

**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 заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1. Лекция № 1 Введение. Основные дефекты деталей машин. Восстановление и упрочнение пластическим деформированием.....	3
1.2. Лекция № 2 Восстановление и упрочнение деталей сваркой и наплавкой.....	10
1.3. Лекция № 3 Восстановление и упрочнение деталей напылением, электролизом и полимерными материалами.....	22
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	37
2.1. Лабораторная работа № ЛР-1 Ремонт цилиндров ДВС растачиванием и хонингованием на станках 278Н и 3Б833.....	35
2.2. Лабораторная работа № ЛР-2 Шлифование шатунных шеек коленчатого вала двигателя А-41М на ремонтный размер.....	47
2.3. Лабораторная работа № ЛР-3 Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса.....	57
2.4. Лабораторная работа № ЛР-4 Восстановление деталей машин электролитическим хромированием на установке ОРГ – 1349.....	67

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Основные дефекты деталей машин. Восстановление и упрочнение пластическим деформированием»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Классификация способов восстановления деталей.
2. Способы восстановления пластическим деформированием.
3. Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. 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 псевдоожигенном 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) Широкой слойной
- 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

2. Способы восстановления пластическим деформированием.

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

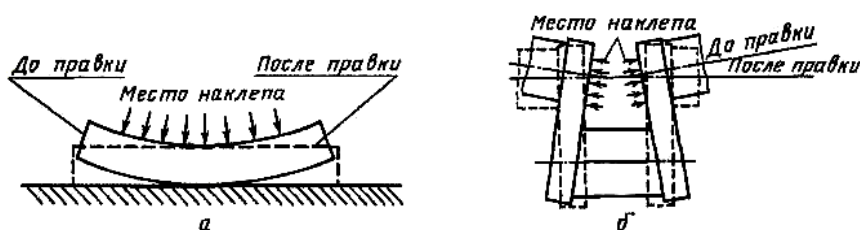
Деформирование без нагрева:

- 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.



Схемы правки наклепом:

а – бруска; б – коленчатого вала

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

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

где σ_{τ} – предел текучести материала детали, МПа;

d и h – диаметр и длина детали, мм.

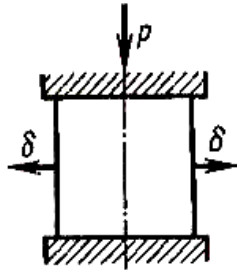


Схема восстановления деталей осадкой

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

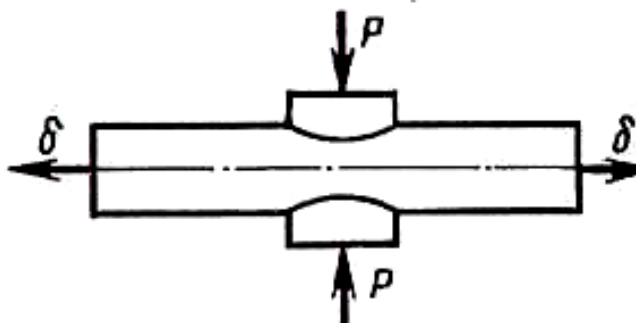


Схема восстановления деталей вытяжкой

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

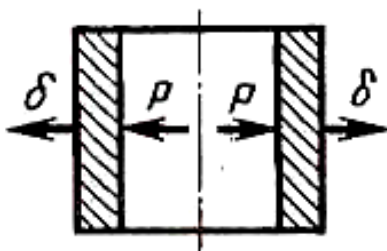
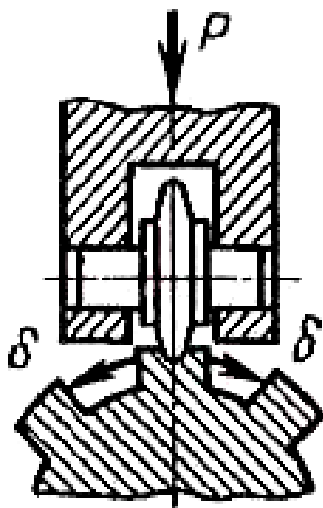


Схема восстановления деталей раздачей

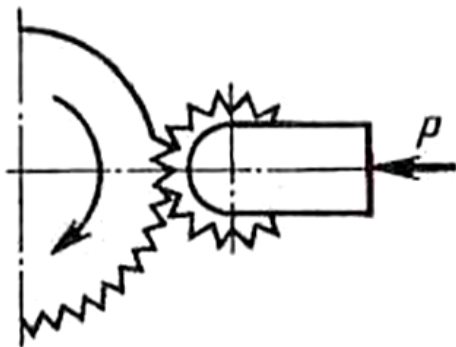
Вдавливание представляет собой одновременную осадку и раздачу, так как деформирующая сила P направлена под углом к направлению деформации δ . Длина детали не изменяется.

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

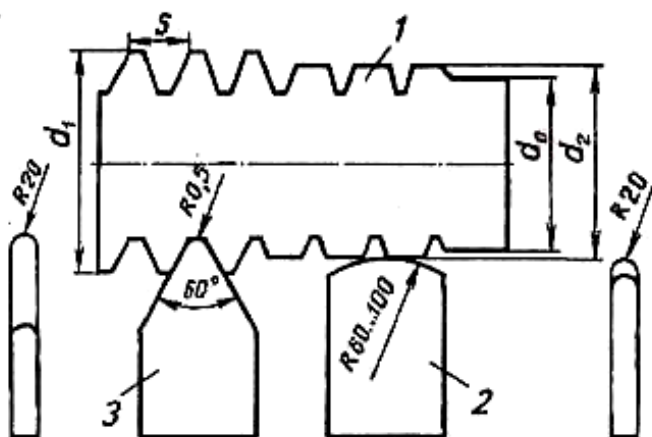


Накатку применяют для увеличения наружного или уменьшения внутреннего диаметра деталей вытеснением металла отдельных участков рабочей поверхности. Направление деформирующей силы P противоположно требуемой деформации δ .

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 $I = 300...500$ А;

Напряжение $U = 1...2$ 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 обработке 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 $q = (1,8 \dots 2,1)\sigma_r$.

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 HB < 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. ($R_{\text{алм}} = 1,3 \dots 2$ мм);

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

Скорость выглаживания 10...100 м/мин.

При алмазном выглаживании можно получить поверхность детали с шероховатостью не ниже $R_a = 0,04 \dots 0,08$ 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 18кГц, 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 сжатия.

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. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение деталей сваркой и наплавкой»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Особенности ручной сварки и наплавки.
2. Восстановление и упрочнение искровой механизированной наплавкой.
3. Восстановление и упрочнение безыскровой механизированной наплавкой.

1.2.2 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 *физическим признакам* 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.

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]

$\alpha_n = 3...12$ [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 наплавленного 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 наплавленных 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.

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 °С. 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 °С, а затем ректифицируют – разделяют на азот ($T_{\text{кипения}} = -196^{\circ}\text{C}$) и на кислород. Полученный жидкий кислород в теплообменнике превращается в газообразный и поступает в специальный резервуар – газгольдер. Затем компрессором закачивается в специальные баллоны ($P=15\text{ МПа}$, $U=40\text{ л}$).

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

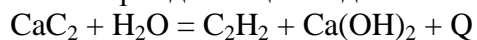
При соприкосновении с кислородом воспламеняются органические вещества: масло, жиры!

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 °С, а при температуре минус 85 °С – 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 электродугowych 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 $P=0,1\text{ МПа}$ (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 кгс/см²).

13.1.3. Оборудование для газовой сварки

Баллоны

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

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

Баллоны для пропан - бутана изготавливают сварными. Газ в них сжиженный. Для пропана $P=1,6 \text{ МПа}$, для бутана $0,45 \text{ МПа}$. 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 $0,001 \text{ МПа}$) 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.

ГЗ-04 – горелка малой мощности: $S = 0,2 - 7 \text{ мм}$, имеет 5 наконечников.

ГС-1 – горелка микромощности.

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

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 святящийся, чётко очерченный закруглённый конус; здесь происходит экзотермический распад ацетилена на составные части

$$2\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{O}_2 = 4\text{C} + 2\text{H}_2 + 2\text{O}_2 + Q$$

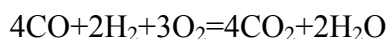
Раскалившиеся частицы углерода вызывают яркое свечение зоны. Длина ядра зависит от скорости истечения смеси из горелки.

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

$$4\text{C} + 2\text{H}_2 + 2\text{O}_2 = 4\text{CO} + 2\text{H}_2$$

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.

2. Восстановление и упрочнение искровой механизированной наплавкой

Дуговая наплавка под слоем флюса.

Преимущества:

можно повысить мощность сварочной дуги за счет увеличения допустимой плотности тока до 150...200 А/мм² (при ручной дуговой сварке плавящимся электродом не превышает 15...30 А/мм²) без опасности перегрева электрода. Производительность сварочно-наплавочных работ повышается в 6...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 разбрызгивание 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, полевошпат, 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 (СО и СО₂), которые вытесняют воздух из зоны горения дуги.

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

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

Плавленные флюсы готовят 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 °С.

Флюсосмеси состоят из дешевого плавленного 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, А:

$$I_{\text{св}} = 40\sqrt[3]{D}$$

Напряжение источника питания, В:

$$U = 21 + 0,04I_{\text{св}}$$

Коэффициент наплавки, г/(А·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:

$$v_{\text{э}} = \frac{4K_{\text{н}}I_{\text{св}}}{\pi d^2 \gamma}$$

где D – диаметр детали, мм;

d – диаметр электродной проволоки, мм;

F – площадь поперечного сечения наплавленного валика, см² (при $d=1,2...2,0$ мм $F=0,06...0,2$ см²);

γ – плотность металла шва, г/см³.

Вылет электрода, мм: $H = (10...15)d$.

Шаг наплавки, мм: $s = (2...2,5)d$.

Смещение электрода относительно зенита, мм:

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

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.

Вибродуговая наплавка.

Преимущества:

1. Высокая производительность (до 2,6 кг/ч);
2. Незначительный нагрев детали (до 100 °С);
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:

$$I = jF_{эл}$$

где j – плотность тока, А/мм² (для $d < 2,0$ мм $j = 60...75$ А/мм²; для $d > 2,0$ мм $j = 50...75$ А/мм²);

$F_{эл}$ – сечение электрода.

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч:

$$v_э = \frac{0,1IU}{d^2}$$

Скорость наплавки, м/ч:

$$v_n = \frac{0,785d_э v_э \eta}{hsa}$$

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

s – шаг наплавки, мм/об;

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

Шаг наплавки, мм/об: $s = (1,6...2,2)d$.

Амплитуда колебаний, мм: $A = (0,75...1,0)d$.

Вылет электрода, мм: $H = (5...8)d$.

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 восстанавливаемых деталей. Глицерин уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла и, следовательно, трещинообразование при использовании высокоуглеродистых наплавочных проволок.

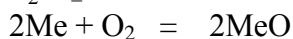
Наплавка в среде углекислого газа.

В последнее время наплавка в среде CO₂ 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).

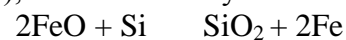
При высокой температуре углекислый газ диссоциирует, т.е.



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.

3. Восстановление и упрочнение безыскровой механизированной наплавкой.

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

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 электродов. 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 электродов 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:

$$v_{\text{э}} = \frac{I}{C}$$

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 $I = 850 \dots 900$ А и напряжении 34 В. Скорость подачи электрода $v_s = 210$ м/ч, глубина шлаковой ванны 80 мм, сухой вылет электрода диаметром 3,0 мм равен 150 мм. Продолжительность наплавки одной детали 7... 10 мин.

Электроконтактная приварка.

Для электроконтактной приварки характерны высокая производительность (до $100 \text{ см}^2/\text{мин}$), 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.

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 °С ниже температуры плавления металла, а скорость нагрева поверхности детали — выше скорости теплоотвода в глубину детали. При нагреве флюс расплавляется.

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 сормайт, 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), У45Х35ГЗР2С (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, Ом·мм²/м;

μ – относительная магнитная проницаемость;

f – частота тока, Гц.

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

одновременную — наплаваемая поверхность полностью вводится в поле индуктора;

последовательную — наплавляют поочередно несколько участков поверхности;

непрерывно-последовательную — наплаваемая поверхность перемещается в поле индуктора;

центробежную — наплавляют внутреннюю поверхность тел вращения.

Мощность высокочастотной установки, кВт, необходимая для наплавки:

$$P = 2500 \frac{K m_o + m_n}{\tau_n \eta}$$

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

m_o и m_n – массы нагреваемого основного металла в зоне наплавки и наплаваемой шихты, кг;

T_n – продолжительность нагрева, с;

η – КПД нагрева.

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

$$\tau_{\text{н}} = 10 + ah_c$$

при непрерывно - последовательной

$$\tau_{\text{н}} = (10 + ah_c) \left(\frac{l}{l_{\text{и}}} + 1 \right)$$

где a – коэффициент, учитывающий состав шихты и грануляцию порошка ($a = 13 \dots 17$);

h_c – толщина наплавляемого слоя, мм;

l и $l_{\text{и}}$ – длины наплавляемого участка и активной части индуктора, мм.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Восстановление и упрочнение деталей напылением, электролизом и полимерными материалами»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Сущность и технология процесса напыления: газопламенный, плазменный, области применения, достоинства и недостатки.
2. Восстановление деталей электролитическим осаждением металлов. Достоинства и недостатки.
3. Применение полимерных материалов при восстановлении и упрочнении деталей.
4. Энергосберегающие технологии восстановления узлов и агрегатов.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

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

Газотермическое 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 подслои. В качестве подслоя применяют молибден или нихром алюминия.

Газотермическое 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 подслои. В качестве подслоя применяют молибден или нихром 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.

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 большого 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 дугой можно отдельно 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 сормаита № 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, образуя в результате горения смеси кислород + горючий газ.

При проволоочной металлизации напыляемый материал поступает через центральное отверстие горелки и расплавляется 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.

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 $(2...4) \cdot 10^3$ м/с.

Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме кинетической получают также тепловую энергию. Скорость выноса порошка $(0,6...1,2) \cdot 10^3$ м/с.

2. 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.

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.

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 продефектовать, 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. Обезжиривание.
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 изготовления 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, °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.

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), аммикатные (№ 3). Чтобы увеличить плотность тока и производительность процесса, их нужно перемешивать.

Щелочные цинкатные (№ 2), аммикатные (№ 3) и другие электролиты просты по составу и дешевы. У них высокая электропроводность и хорошая рассеивающая способность. Основной недостаток аммикатных 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.

Составы электролитов и режимы хромирования

Компонент и режим	Номер электрода				
	1	2	3	4	5
Хромовый ангидрид, 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, °С	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
	15...18	12...14	18...12	18...20	35...40
Выход по току, %					

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/дм³.

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 повышаются 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.

3. Применение полимерных материалов при восстановлении и упрочнении деталей

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 отвердевает 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 полиэтиленпо-лиамин — вязкая жидкость от светло-желтого до темно-бурого цвета. Чтобы повысить эластичность и ударную прочность отвержденной 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 не обходимым 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

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. Обезжиривание 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, приклеенные к диску клеем ВС- 10Т, отделяют путем выдержки дисков в печи при температуре 350 °С в течение 5...6 ч с последующим легким простукиванием.

Кроме клея ВС-10Т для крепления фрикционных накладок тормозных колодок используют клей БФТ-52. У таких клеевых соединений более высокие прочностные свойства. Так, при температуре 20 °С прочность клеевых соединений стальных образцов с фрикционными материалами АГ-1Б, 6КФ-58 и Т-167, склеенных клеем БФТ-52, соответственно в 1,3; 1,2 и 1,1 раза выше по сравнению с клеем ВС-10Т, 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 просушивания 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 формируют 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. Горячкина предложен полиуретановый адгезив Вилад-11, состоящий из двух компонентов: А — тиксотропная масса на основе сложного олигоэфира и специальных добавок, Б — полиизоцианат 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 зачищают 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, вращающуюся 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 резцедержателе 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°С в течение 40 мин, из раствора герметика 6Ф — 150... 160°С 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°С 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°С в течение 30...40 мин.

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

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°С 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 приливь,

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.

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, обезжиривании и фосфатировании. Поверхности детали, не подлежащие нанесению покрытий, изолируют с помощью различных приспособлений, а также их обертывают фольгой или листовым асбестом, покрывают жидким стеклом или термостойким силиконовым лаком.

В процессе нанесения покрытий из порошкообразного поликапроамида 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 бачки 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 невымсыхающие, вымсхающие (полувымсыхающие) и отверждающиеся герметики (вулканизирующиеся и полимеризирующиеся).

Невымсыхающие 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.

Вымсхающие 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, резинопо-добными. К вымсхающим 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.

Полимеризирующиеся 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.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).

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

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

2.1.2 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.

2.1.3 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 х 24.

2.1.4 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-расточной 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 шестернёй 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 клиноремённую 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:

$$D_{н.р.} = D_{max} + 2(a + \delta),$$

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 $D_{н.р.}$ внести в отчет.

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

Ремонтный размер выбирается как ближайший больший от расчетного размера $D_{н.р.}$

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

Выбранный ремонтный размер с отклонениями (табл. 1) $D_{рр}$ 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;

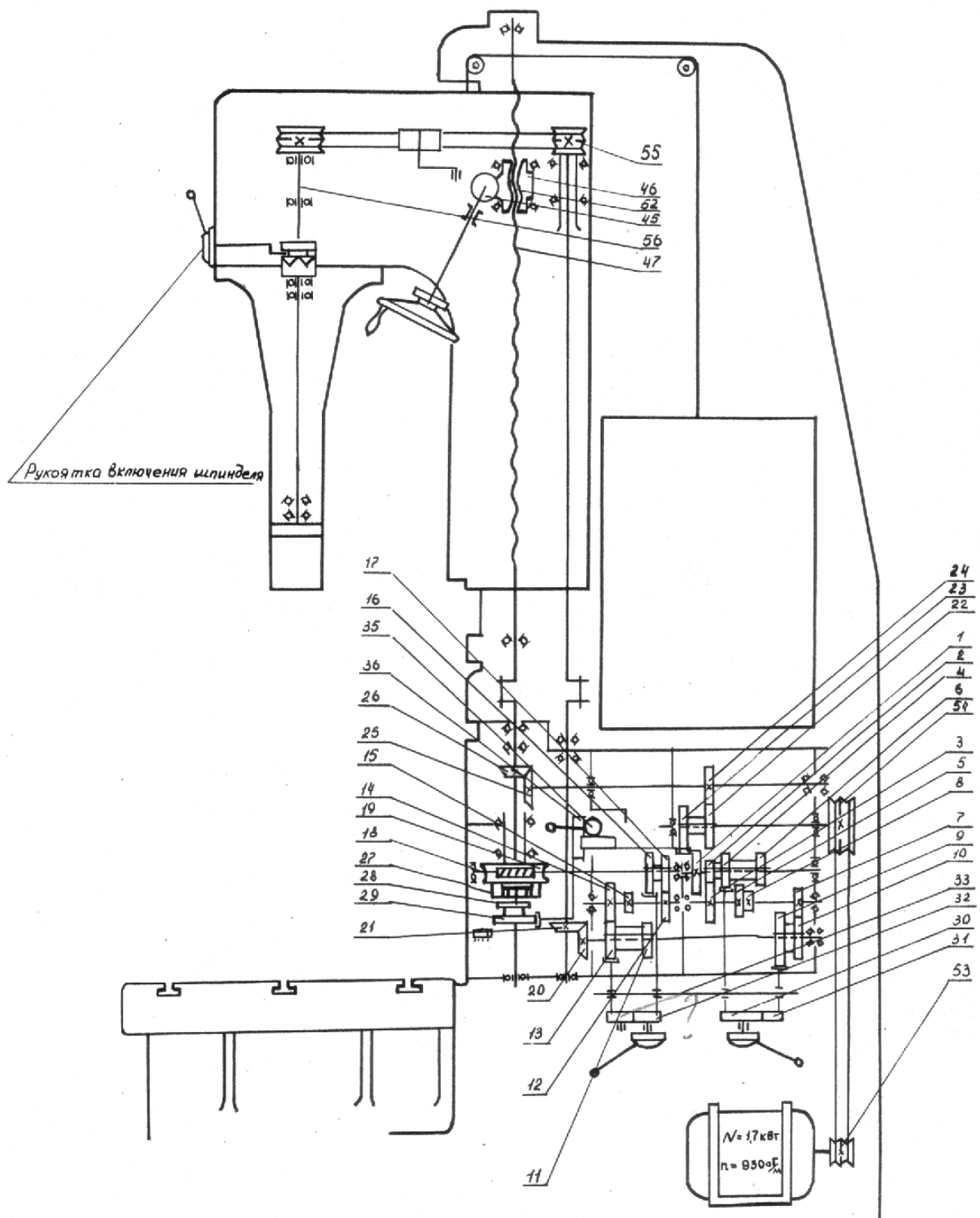


Рисунок 1 – Кинематическая схема станка модели 278Н:

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.

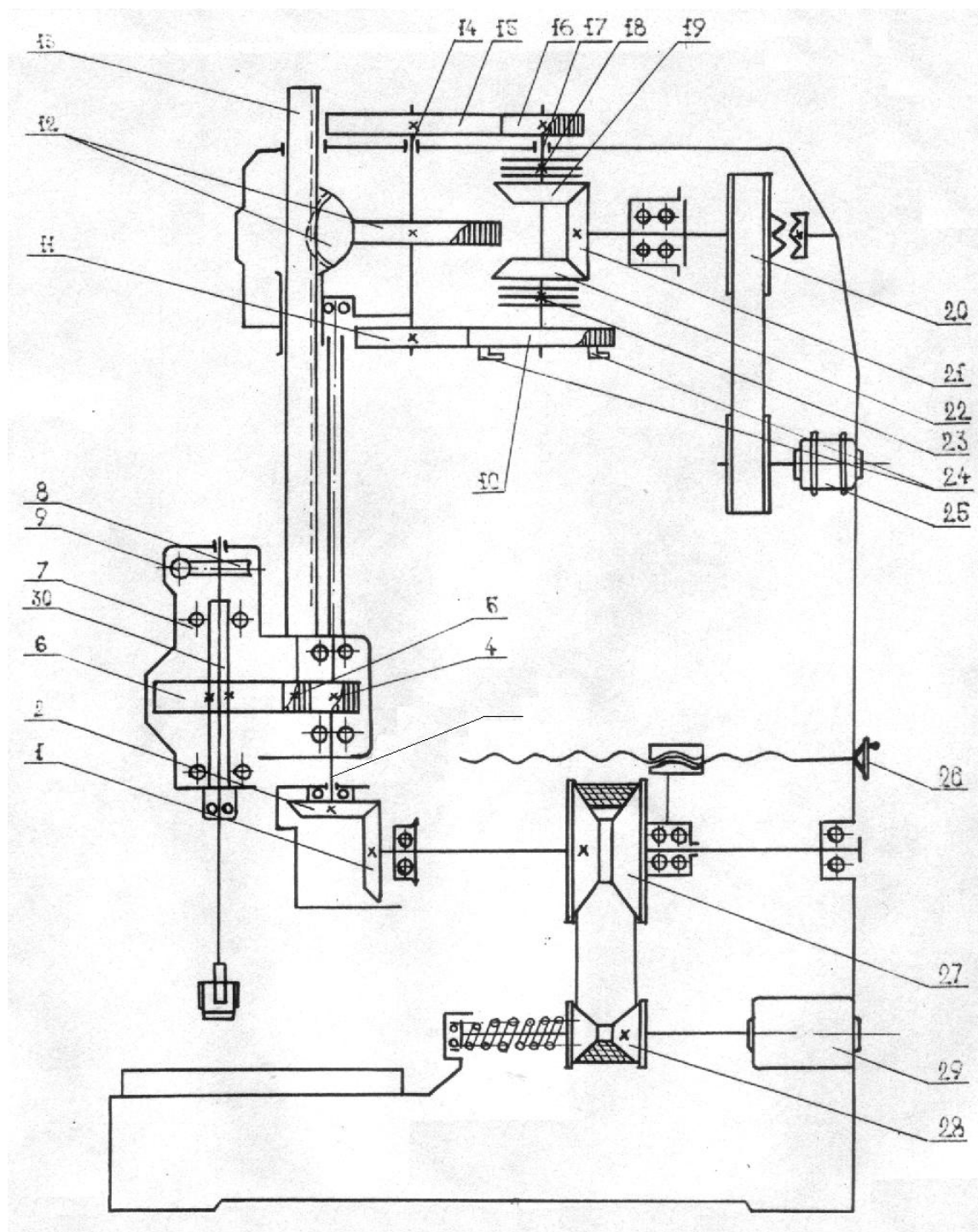


Рисунок 2 – Кинематическая схема вертикально-хонинговального станка 3Б833:

1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 19, 21, 22 – шестерни; 7- опора вала привода хонинговальной 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

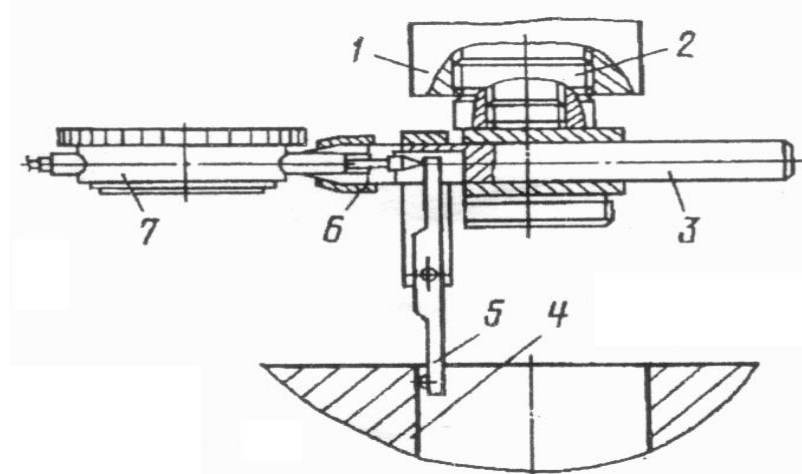


Рисунок 3 – Схема приспособления для центрирования обрабатываемой поверхности:

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

3. Рычаг приспособления должен касаться поверхности цилиндра с натягом (по шкале индикатора) 1,5...2,0 мм;

4. Поворотом резцовой головки с приспособлением на 180° 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° будет более 0,02 мм, следует перемещать блок ударами медного молотка по его торцовой плоскости до получения требуемого результата;

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

10) Рассчитать вылет резца, мм, по формуле:

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

где D_{PP} – выбранный ремонтный размер, мм;

$D_{Ш}$ – 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;

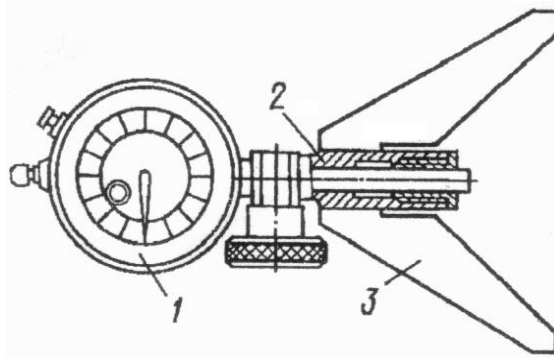


Рисунок 4 – Схема приспособления (наездника) для установки резца:
1-индикатор; 2- державка; 3- призма.

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 подачи в положения, соответствующие выбранным режимам.

15) Маховичком ручного перемещения шпиндельной бабки установить шпиндель в положение, при котором резец находится выше плоскости блока на 3...5 мм.

16) Установить рычаг переключения подачи 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 нутромером (в трёх сечениях и в двух направлениях). Полученное значение фактического размера $D_{\text{ф}}$ (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 3Б833 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).

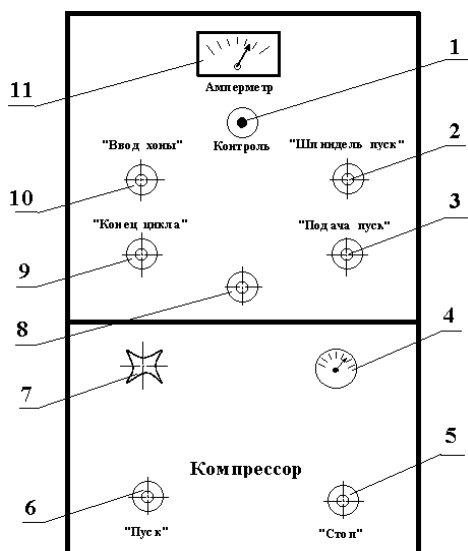


Рисунок 5 – Пульт управления станка модели 3Б833:

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.

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 «К» за края цилиндра был бы равен одной третьей части их длины «m» (рис. 8).

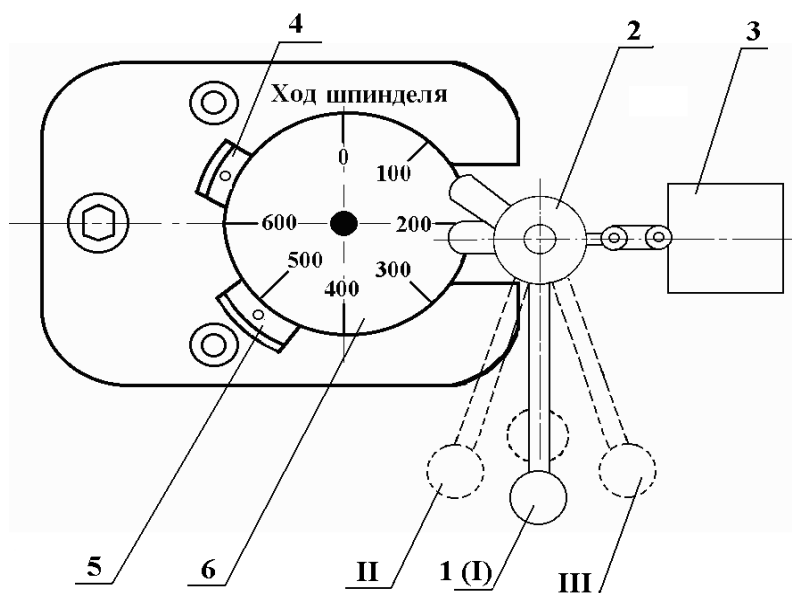


Рисунок 6 – Схема установки хода шпинделя (хоны):

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 (подъем шпинделя).

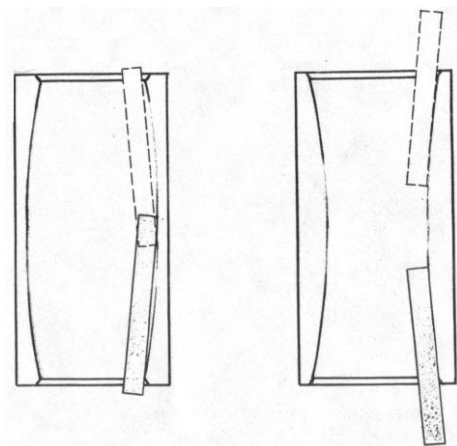


Рисунок 7 – Схема образования «бочки» и длины «корсета» при неправильной установке хоны

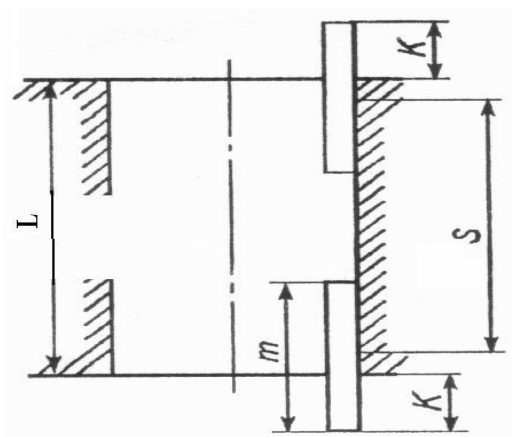


Рисунок 8 – Схема к расчету хода хонинговальной головки

Для проверки величины хода хоны необходимо:

1. Линейкой (штангенциркулем) измерить длину брусков;
2. Не трогая рукоятки 1 «Выхаживание» (рис. 6) кратковременными нажатиями на кнопку 10 «Ввод хоны» (см. рис. 90), добиться остановки хоны в нижнем положении и измерить расстояние от плоскости разреза до бруска;

3. Не трогая рукоятки 1 «Выхаживание» (см. рис. 6), кратковременными нажатиями на кнопку 10 «Ввод хоны» (см. рис. 5), добиться расположения хоны 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 хоны 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 шпинделя 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 нутромером 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.

2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Шлифование шатунных шеек коленчатого вала двигателя А-41М на ремонтный размер»

2.2.1 Цель работы: научиться центрировать и шлифовать коленчатый вал на шлифовальном станке.

2.2.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с назначением и устройством круглошлифовального станка модели 3А423.
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.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Круглошлифовальный станок модели 3А423.
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.

2.2.4 Описание (ход) работы:

Ознакомиться с назначением и устройством круглошлифовального станка модели 3А423

Назначение, область применения, общее устройство станка

Шлифование шеек коленчатого вала производится на специальных круглошлифовальных станках. На ремонтных предприятиях эти станки встречаются нескольких моделей – 3А423, 3А420, 3Н42 и др.

Станок модели 3А423 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 3А423 приведены в табл. 22.

Станок 3А423 (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 3А423 прилагаются 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 3А423

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

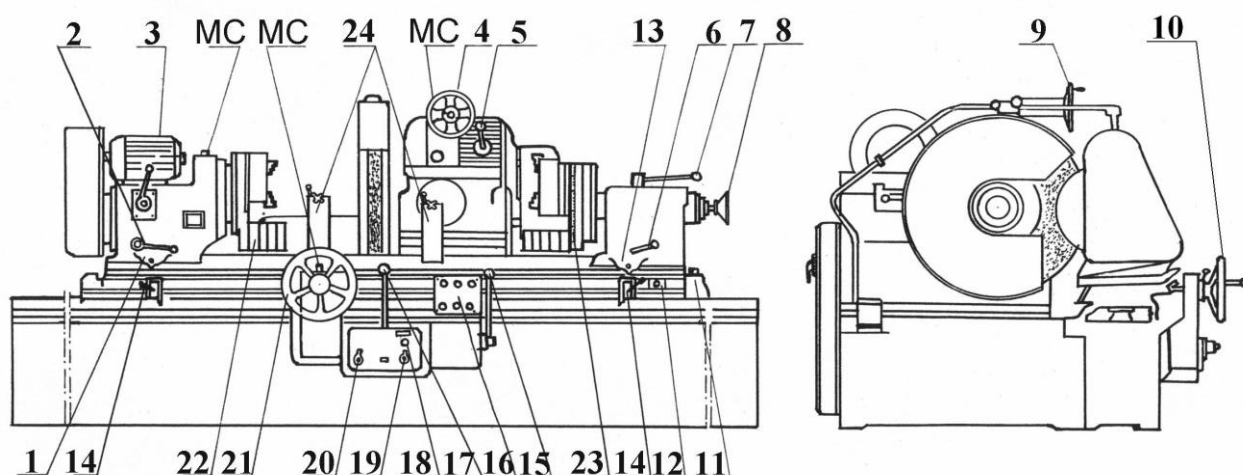


Рисунок 1 – Общий вид станка 3А423:

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.

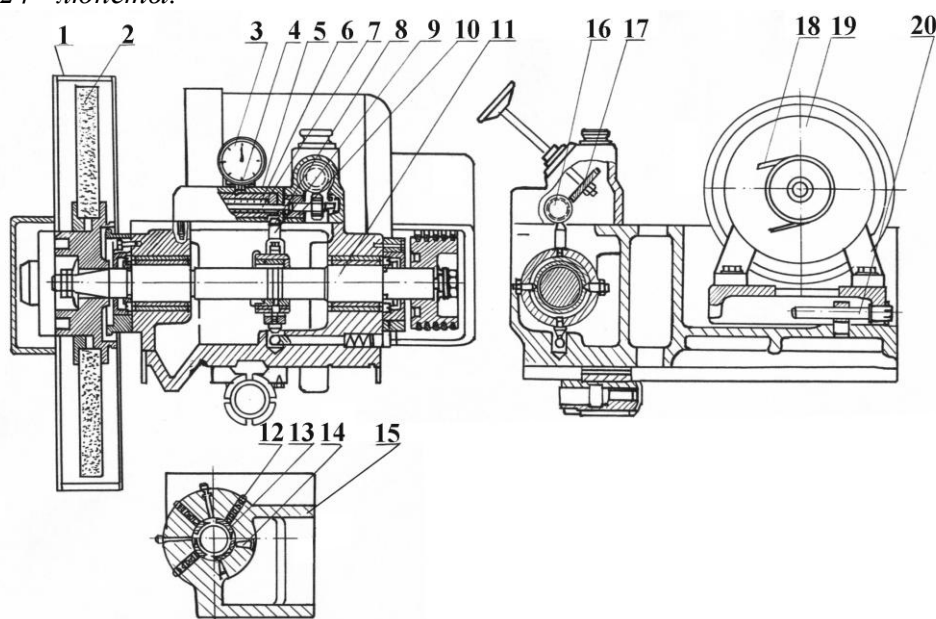


Рисунок 2 – Шлифовальная бабка

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.

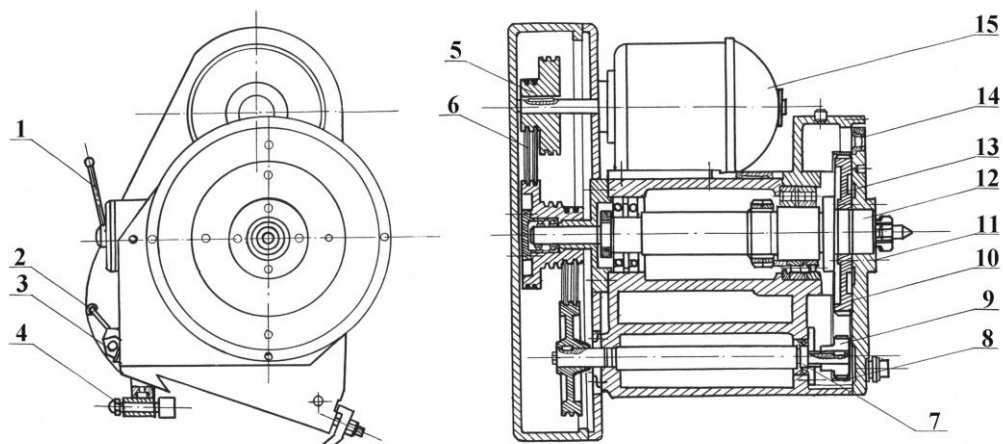


Рисунок 3 – Передняя бабка шлифовального станка:

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.

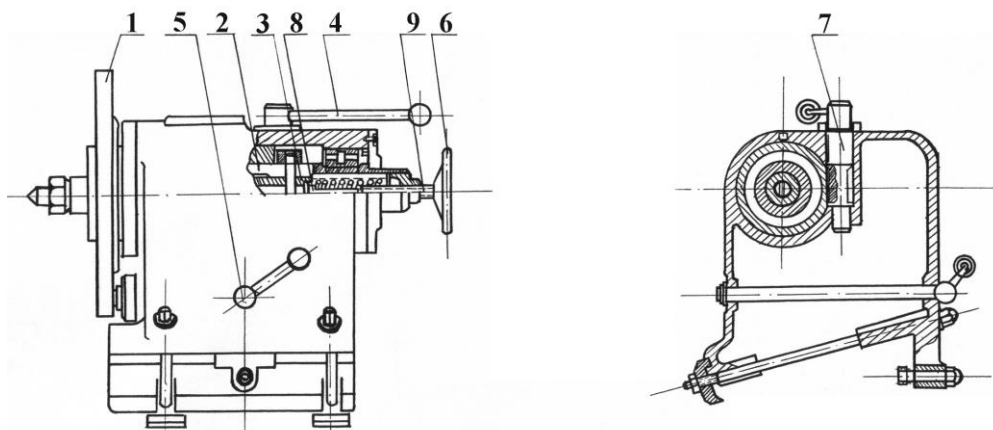


Рисунок 4 – Задняя бабка шлифовального станка:

1 - планшайба; 2 - шпиндель; 3 - пиноль; 4 - рукоятка отвода пиноли; 5 - рукоятка фиксатора; 6 - маховичок; 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 $R = 70^{+0,10}_{-0,05}$.

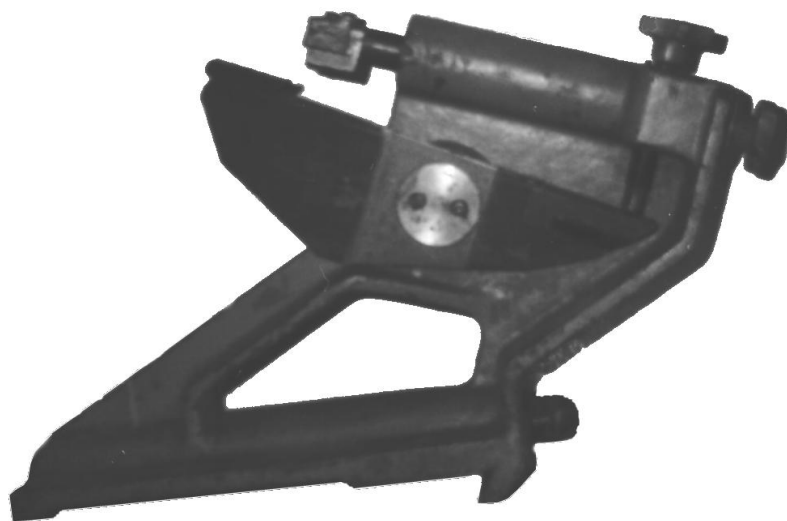


Рисунок 5 – Люнет.



Рисунок 6 – Правильный прибор для радиусной правки круга.

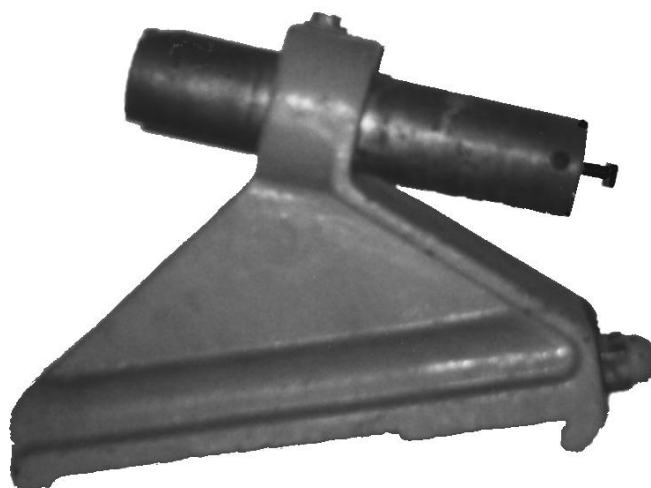


Рисунок 7 – Приспособление для торцевой и периферийной правки круга алмазным карандашом.

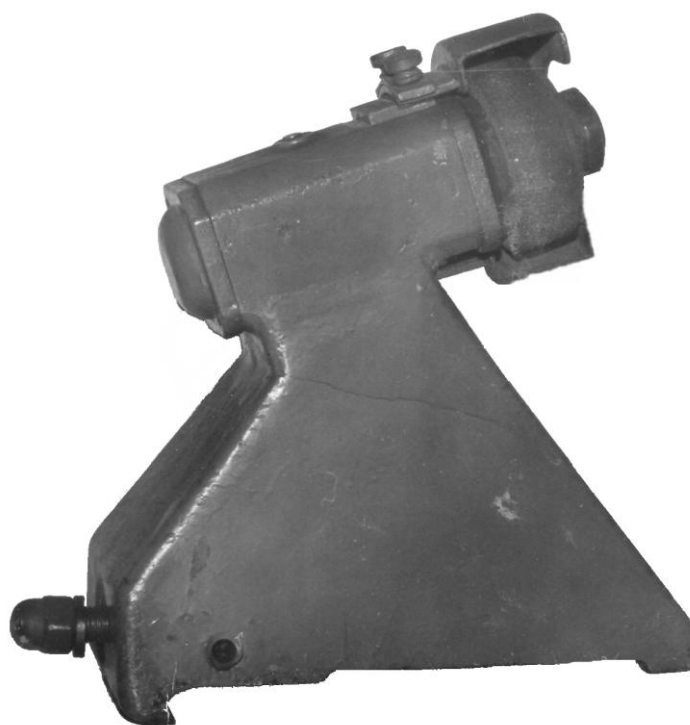


Рисунок 8 – Приспособление для периферийной правки шлифовальным кругом или твердосплавным диском.

Таблица 2 – Диаметр шеек коленчатого вала двигателя А-41М, мм

	Шейки
--	-------

Обозначения размеров	коренные	шатунные
1Н	104,98 ^{-0,015}	88,00 ^{-0,015} ^{-0,030}
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, повернуть 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 повернуть 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.

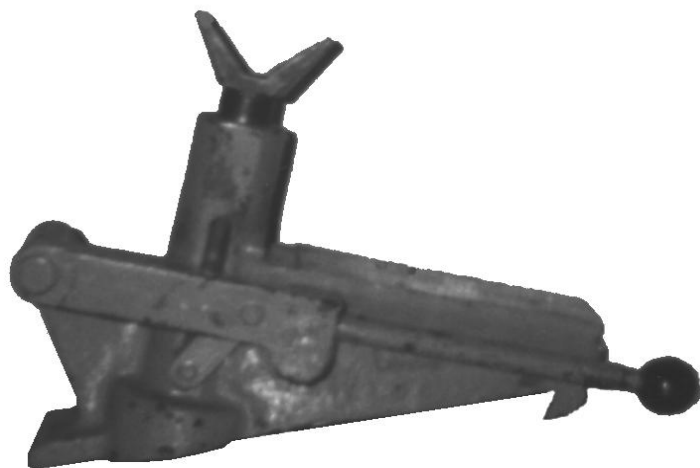


Рисунок 9 – Установочная призма для регулировки положения вала в вертикальной плоскости.

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 шлифованы 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_{ϕ} занести в отчет.

Шлифовать 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:

$$d_{\text{трп}} = d_{\text{мин}} - (a + b + v),$$

где $d_{\text{трп}}$ – теоретический ремонтный размер, мм;

$d_{\text{мин}}$ – наименьший размер изношенной шатунной шейки, мм;

a – овальность, мм ;

b – припуск на неточность установки коленчатого вала, равный 0,1 мм;

v – 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 соприкоснуться. 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 внести в отчет.

20) Изучить схему технологического процесса шлифования шатунных шеек коленчатого вала на ремонтный размер и краткое ее описание привести в отчете.

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

Тема: «Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса»

2.3.1 Цель работы: освоить технологию наплавки деталей под слоем флюса.

2.3.2 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.

2.3.3 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.

2.3.4 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 поперечнике (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.

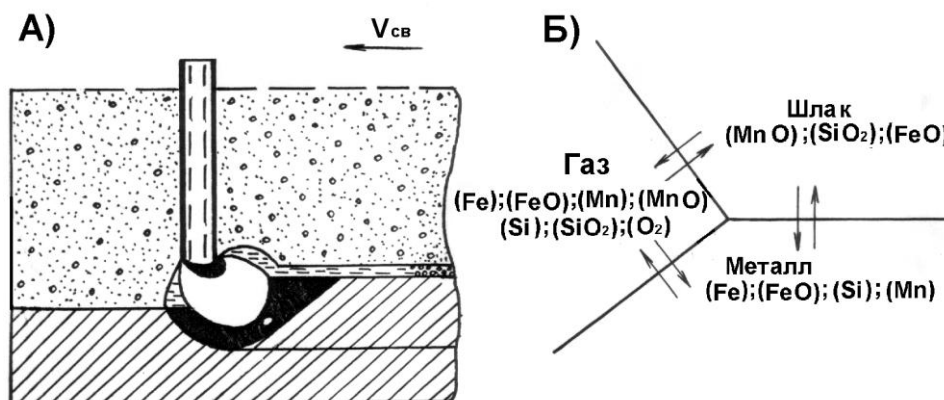


Рисунок 1 – Общая схема взаимодействия металла с газами и шлаком при автоматической сварке под флюсом:

- а – 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 (твёрдость, 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, закреплённую 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 разбрызгивание 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%.

По способу производства флюсы различают на плавленные (АН-348 А, АН-20, АН-28, АН-60, ОСЦ-45) и неплавленные - 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. Плавленные 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 плавными флюсами, приведены в табл. 1.

Неплавные (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, ферротитан, а для образования шлаков - мрамор, известняк, плакиновый шпат, кварц, двуокись титана. При этом отдельные легирующие элементы выполняют роль и легирующих и раскисляющих элементов.

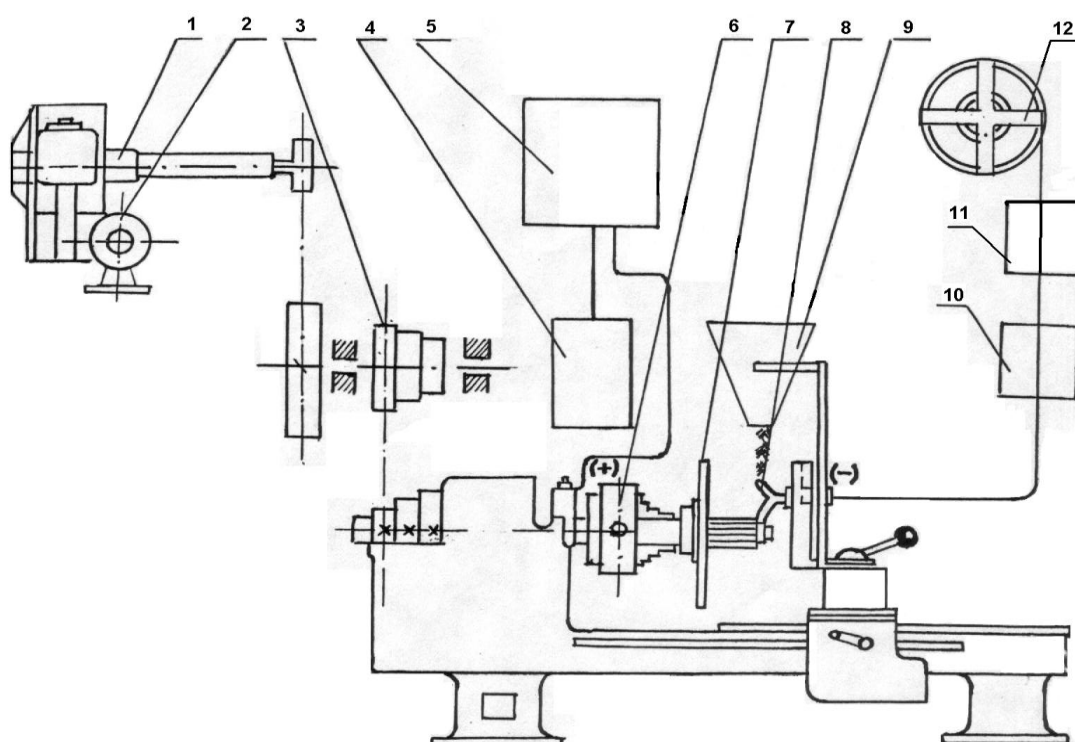


Рисунок 2 – Схема установки для автоматической наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса:

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.

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 «Гайгинский»;
- 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.

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.

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

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 ухудшается 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 $t=350...400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($623...673\text{ }^{\circ}\text{K}$). После остывания затвердевшую смесь измельчить и просеять через сито (9 отверстий на 1 см^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, изготавливаемая 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	А-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...4,00 мин⁻¹, для понижения частоты вращения применяется дополнительный редуктор.

Частота вращения шпинделя станка должна регулироваться в пределах 0,25...4,00 мин⁻¹, для понижения частоты вращения применяется дополнительный редуктор.

С суппорта станка снимается резцедержатель 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 а 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):

$$V_n = \frac{\kappa \cdot J}{g_m},$$

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, мм²; для проволоки диаметром 1,6 мм она может быть принята равной 4...6 мм²;

γ - удельный вес материала наплавки (7,5 г/см³).

8) Частота вращения шпинделя станка (мин⁻¹):

$$n = \frac{V_n}{60 \cdot \pi \cdot D},$$

где D - диаметр детали, м;

V_n - 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.

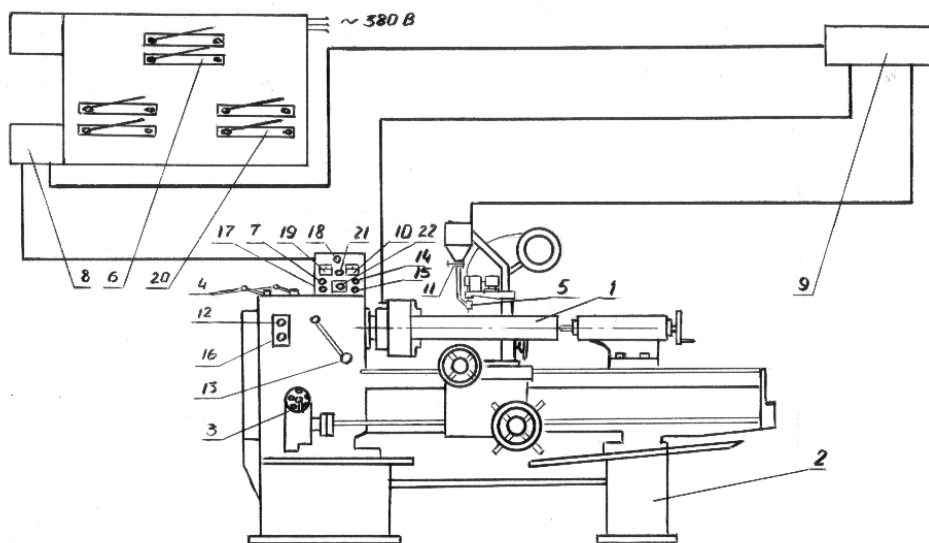


Рисунок 3 – Схема расположения оборудования для наплавки под слоем флюса:

1- деталь; 2- станок токарно-винторезный; 3- рукоятка подачи; 4- рычаг коробки скоростей; 5-наплавочная головка; 6-рубильник щита; 7-кнопка «пуск» преобразователя; 8-магнитный пускатель; 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 охлажден 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).

2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

Тема: «Восстановление деталей машин электролитическим хромированием на установке ОРГ – 1349»

2.4.1 Цель работы: научиться наносить покрытия электролитическим способом, на примере хромирования поршневого пальца.

2.4.2 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.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Ванна для хромирования ОРГ-1349А с контрольными приборами и регулируемыми 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 изолянта, 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. Спецдежда – прорезиненные фартуки, кислотостойкие перчатки, респираторы.

2.4.4 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/мм²), 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.

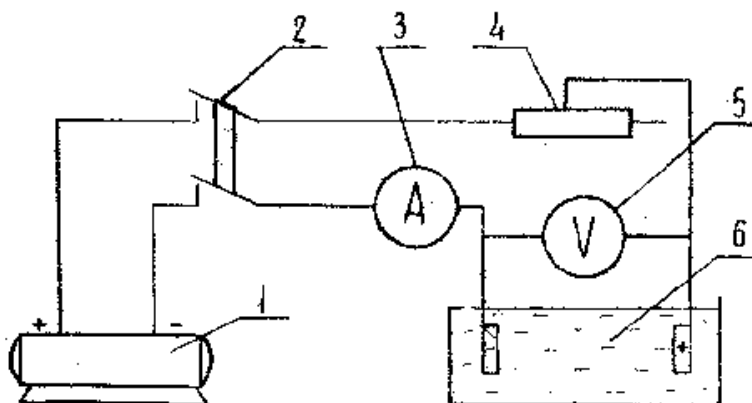


Рисунок 1 – Схема установки для электролитического осаждения металла:

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):

$$Q = C I T,$$

где C - электрохимический эквивалент, Г/А.ч.;

I - ток, А ;

T - время, ч.

Электрохимический эквивалент C 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 определится, 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”, D_k – отношение силы тока I (А) к площади покрываемой поверхности F (дм²):

$$D_k = \frac{I}{F}$$

Величина тока, проходящего через электролит:

$$I = D_k \cdot F$$

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 (ч) определяют по формуле:

$$T = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot h}{D_k \cdot C \cdot \eta}$$

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 SO_4^{2-} или SiF_6^{2-} , источниками которых является серная кислота (H_2SO_4) или кремнефторид калия (K_2SiF_6). В их присутствии на катоде при протекании тока образуется тончайшая коллоидная пленка, при наличии которой осаждается хром. Поэтому необходимо, чтобы отношение $CrO_3:H_2SO_4$ 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 (D_k , 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 ($D_k = 20...30$ А/дм²), при этом следует иметь в виду, что при повышении D_k увеличиваются твердость и хрупкость слоя, а при пониженных значениях D_k 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 ₂ SO 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-твердостью (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 свыше 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/дм^2 ; t - 17...23°C.

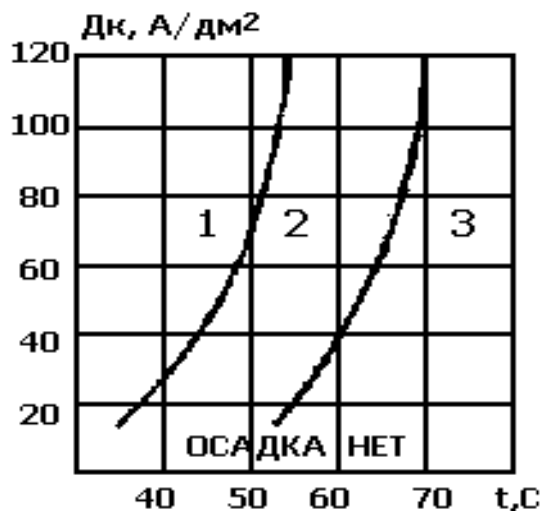


Рисунок 2 – Зависимость качества осадка хрома от условий электролиза:
 1-серый хром; 2-блестящий хром; 3-молочный хром

Этот электролит позволяет получать качественные осадки с большой производительностью (выход по току - 30...35%). Отличительная особенность тетрахроматных электролитов – их малая агрессивность к углеродистым сталям. 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 серноокислый - 18...20. Режим электролиза: Дк - 100...300 А/дм^2 , температура электролита - 18...25°C, однако для достижения такой температуры при высокой плотности тока (до 200 А/дм^2) 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 обезжиривание ее наращиваемой поверхности, от которого во многом зависит прочность сцепления покрытия с деталью. Рекомендуется следующий состав раствора и условия обработки для обезжиривания 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/дм^2 , длительность обработки - 3...10 мин. Скорость электрообезжиривания 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 обезжиривании.

Хромовые ванны основных применяемых в практике электролитов имеют плохую рассеивающую способность - толщина осадков оказывается неравномерной и зависит от положения анода по отношению к детали (катоде): 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 максимально-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; включатель 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 переключки, 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 воздухопровод 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 воздухопровод, 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.

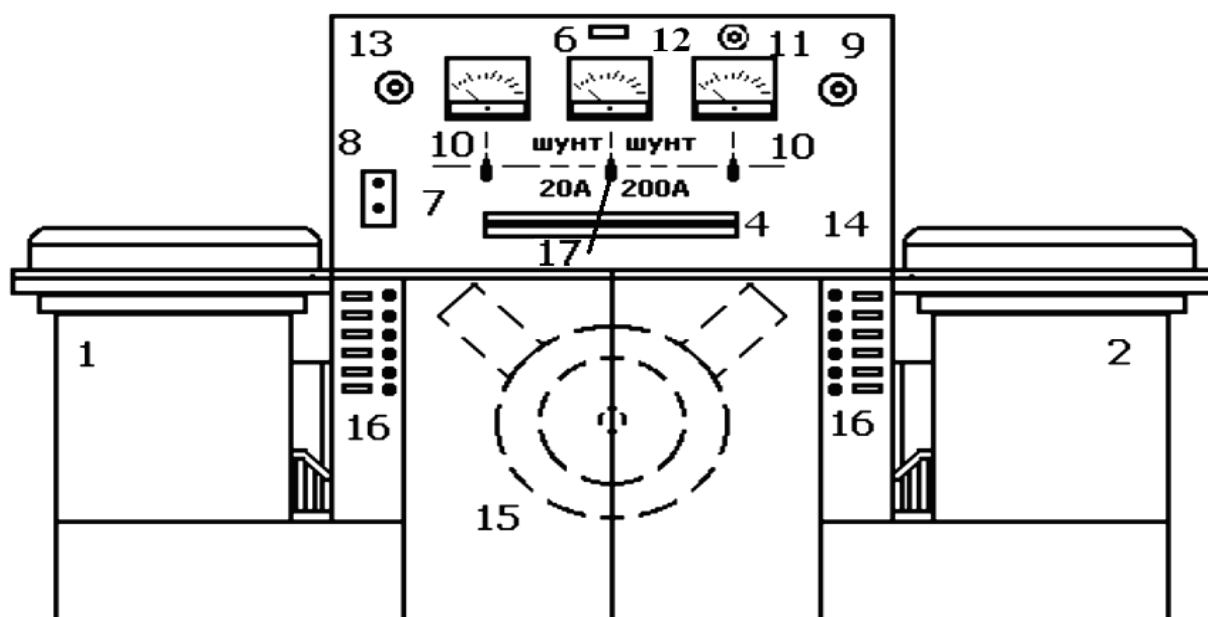


Рисунок 3 – Общий вид установки ОРГ-1349А:

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 (20А, 200А) ванны 2.

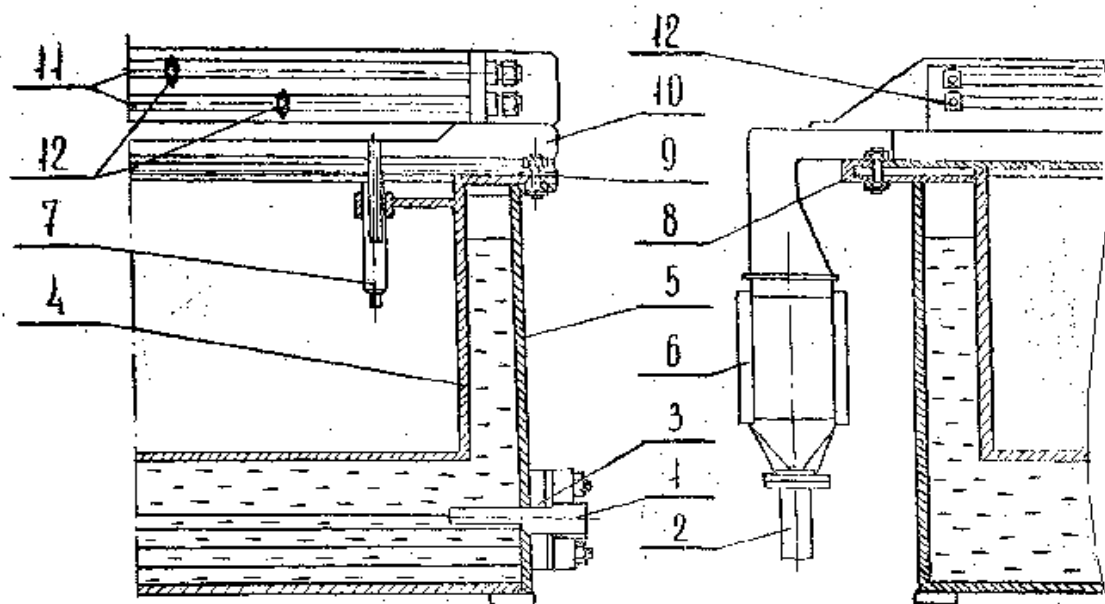


Рисунок 4 – Хромировочная ванна:

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 асбоцементных плитах и укрепленных на левой и правой сторонах стола корпуса. Каждый магазин сопротивлений состоит из шести спиралей, изготовленных из нихромовой 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; обезжиривание 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 целлулоида в ацетоне); монтаж деталей в приспособлениях для завешивания в ванну; обезжиривание – 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.

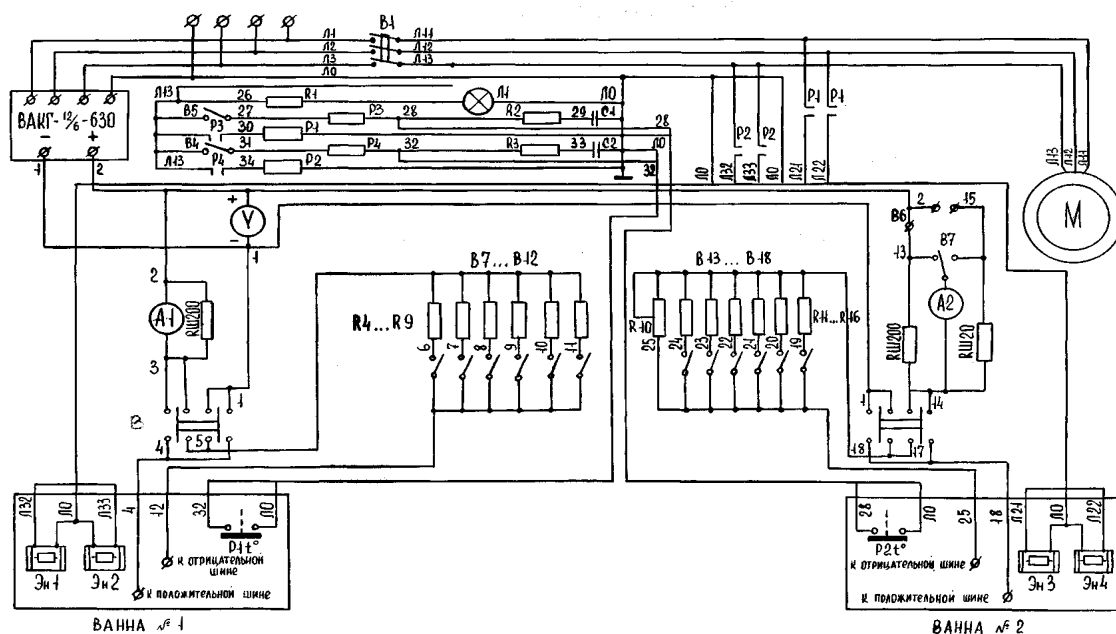


Рисунок 5 – Электрическая схема хромировочной установки ОРГ-1349А:

ВАКТ – 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; V – вольтметр магнитоэлектрический; Л1 – лампа коммутаторная; М – электродвигатель вентилятора; С1, С2 – конденсаторы; Р1, Р2 – магнитные пускатели; Р1_т, Р2_т – реле температуры; Р3, Р4 – электромагнитные реле; R1, R2, R3 – резисторы; R10 – реостат сопротивления ползунковый; R4, R11 – сопротивления 1 Ом; R5, R12 – сопротивления 0,54 Ом; R6, R13 – сопротивления 0,33 Ом; R7, R14 – сопротивления 0,26 Ом; R8, R15 – сопротивления 0,12 Ом; R9, R16 – 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:

- гальваническое отделение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией;
- гальванические 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 CrO₃; 50 г/л натриевой щелочи NaOH; 3 г/л серной кислоты H₂SO₄; 2 г/л сахара. На 15 л электролита необходимо: 5250г CrO₃; 750г NaOH; 45г H₂SO₄; 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

№ эксперимента	РЕЖИМ			
	характеристика электролита	материал основы	продолжительность, 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,	1,24	347,

			40	0	20
1,014	20,28	1,127	180, 30	1,26 0	348, 00
1,030	41,20	1,145	206, 10	1,31 3	459, 60
1,045	62,70	1,163	232, 60	--	--
1,060	84,80	1,181	259, 80	1,43 5	645, 80
1,076	107,60	1,200	288, 00	1,50 5	752, 50
1,093	131,20	1,220	317, 20	1,58 1	869, 60

При необходимости корректировки добавляется ангидрид, количество которого определяется расчетом, например: емкость ванны 10 л; расчетное количество ангидрида - $232 \text{ г/л} \cdot 10 \text{ л} = 2320 \text{ г}$; фактическая плотность электролита - $1,145 \text{ г/см}^3$, что соответствует 206 г/л; тогда количество ангидрида, которым необходимо дополнить ванну, будет равно $(232-206) \cdot 10 = 260 \text{ г}$.

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 макрогеометрии 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 (S_k , дм^2); 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 (D_k , А/дм^2), продолжительность процесса хромирования (T , ч), ток (I , А): $I = S_k \cdot D_k$. 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 мм^2 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 обезжиривания, повесить 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 обезжиривании ($D_k=5\ldots 10 \text{ А/дм}^2$) на площадь поверхности детали ($S_k, \text{ дм}^2$). Произвести обезжиривание 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 $D_a=25\ldots 40 \text{ А/дм}^2$ 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.