

2) Получить задание (номер эксперимента) на восстановление детали (поршневого пальца) в тетрахроматном электролите (табл. 2).

По заданию преподавателя приготовить тетрахроматный электролит следующего состава: 350 г/л хромового ангидрида CrO_3 ; 50 г/л натриевой щелочи NaOH ; 3 г/л серной кислоты H_2SO_4 ; 2 г/л сахара. На 15 л электролита необходимо: 5250г CrO_3 ; 750г NaOH ; 45г H_2SO_4 ; 30г сахара.

3) При необходимости (по заданию преподавателя) проверить концентрацию хромового ангидрида в электролите при помощи ареометра и данных табл. 3 Произвести, если необходимо, корректировку состава ванны.

Таблица 2 – Задание на восстановление детали электролитическим хромированием в тетрахроматном электролите

№ экспе- римента	РЕЖИМ			
	характеристика электролита	материал основы	продолжи- тельность, Т,ч	катодная плотность, Дк,А/дм ²
1	2	3	4	5
1	Свежий без корректировки	сталь	0,5	50
2	-//-	-//-	-//-	60
3	-//-	-//-	-//-	70
4	-//-	-//-	-//-	80
5	-//-	-//-	-//-	90
6	-//-	-//-	1	50
7	-//-	-//-	-//-	60
8	-//-	-//-	-//-	70
9	-//-	-//-	-//-	80
10	-//-	-//-	-//-	90
11	Свежий с корректировкой	-//-	0,5	50
12	-//-	-//-	-//-	60
13	-//-	-//-	-//-	70
14	-//-	-//-	-//-	80
15	-//-	-//-	-//-	90
16	-//-	-//-	1,0	50
17	-//-	-//-	-//-	60
18	-//-	-//-	-//-	70
19	-//-	-//-	-//-	80
20	-//-	-//-	-//-	90
21	Свежий без корректировки	Хромовое покрытие на стали	0,5	50
22	-//-	-//-	-//-	60
23	-//-	-//-	-//-	70
24	-//-	-//-	-//-	80
25	-//-	-//-	-//-	90
26	-//-	-//-	1,0	50
27	-//-	-//-	-//-	60
28	-//-	-//-	-//-	70
29	-//-	-//-	-//-	80
30	-//-	-//-	-//-	90

Таблица 3 – Зависимость концентрации хромовой кислоты (раствор хромового ангидрида CrO₃ в воде) от ее плотности при 15°C

Плотность, г/см ³	Концентрация, г/л	Плотность, г/см ³	Концентрация, г/л	Плотность, г/см ³	Концентрация, г/л
1,003	10,06	1,110	155,40	1,240	347,20
1,014	20,28	1,127	180,30	1,260	348,00
1,030	41,20	1,145	206,10	1,313	459,60
1,045	62,70	1,163	232,60	--	--
1,060	84,80	1,181	259,80	1,435	645,80
1,076	107,60	1,200	288,00	1,505	752,50
1,093	131,20	1,220	317,20	1,581	869,60

При необходимости корректировки добавляется ангидрид, количество которого определяется расчетом, например: емкость ванны 10 л; расчетное количество ангидрида - 232 г/л * 10л = 2320г; фактическая плотность электролита - 1,145 г/см³, что соответствует 206 г/л; тогда количество ангидрида, которым необходимо дополнить ванну, будет равно (232-206) * 10 = 260г.

Один раз в месяц электролит подвергается химанализу на содержание серной кислоты, после чего необходимое количество ее или добавляют в электролит, или удаляют.

4). Снять с наращиваемой стальной поверхности детали пленки окислов и загрязнения, используя шлифовальный станок с фетровыми или лепестковым кругами (или шлифовальную шкурку), а также чистый обтирочный материал.

В производственных условиях для этой цели используются различные виды механической обработки, производимые также для восстановления макрографии изношенной поверхности.

Если слой хрома наносится на ранее хромированную поверхность, мехобработке и обработке шкуркой деталь не подвергается.

5). Измерить величину диаметра детали до хромирования (D, мм), ее длину (L, мм) и определить площадь покрытия (Sk, дм²); величина диаметра детали определяется как среднее арифметическое результатов четырех (шести) измерений детали в двух (трех) сечениях и двух направлениях; в соответствии с номером задания определить расчетную катодную плотность тока (Дк, А/дм²), продолжительность процесса хромирования (T, ч), ток (I, А): $I = Sk \cdot Dk$. Результаты записать в отчет по работе.

6). С помощью специальной подвески обезжирить деталь промыванием ее в 10%-ном растворе каустической соды в воде (в течение 3...5 мин), с последующим ополаскиванием в чистой воде.

7). Смонтировать деталь в подвеску, убедившись в достаточности сечения токопроводящих деталей, исходя из допустимой силы тока на 1 мм² сечения подвески: для стали - 0,5...1,0 А, для меди - 2,5...3,0 А, для латуни - 2,0...2,5 А. Перед монтажом детали в подвеску наждачной шкуркой отчистить от пленок окислов контактные поверхности крючков подвесок анодов (для электрохимического обезжиривания), катодов и штанг ванны электрохимического обезжиривания. Наружные поверхности подвески, контактирующие с электролитом, защитить полихлорвиниловой лентой. Подвесить аноды

(стальные) на нижние (плюсовые) поперечные штанги ванны №2 для электрохимического обезжикивания, завесить в ванну (на катодную верхнюю штангу) подвеску с деталью.

8) При отключенном от сети выпрямителе переключателями 7 (рис. 3) в положение “хромирование” и 17 – в положение “шунт 200А” (или “шунт 20А”) включить ванну №2 в сеть, включить выпрямитель и откорректировать силу тока переключателем 16 (или реостатом 4), которая равна произведению плотности тока при обезжикивании ($\text{Дк}=5\ldots10 \text{ А/дм}^2$) на площадь поверхности детали ($S_k, \text{ дм}^2$). Произвести обезжикивание детали в течение 3…10 мин. После его завершения выключить выпрямитель, извлечь подвеску с деталью из ванны №2 и промыть ее водой. Установить переключатели 7 и 17 в нейтральное положение.

9) Используемые для хромирования свинцовые аноды вынуть из ванны с водой, в которой они хранятся при перерывах в работе, и отчистить их от пленок окислов крацеванием стальной щеткой или шабером.

Наждачной шкуркой отчистить от окислов контактные поверхности крючков подвески анодов и штанг ванны №1 хромирования. Подвесить аноды свинцовые на нижние поперечные штанги ванны хромирования.

10) Поместить на верхние поперечные штанги ванны №1 подвеску с деталями таким образом, чтобы расстояние между поверхностями катода (детали) и анодов было 35…50 мм. Поверхность детали должна располагаться вертикально для свободного удаления выделяющихся в процессе электролиза пузырьков водорода.

11) Подвеску с деталью выдержать в ванне хромирования в течение 3…5 минут для выравнивания температуры и после этого переводом переключателя ванны №1 (при выключенном выпрямителе) в положение “Декапирование” и последующим включением выпрямителя включить ток обратной полярности с целью декапирования наращиваемой поверхности при плотности тока $\text{Да}=25\ldots40 \text{ А/дм}^2$ в течение 30…90с. Ток декапирования также подсчитывается произведением катодной плотности на площадь детали. Величина тока регулируется переключателем 16 на ванну №1 (рис. 3)

12) По окончании декапирования выключить выпрямитель, перевести переключатель ванны №1 в положение “Хромирование” и включить выпрямитель. Переключателем 16 ввести в цепь тока дополнительные шунты для обеспечения требуемой при хромировании плотности тока. Произвести хромирование деталей при заданной плотности тока в течение заданного времени (табл. 13). Колебание температуры электролита в процессе электролиза допускается не более $\pm 5^\circ\text{C}$. Перерывы в подаче тока не допускаются, т.к. могут явиться причиной отслаивания покрытия.

13) По истечении заданного времени хромирования отключить ванну от силовой сети выключением выпрямителя, извлечь из нее подвеску с деталью и промыть ее сначала в холодной воде ванны улавливания электролита, а затем под струей водопроводной воды. Нейтрализовать остатки электролита погружением детали на одну минуту в 3…5% раствор кальцинированной соды (Na_2CO_3). Окончательно промыть деталь в холодной воде, просушить, разобрать подвеску. Переключатель ванны №1 установить в нейтральное положение. В некоторых случаях детали помещают в сушильный шкаф на один – два часа при температуре 150…200°C для удаления водорода из покрытия, повышающего его хрупкость.

14) Измерить диаметр восстановленной детали (d_1) и определить толщину слоя хрома (h), а также характер внешнего вида (серый, блестящий, молочный). Толщина осадка определяется как полуразность диаметров детали до и после осаждения хрома (d , d_1).

15) Определить микротвердость полученного осадка (по заданию преподавателя) с помощью микротвердометра ПМТ-3. Результаты измерений занести в отчет по работе.