

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

**Кафедра технологии материалов и транспорта**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
**О.Г. Локтионова**  
« 9 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА  
АВТОМОБИЛЕЙ**

методические указания к лабораторным работам для студентов  
специальности 23.05.01

Курск 2021

УДК 621.4

Составитель А.А. Толкушев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов *Б.А. Семенихин*

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ:** методические указания к лабораторным работам / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.А. Толкушев. Курск, 2021. 80 с.: ил.. Библиогр.:с. 80.

Содержат методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Основы технологии производства и ремонта автомобилей" Указываются порядок выполнения работ, требования к отчетам и их содержанию. Приведены контрольные вопросы по каждой лабораторной работе. Предназначены для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, специализация "Автомобильная техника в транспортных технологиях"

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Работа № 1. Диагностирование состояния двигателя с помощью компрессометра.	4
Работа № 2 .Оценка технического состояния гильз цилиндров и блоков автотракторного двигателя.	11
Работа № 3. Восстановление гильз цилиндров автотракторного двигателя или блока цилиндров растачиванием под ремонтный размер.	16
Работа № 4. Хонингование гильз цилиндров, блоков двигателя	22
Работа № 5. Оценка технического состояния коленчатого вала автотракторного двигателя	30
Работа №6. Оценка технического состояния распределительного вала автотракторного двигателя	35
Работа №7 Восстановление наплавкой изношенных шеек коленчатых валов.	41
Работа № 8 Восстановление сопряжения «седло – клапан»	48
Работа № 9 Восстановление автомобильных деталей электролитическим хромированием.	55
Работа №10 Восстановление автомобильных деталей электролитическим железнением	64
Работа № 11 Восстановление автомобильных деталей электролитическим меднением	73
Библиографический список	80

# Работа №1

## Диагностирование состояния двигателя с помощью компрессометра

Цель работы: ознакомиться с диагностикой двигателя с помощью измерения компрессии в цилиндрах.

### Основные теоретические положения

Компрессия – это физическая величина, имеющая размерность давления и измеряемая в атмосферах (АТМ), или барах (МПа, мегапаскалях).

Прибор для определения компрессии представляет собой манометр с обратным клапаном и механизмом сброса давления после измерения. гибким шлангом высокого давления и резьбовым наконечником соответствующим свечной резьбе.

Следует различать компрессию и степень сжатия. Степень сжатия – величина относительная, и она представляет собой отношение двух объемов. Полного объема цилиндра ( $V_{\text{п}}$ ) и объема камеры сгорания ( $V_{\text{с}}$ ).

Эта величина показывает, во сколько раз уменьшится объем смеси находящегося в цилиндре, при движении поршня от нижней точки поршня до верхней.

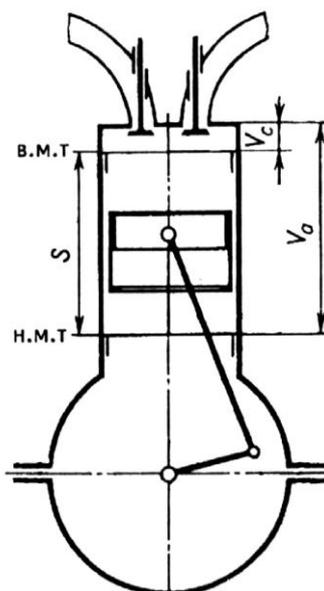


Рис. 1 – Схема для определения степени сжатия двигателя.

В технических характеристиках двигателя чаще всего указывают именно степень сжатия, которая отражает совершенство конструкции двигателя, степень форсированности, способность работать на современных высокооктановых сортах топлива.

Степень сжатия и компрессия связаны между собой, и чем выше степень сжатия, тем больше давление, создаваемое в результате хода поршня. Однако нагрев смеси и её утечка из надпоршневого пространства не дает прямой зависимости между этими величинами. Для грубой оценки величины компрессии можно умножить значение степени сжатия на 1,3. Полученная цифра приблизительно дает представление о нормальной, для данного двигателя, компрессии. Для двигателей автомобилей ВАЗ в отличном состоянии компрессия может достигать 13 МПа, обычным считается 10-11 МПа, при компрессии ниже 8 МПа двигатель нуждается в ремонтном воздействии. Данные по компрессии различных двигателей указаны в приложении 1, 2.

С точки зрения ремонта степень сжатия серьезного значения не имеет, а компрессия является важным диагностическим признаком. Однако информация, полученная, в результате измерения должна быть правильно интерпретирована.

Признаками снижения компрессии являются:

- затрудненный пуск двигателя;
- неустойчивая работа на всех режимах;
- не работают один или несколько цилиндров, при исправной системе зажигания;
- хлопки во впускном или выпускном тракте;
- увеличение расхода топлива и масла.

Причинами, которые приводят к изменению компрессии, могут являться:

- неправильная регулировка клапанов, сильный износ распредвала или повреждение гидрокомпенсаторов тепловых зазоров;
- износ направляющих втулок, деформация стержня клапана;
- прогорание клапана;
- сквозная трещина в головке блока;
- коробление посадочной поверхности головки блока цилиндров;
- прогорание прокладки головки блока;
- износ стенок цилиндра и компрессионных колец;

- сквозное прогорание или частичное разрушение поршня;
- нагар на стенках камеры сгорания и днище поршня.

Установить достоверную причину снижения компрессии можно только после разборки двигателя и дефектации деталей. Однако если это связано с цилиндропоршневой группой, на нормально изношенном двигателе, то добавление 1-1,5 см<sup>2</sup> моторного масла в свечное отверстие увеличит показания компрессометра, а если этого не произошло значит скорее всего снижение компрессии связано с газораспределительным механизмом. Важно также следить за нарастанием давления. Если на первом такте величина давления низкая (0,3 - 0,4 МПа) а при последующих тактах резко возрастает – это свидетельствует об износе поршневых колец (проверяется заливкой масла в цилиндры). Если при первом такте достигается умеренное давление (0,7 - 0,8 МПа) а при последующих тактах эта величина практически не растет, то это косвенно свидетельствует о наличии утечек в сопряжении седло – клапан, прокладках головок блоков, трещине в головке и т.д.

Измерение компрессии можно выполнять как при полностью открытой так и при закрытой дроссельной заслонке и каждый из этих способов определяет свои дефекты.

Если заслонка полностью закрыта, то в цилиндры поступает малое количество воздуха и максимальное давление в цилиндре невелико (порядка 0,6 – 0,8 МПа) из-за малого давления в коллекторе (0,05 – 0,08 МПа вместо 0,1 МПа при полностью открытой заслонке). Вследствие этого величина компрессии в цилиндре оказывается очень чувствительной к утечкам – даже из-за незначительной причины давление сразу падает в несколько раз.

При полностью открытом дросселе этого не происходит. Значительное увеличение количества поступившего воздуха приводит к росту компрессии и утечки, несмотря на их небольшой рост, становятся значительно меньше подачи воздуха. Вследствие этого компрессия даже при серьезных дефектах может не упасть до недопустимого уровня (например, до 0,8 МПа у современного бензинового двигателя).

Измерения компрессии с полностью открытой заслонкой позволяют обнаружить:

- поломки и прогары поршней;
- закоксовывание колец в канавках поршней;

- деформацию или прогар клапанов;
- серьезные повреждения поверхности цилиндров.

Измеряя компрессию с закрытой заслонкой, удастся определить:

- не вполне удовлетворительное прилегание клапана к седлу;
- зависание клапана (из-за неправильной сборки механизма привода клапана с гидротолкателями);
- дефекты (износ тыльной стороны) профиля кулачка распределительного вала в конструкциях с гидротолкателями.

На получение достоверных результатов также влияет процедура измерения. Измерение компрессии следует производить при следующих условиях:

- двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры (температура охлаждающей жидкости не менее 80°C);
- аккумуляторная батарея должна быть полностью заряжена;
- воздушный фильтр должен быть чистым (лучше его на время измерения компрессии удалить или отстыковать воздушную магистраль);
- дроссельная заслонка должна быть полностью открыта;
- подача бензина должна быть отключена;
- все свечи зажигания должны быть вывернуты.

#### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Отвертка 175×0,7 ГОСТ 24437-80, ключ гаечный 8×10 ГОСТ 2838-80.
2. Ключ свечной 20,5 мм, вороток.
3. Компрессометр.

#### **Последовательность выполнения:**

1. Прогреть двигатель до рабочей температуры.
2. Вынуть воздушный фильтр или отключить магистраль подачи воздуха.
3. Отключить систему зажигания. Отстыковать от прерывателя провод подачи низкого напряжения на катушку зажигания. Отключить коммутатор.
4. Вывернуть все свечи.
5. Отключить подачу топлива. (В двигателях с механическим бензонасосом отстыковать от него подающую топливную

магистраль и заглушить её. Если бензонасос электрический – обесточить реле насоса).

6. Установить рычаг переключения передач в нейтральное положение и затянуть стояночный тормоз. (В автомобилях с автоматической трансмиссией установить рычаг селектора в положении «Р».)

7. Несколько раз провернуть двигатель стартером для удаления из цилиндров остатков нагара и копоти.

8. Присоединить компрессометр к первому цилиндру и при полностью выжатой педали газа провернуть двигатель стартером в течение 4 – 5 секунд. При этом зафиксировать нарастание давления по компрессометру.

9. Поочередно проверить компрессию в остальных цилиндрах.

10. Полученные данные свести в таблицу 1, сделать вывод о состоянии двигателя, построить график нарастания давления в зависимости от числа тактов сжатия.

Таблица 1

## Изменение компрессии в конце тактов сжатия

№ цилиндра	Значение компрессии в конце такта сжатия, МПа					
	такт 1	такт 2	такт 3	такт 4	такт 5	такт 6
Измерение с закрытой дроссельной заслонкой						
цилиндр 1						
цилиндр 2						
цилиндр 3						
цилиндр 4						
Измерение с открытой дроссельной заслонкой						
цилиндр 1						
цилиндр 2						
цилиндр 3						
цилиндр 4						

Аналогично проводят замер компрессии в дизельных двигателях, однако необходимо сделать следующее:

- для отключения подачи топлива необходимо отжать вниз рычаг отсечки, расположенный на насосе высокого давления либо обесточить электромагнитный клапан прекращения подачи топлива, расположенный на топливной магистрали;

- подключать компрессометр к камере сгорания через отверстия для вворачивания форсунок или свечей накаливания в зависимости от удобства.

Для большинства дизелей нет необходимости выжимать педаль акселератора, поскольку дроссельная заслонка отсутствует. Исключение составляют двигатели, снабженные клапаном во впускном трубопроводе для создания разряжения используемого для вакуумного усилителя тормозов и вакуумного регулятора.

Таблица 2

Бензиновые двигатели (технические данные некоторых двигателей)				
Марка автомобиля	Объем /код двигателя	Год выпуска	Компрессия, МПа	Степень сжатия
AUDI 80	1,8 л/RU	1986 - 1991	9-12	9:1
AUDI 100	2,0 л/RT	1988-1991	8-14	10:1
BMV318i	1,8л/184E1	1987-1993	10-11	8,6:1
BMV520i	2,0л/206EE	1988-1990	10-11	9:1
BMV750i	5,0л/5012A	1987-1994	10-12	8,8:1
Jeep Wrangler	4,0л/242CID	1992-1996	8,27-10,34	8:1
Jeep Grand Cherokee	5,2л/-	1993-1996	7	8,4:1
Ford Escort	1,3л/JLA	1986-1989	12,2-14,3	9,5:1
Ford Scorpio	2,0л/N8D	1989-1993	11-13	9,2:1
Ford Transit	2,0л/NAT	1985-1991	10-12	8,2:1
Honda Civic	1,5л/D15B3	1988-1991	9,5-13	8,4:1
Honda Accord	2,0л/F20A5	1990-1993	9,3-12,3	8,5:1
Hyundai Lantra	1,8л/J4-N	1992-1996	12	-

ISUZU Trooper	3,2л/6VD1	1992-1996	12	-
Mercedes-Benz 190	2,0л/102.924	1984-1990	8,5-12	9:1
Mercedes-Benz 230 CE	2,3л/102.982	1987-1993	10-12	9:1
Mercedes-Benz 300 E	3,0л/103.98315	1985-1993	15-17	8,8:1
Seat Ibiza	1,6л/ABU	1993-1996	10-15	-
Toyota Corolla 1.6	1,6л/4A-F	1987-1992	10-13.5	10:1
Opel Monterey	3,2л/6UD1	1993-1995	12	-
VW Golf / Jetta	1,6л/EZ/EZA/ABN	1985-1992	9-12	9:1
VW Passat	1,6л/EZ/RF/ABN	1988-1992	9-12	9:1
Volvo 240	2,3л/B230K	1987-1991	9	10,3:1
Volvo 960	2,5л/D6254F	1995-1996	13-15	-

Таблица 3

Дизельные двигатели (технические данные некоторых двигателей)				
Марка автомобиля	Объем/код двигателя	Год выпуска	Компрессия, МПа	Степень сжатия
Audi 80 D	1,6 л / jk	1986-89	34,0	23:1
Audi 100 D	2,4 л / NJ	1991-94	26,0 – 34,0	23:1
BMW 318 tds	1,7 л / 174T	1994-97	20,0 min	22:1
BMW 524 td	2,4 л / 246 TA	1983-88	20,0 min	22:1
Jeep Cherokee 2.5 TD	2,5 л	1995-97	24,0-26,0	21:1
Ford Scorpio 2,5 TD	2,5 л/SFA/SFB	1989-94	20,0-25,0	21:1
Ford Transit 2.5D	2,5 л / 4BC/4CC	1991-94	33,8	19:1

MAZDA 626 260 D	2,0 л /RF-CX	1987-92	26,5-29,4	22,2:1
Mercedes- BENZ 190 D	2,0 л /601.911	1983-88	26,0-32,0	22,0:1
Mercedes- BENZ 250 D	2,5 л / 602.912	1985-88	26,0-32,0	22,0:1
NISSAN Patrol	2,8 л / RD 28T	1989-94	24,5-30,4	21,2:1
Toyota Corolla 1,8D	1,8 л / 1C	1987-92	24,5-29,4	23,0:1
VW 608f/Jetta 1,6 D	1,6 л / CR	1980-90	34,0	23,5:1
VOLVO 240D	2,4 л / D24	1979-85	28,0-31,0	23,5:1

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика определяемых дефектов. Применяемое оборудование, инструмент.

2. Таблица измеренных величин. Графики нарастания давления в цилиндрах при измерении с закрытой и открытой дроссельной заслонкой.

3. Вывод о техническом состоянии двигателя и предлагаемые ремонтные воздействия.

## **Работа №2**

### **Оценка технического состояния гильз цилиндров и блоков автотракторного двигателя.**

Цель работы: освоить способы и приемы определения технического состояния гильз цилиндров, поступающих в капитальный ремонт.

#### **Основные теоретические положения**

Гильза цилиндра двигателя УАЗ-469 или блока цилиндров изготовлена из серого чугуна СЧ-18 ГОСТ 1412-85 и имеет

твердость рабочей поверхности порядка 197...225 НВ. Гильза цилиндра запрессовывается в цилиндр двигателя. Пространство, ограниченное внутренним диаметром гильзы, и днищем поршня при его нахождении в мертвых точках образует рабочий объем цилиндра.

Гильза цилиндров (или блок цилиндров) воспринимает значительные нагрузки, обусловленные температурными, химическими и механическими факторами.

Во внутреннем объеме цилиндра происходит сгорание топливовоздушной смеси; при этом максимальное давление достигает 10...11 МПа, а температура достигает 1800...2000°C. В то же время температура охлаждающей жидкости, омывающей наружную поверхность гильзы, составляет 80...90°C. Сгорающие газы являются агрессивной средой, что обуславливает коррозию внутренних стенок, особенно вблизи верхней мертвой точки.

Износ внутренней поверхности гильзы возникает в результате контакта стенок с поршневыми кольцами и в некоторой степени с поршнем. Износ характерен для 100% гильз, поступающих в ремонт, а его развитию способствуют условия работы цилиндропоршневой групп: высокая температура, ограниченная смазка, значительные контактные напряжения и высокие скорости скольжения контактирующих поверхностей. С этой точки зрения наиболее нагруженным участком является верхняя часть гильзы, в месте остановки поршневых колец. Здесь происходит изменение направления движения поршня, его перекидка, но в отличие от нижней мертвой точки влияние факторов, увеличивающих износ здесь максимально. В результате образуется следующая картина износа стенок цилиндра по высоте (рис. 1):

Задиры, продольные риски и царапины образуются на поверхности стенок гильзы в случае попадания в цилиндр твердых частиц пыли (с воздухом и топливом) и при аварийной работе двигателя. Аварийные ситуации при работе двигателя могут возникнуть в результате следующих причин:

1. при попадании в цилиндр обломков деталей газораспределительного механизма (при разрушении направляющих втулок и клапанов);

2. при работе двигателя при неправильно выставленном угле зажигания, на богатой или бедной смеси, на топливе несоответствующего качества.

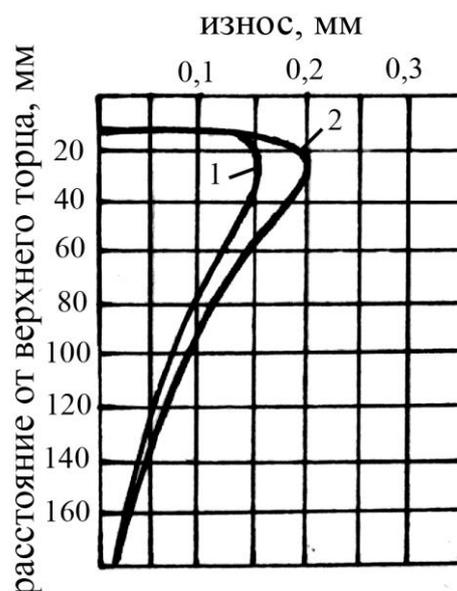


Рис. 1. – Предполагаемый характер износа внутренней поверхности гильзы цилиндра: 1 – параллельно оси коленчатого вала; 2 – перпендикулярно оси коленчатого вала.

3. при перегреве двигателя;
4. при разрушении деталей цилиндропоршневой группы и (или) нарушении сопряжения шатун - поршневой палец – поршень;
5. при попадании в больших количествах жидкости в воздушный тракт – гидроудар.

Перечисленные причины возникновения дефектов описываются характерными повреждениями стенок цилиндра в сочетании с повреждениями других деталей цилиндропоршневой группы.

Реже при эксплуатации возникают дефекты других поверхностей гильзы: износ посадочных поясков и деформация торцевой поверхности буртика. Крайне редко образуются отколы или трещины, обусловленные, как правило, неграмотной эксплуатацией или ремонтом.

#### **Оборудование, оснастка и инструмент:**

1. Стол лабораторный.
2. Нутромер индикаторный с диапазоном измерения 60...120 мм 1 класса точности НИ 100-160-1 ГОСТ 862-82.
3. Микрометр с диапазоном измерения 75...125 мм МК-125-1 ГОСТ 162-90.
4. Штангенглубиномер ШГ-200 ГОСТ 162-90.
5. Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.

6. Лупа однолинзовая текстильная с оптикой из стекла увеличителя ЛТ-1-6 ГОСТ 25706-83.

### Последовательность выполнения

1. Установить гильзу цилиндра на лабораторном столе. Измерить диаметры посадочных поясков. Результаты занести в табл.1.

Таблица 1

Результаты измерения диаметра посадочных поясков

Место измерения		Измерения				
		1	2	3	4	5
Верхний посадочный поясок	Параллельно оси коленчатого вала					
	Перпендикулярно оси коленчатого вала					
	Овальность					
Нижний посадочный поясок	Параллельно оси коленчатого вала					
	Перпендикулярно оси коленчатого вала					
	Овальность					
Заключение						

2. Измерить диаметры отверстия гильзы цилиндра (рис.2).

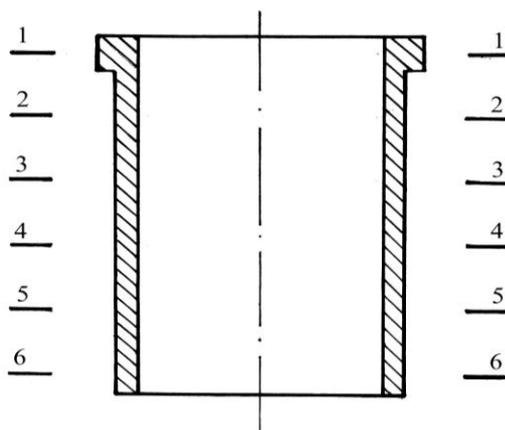


Рис.2. – Схема измерения диаметра внутренней поверхности гильзы цилиндра.

Выявить характер износа параллельно и перпендикулярно оси коленчатого вала. Занести в табл.2 и табл.3.

Таблица 2.

## Результаты измерения отверстия гильзы цилиндра

Измерение		Замер			Среднее значение
Сечение	Относительно оси коленчатого вала	1	2	3	
1-1	Параллельно				
	Перпендикулярно				
2-2	Параллельно				
	Перпендикулярно				
3-3	Параллельно				
	Перпендикулярно				
4-4	Параллельно				
	Перпендикулярно				
5-5	Параллельно				
	Перпендикулярно				
6-6	Параллельно				
	Перпендикулярно				

Таблица 3

## Результаты измерений отверстий гильз цилиндра

Место измерения	Замер				
	1	2	3	4	5
Верхняя часть гильзы					
Овальность					
Нижняя часть гильзы					
Овальность					
Конусообразность					
Заключение о назначенном ремонтном размере					

3. Выявить характерные повреждения гильзы цилиндра и причины их появления. Занести в табл.4.

Характерные повреждения гильз

Наименование дефекта	Характеристика дефекта и причина его появления	Заключение

**Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика гильзы цилиндров и ее дефектов.
2. Таблицы измеренных величин. Схемы измерений.
3. Применяемое оборудование, оснастка и инструмент.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение гильзы цилиндра. Характерные повреждения гильз.
2. Способы выявления дефектов гильзы цилиндров.
3. Применяемое оборудование, оснастка и инструмент.

**Работа №3**

**Восстановление гильз цилиндров автотракторного двигателя или блока цилиндров растачиванием под ремонтный размер.**

Цель работы: ознакомиться с операцией растачивания для восстановления гильзы цилиндра или блока цилиндров для восстановления их обработкой в ремонтный размер.

## Основные теоретические положения

Гильза цилиндра двигателя УАЗ–469 изготовлена из серого чугуна СЧ–18 ГОСТ 1412 – 85, имеет твердость рабочей поверхности 197 – 225 НВ.

Особенностью растачивания гильз при восстановлении является неравномерность припуска, обусловленная характером износа. Минимальная величина двухстороннего припуска:

$$2Z_{\min} = (D_p - 2Z_{\text{хон}}) - (D_n - I), \quad (1)$$

а максимальная величина двухстороннего припуска равняется ремонтному интервалу за вычетом припуска на хонингование:

$$2Z_{\max} = (D_p - 2Z_{\text{хон}}) - D_n \quad (2)$$

где  $D_p$  – ремонтный размер, мм;

$D_n$  – размер в начале эксплуатации (номинальный или ремонтный), мм;

$I$  – максимальный износ рабочей поверхности, мм;

$2Z_{\text{хон}}$  – двухсторонний припуск на последующее хонингование (0,06...0,08) мм.

Значения стандартных ремонтных размеров, установленные для гильзы цилиндра двигателя УАЗ–469, определяют величину ремонтного интервала 0,5 мм. Это обуславливает максимальную величину одностороннего припуска на растачивание за один проход при максимальной глубине резания  $t = 0,22$  мм.

Режим растачивания должен обеспечивать параметр шероховатости  $R_a = 1,25...5,0$  мкм, что достигается при скорости резания  $V = 60...80$  м/мин и подаче  $S = 0,05-0,10$  мм/об резцом с пластинкой из твердого сплава ВК-3М.

Растачивание производится на вертикальном алмазно-расточном станке модели 2А78, обеспечивающем требуемую точность растачиваемого отверстия. Гильза цилиндра устанавливается в специальном приспособлении с базированием по верхнему и нижнему посадочным поясам. После центрирования по оси шпинделя станка гильза цилиндра закрепляется в приспособлении. Центрирование осуществляется с помощью шаровой оправки и индикатора приспособления (рис.1).

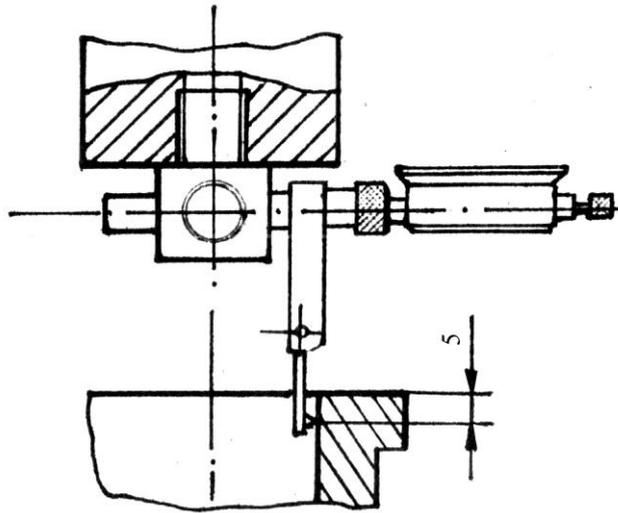


Рис. 1. – Схема центрирования гильзы при помощи индикаторного приспособления.

Настройка режущего инструмента производится с учетом диаметра шпинделя  $D_{ш}$  (рис.2)

$$A = \frac{D + D_{ш}}{2} \quad (3)$$

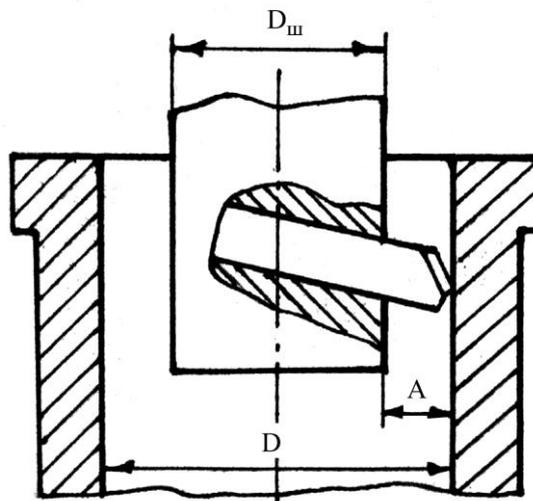


Рис. 2. – Схема настройки режущего инструмента.

После установки резца на размер растачивания и подвода к обрабатываемой поверхности на расстояние 2-3 мм (величина врезания  $l_{вр}$ ) включают станок, предварительно настроенный на соответствующую частоту вращения шпинделя, согласно выбранной скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1} \quad (4)$$

скорректированную по паспорту станка (при выбранной подаче).

После завершения обработки поверхности по всей длине  $l$  шпиндель, пройдя некоторое расстояние (величина перебега  $l_{пер} = 2...3$  мм) автоматически отключается.

Качество поверхности расточенного отверстия контролируется сравнением с образцом шероховатости.

Время, затрачиваемое на обработку поверхности (машинное время), определяется отношением пути ( $L$ ), пройденного резцом, к частоте вращения ( $n$ ) с учетом подачи ( $S$ ):

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ мин} \quad (5)$$

где

$$L = I + I_{сп} + I_{пер} \quad (6)$$

Вспомогательное время, связанное с установлением и снятием детали с переходом и измерениями, устанавливается по общемашинностроительным нормативам времени для технического нормирования станочных работ.

Оперативное время представляет собой сумму основного (машинного) и вспомогательного времени:

$$t_{он} = t_0 + t_в \quad (7)$$

### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Станок вертикально-расточной 2А78 с принадлежностями.
2. Приспособление специальное для установки и крепления гильзы на столе станка.
3. Резец проходной с пластиной из твердого сплава ВКЗМ с углом  $\varphi = 45^\circ$  ГОСТ 18882 - 73
4. Шаровая оправка и специальное индикаторное приспособление для центрирования гильзы.
5. Микрометры МК-75-1 и МК-125-1 по ГОСТ 6507-90.
6. Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.
7. Нутромер индикаторный НИ 100-160-1 ГОСТ 868-82.
8. Образцы шероховатости по чугуноу  $R_a=1,25$  мкм.
9. Ключи гаечные 17×19 и 22×24 по ГОСТ 2889-80.
10. Отвертка 175×0,7 ГОСТ 24437-80.
11. Секундомер.

### Последовательность выполнения:

1. Штангенциркулем произвести измерение внутреннего диаметра гильзы цилиндра, подлежащей растачиванию (в верхней части на расстоянии 5...10 мм от торца  $D_H$ ).

2. Настроить индикаторный нутромер на полученный размер и произвести измерение максимального диаметра гильзы, образовавшегося вследствие износа в верхней части гильзы (на расстоянии 12...15 мм от верхнего торца гильзы  $D_H + I$ ).

3. По фактическому значению максимального диаметра определить ближайший ремонтный размер для восстановления рабочей поверхности гильзы (стандартной или учебной). Учебный ремонтный размер образовывается путем прибавления к 3-му ремонтному размеру величины, кратной ремонтному интервалу – 0,5 мм.

4. Определить размер  $A$  для настройки резца, приняв диаметр шпинделя  $D_{ш} = 73$  мм.

5. Ознакомиться с устройством и управлением расточного станка 2А78 по паспорту и натуральному образцу.

6. Установить гильзу в приспособлении, проверить точность центрирования гильзы относительно оси шпинделя с помощью шариковой оправки и индикаторного приспособления (см. рис. 2).

7. По вычисленному значению размера  $A$  установить резец в шпинделе станка, сняв предварительно центровочную оправку.

8. Выполнив необходимые расчеты, назначить режим обработки, результат занести в табл. 1. Пользуясь таблицей настройки, установить режимы резания (выполняет учебный мастер).

Таблица 1.

Параметры режима растачивания.

D <sub>p</sub> , мм	Z <sub>max</sub> , мм	Z <sub>min</sub> , мм	A, мм	V, м/мин	S, мм/об	n, мин <sup>-1</sup>	L, мин	z, мм	t <sub>0</sub> , мин		t <sub>оп</sub> , мин	
									расч.	факт.	расч.	факт.

9. Установить резец на врезание и запустить станок (выполняет учебный мастер). После завершения растачивания выключение станка производится автоматически.

10. Пользуясь секундомером, зафиксировать время от момента включения станка до его выключения. Полученную величину сравнить с расчетной  $t_0$ .

Таблица 2.

## Характеристика обрабатываемого отверстия

Измерения		Значение измеряемого параметра
Сечение	Относительно оси коленчатого вала	
Верх	Параллельно	
	Перпендикулярно	
Середина	Параллельно	
	Перпендикулярно	
Низ	Параллельно	
	Перпендикулярно	
Овальность		
Конусообразность		
Бочкообразность или седлообразность		

11. Отвести шпиндель в исходное положение и снять гильзу. Индикаторным нутромером произвести измерение диаметра расточенной поверхности в 3-х поясах и 2-х взаимно перпендикулярных направлениях. Результаты занести в табл. 2.

12. Сравнить шероховатость расточенной поверхности с образцом шероховатости  $R_a = 1,25$  мкм. Сделать вывод.

13. Оформить операционную карту согласно форме 3 ГОСТ 3.1404–86 и карту эскизов по форме 2 ГОСТ 3.1105–84.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика объекта растачивания, применяемого оборудования, приспособлений, инструмента.

2. Таблица расчетных величин и обоснование их значений. Необходимые расчеты.

3. Операционная карта обработки и карта эскизов.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение операции растачивания рабочей поверхности гильз цилиндра.

2. Суть наладки вертикально-расточного станка и обеспечение точности растачивания.
3. Последовательность действий при назначении режима растачивания.
4. Способы и средства контроля качества растачивания.

## **Работа № 4**

### **Хонингование гильз цилиндров, блоков двигателя**

Цель работы: ознакомиться с операцией хонингования оценкой качества поверхности и контроля размеров гильзы цилиндра двигателя или блока при восстановлении способом ремонтных размеров.

#### **Основные теоретические положения**

Хонингование является завершающей операцией обработки рабочей поверхности гильзы цилиндра как при изготовлении, так и при восстановлении способом ремонтных размеров.

Основное назначение хонингования – уменьшить параметр шероховатости поверхности после растачивания до значения  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм при сохранении микротвёрдости и структуры поверхностного слоя. Кроме того, повышается точность формы и размеров (IT 6...IT 8), а также несущая способность и остаточные сжимающие напряжения. Однако в процессе хонингования не устраняются пространственные отклонения положения оси отверстия, полученные при предыдущей операции - растачивания.

Хонингованием обрабатывают детали как из чугуна, так и из стали, что позволяет использовать этот вид обработки при восстановлении рабочей поверхности гильзы способом дополнительной ремонтной детали (гильзованием стальными вставками из стали 65Г ГОСТ 1050-88).

Высокое качество рабочей поверхности гильзы цилиндра, полученное при хонинговании, обеспечивает необходимые эксплуатационные свойства, существенно уменьшая износ в период приработки двигателя, что способствует повышению долговечности деталей цилиндропоршневой группы.

Параметр шероховатости после хонингования достигается путём снятия припуска, оставшегося после растачивания, в два приёма: предварительное и окончательное хонингование – плосковершинное хонингование. При предварительном хонинговании с помощью достаточно крупнозернистых брусков (100...120 мкм) создается основная шероховатость поверхности, при которой глубина впадин сравнительно велика и достигает 20...30 мкм. Затем мелкозернистыми брусками (16...40 мкм) производится заглаживание выступов, вследствие чего образуются опорные поверхности. Съем металла на финишной операции составляет 3...5 мкм, а профиль поверхности получает вид (рис. 1), близкий к профилю уже работавшей поверхности.



Рис. 1. – Профили поверхности цилиндра: а – при хонинговании одним бруском; б – при плосковершинном хонинговании или после приработки.

Для условий массового или крупносерийного производства это обеспечивается, соответственно, двумя операциями, выполненными на отдельных станках, настроенных на соответствующий режим.

Для условий мелкосерийного или единичного производства (выполняемая лабораторная работа) предварительное и окончательное хонингование выполняется на одном станке как единая операция, содержащая два соответствующих прохода, отличающихся абразивными брусками и режимом обработки. Припуск для предварительного хонингования составляет 0,05 мм, для окончательного - 0,02 мм.

Впадины основной шероховатости должны иметь не только глубину, но определенные углы раскрытия. Угол впадины имеет важное значение для маслоудержания, причем далеко не всегда более широкие впадины с большим объемом удерживают большее количество масла (рис. 2).

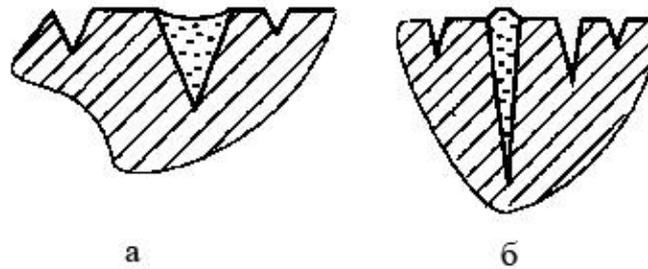


Рис. 2. – Влияние угла раскрытия впадины на смазывающую способность цилиндра: а – при большом угле раскрытия впадины масло уходит от поверхности цилиндра; б – при меньшем угле раскрытия масло выступает над поверхностью за счет сил поверхностного натяжения.

Профиль основной шероховатости, в том числе и угол раскрытия впадин, во многом определяется характеристикой абразивных брусков, используемых при хонинговании, а также режимом хонингования (частота вращения, давление брусков на стенки, смазка поверхности).

Для хонингования чугуна применяются бруски шлифовальные по ГОСТ 2456-82: для предварительного - БП 13х15х150 63СМ4С С2-33 7БА, для окончательного - БП 13х15х150 63С М23 С2-33 7БА, различие для которых - в зернистости.

Для окончательного хонингования зернистость меньше. В обозначении брусков учитывается ширина, высота и длина в мм, материал - карбид кремния зелёный марки 63С, зернистость - М-40 или М-28, степень твёрдости - С2, звуковой индекс - 33, номер структуры - 7, вид связки - Б (бакелитовая), класс точности - А. В последнее время широко стали использоваться алмазные бруски, имеющие стойкость в 100...200 раз больше.

При хонинговании в резании одновременно участвует большое число абразивных зёрен, в результате чего обеспечивается высокая производительность, низкое давление и температура в зоне резания и, как следствие, сохранение исходной структуры поверхностного слоя. Бруски работают в условиях самозатачивания и не требуют правки.

Шлифовальные бруски размещаются в хонинговальной головке (рис.3). Процесс обработки начинается с быстрого выдвижения брусков до касания с поверхностью отверстия после ввода инструмента в отверстие; подача брусков с малым радиальным давлением 1,2...1,5 МПа для снятия оставшегося

припуска; быстрый отвод брусков перед выводом инструмента из отверстия. Для окончательного хонингования в конце цикла производится выглаживание при давлении 0,2...0,4 МПа. При обработке тонкостенных деталей, какой является гильза цилиндров, давление брусков обеспечивается принудительной радиальной подачей брусков.

В процессе обработки хонинговальная головка совершает вращательное и возвратно-поступательное движения, в результате которых на обработанной поверхности абразивными зёрнами образуются царапины, направленные под углом к образующей (угол хонингования).

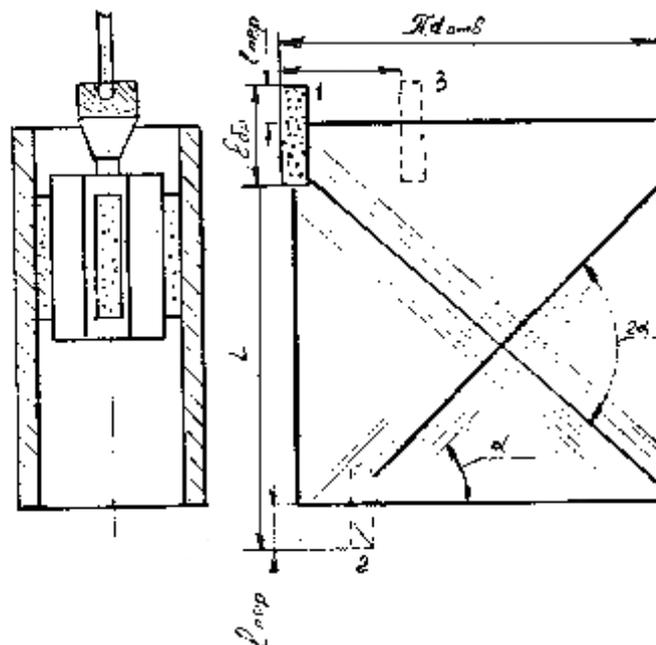


Рис. 3. Схема процесса хонингования и развёртка сетки следов обработки (угол хонингования).

Угол хонингования является очень важным параметром поверхности цилиндра. При малом угле не удастся добиться необходимого профиля поверхности, что ведет к "сухому" трению и задиру колец и цилиндров. Большой угол обычно дает возрастание расхода масла. Оптимальное значение угла хонингования обычно составляет  $60...75^\circ$ .

Значение угла хонингования определяется соотношением скоростей возвратно-поступательного и вращательного движения головки, т.е. режимом хонингования. Назначение режима хонингования начинают с выбора скорости возвратно-поступательного движения головки, которая определяется

величиной хода хонинговальной головки и числом двойных ходов. Длина хода инструмента:

$$H = L + 2 * l_{\text{пер}} - l_{\text{бр}} \quad (1)$$

где  $L$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{бр}}$  - длина абразивного бруска, мм;

$l_{\text{пер}}$  - величина перебега брусков, мм (рекомендуется принимать равной  $1/3 l_{\text{бр}}$ : увеличение ведёт к бочкообразности, а уменьшение к седлообразности отверстия).

Скорость возвратно-поступательного движения зависит от величины хода. При значении хода в пределах 100...150 мм рекомендуется величина  $V_{\text{ВП}} = 12...16$  м/мин.

Число двойных ходов головки в минуту:

$$n_{\text{двх}} = 1000 * V_{\text{ВП}} / 2 * H, \quad \text{двх/мин} \quad (2)$$

Для определения окружной скорости вращения  $V_{\text{вр}}$  задается отношение:

$$K = V_{\text{вр}} / V_{\text{ВП}} \quad (3)$$

Для чугунов рекомендуемые значения для предварительного хонингования  $K = 3...6$  м/мин, для окончательного хонингования  $K = 4...10$  м/мин.

Основное время на переход  $t_0$ , необходимое для удаления назначенного припуска  $z$ :

$$t_0 = z / t * n_{\text{двх}}, \quad \text{мин} \quad (4)$$

где  $t$  - величина поперечной (радиальной) подачи брусков на один двойной ход головки, мм.

Выполнение операции производится на хонинговальном станке типа ЗБ833, имеющим следующие характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Основные технические характеристики вертикально-хонинговального станка ЗБ833

Наименование	Значение
1. Диаметр хонингования, мм	76...145
2. Ход хонинговальной головки, мм	450(max)
3. Окружная скорость вращения шпинделя, м/мин	60...75
4. Скорость возвратно-поступательного движения головки, м/мин	8...12
5. Вылет шпинделя, мм	300

6. Величина поперечной (радиальной) подачи брусков на один двойной ход головки, мм	0,0001
--	--------

Процесс хонингования происходит при непрерывной подаче смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Для чугуна в качестве СОЖ применяют керосин с добавлением 10...20% масла индустриального. Подача СОЖ уносит от поверхности цилиндра частицы металла и абразивные частицы - продукты износа брусков, что позволяет избежать шаржирования (внедрения) абразивных частиц в поверхностный слой цилиндра.

При сборке двигателя в результате затяжки болтов головки блока и, особенно, при их перетяжке цилиндры деформируются. Для уменьшения деформации верхней части цилиндров на некоторых ремонтных предприятиях на блок перед хонингованием устанавливают модель головки блока - так называемую фальшголовку, представляющую собой плоскую деталь, по форме идентичную стандартной головке, но имеющую отверстия для входа и выхода хонинговальной головки. Болты на фальшголовке затягиваются тем же крутящим моментом, что и на стандартной головке. После обработки цилиндров и снятия головки их геометрия будет несколько отличаться от правильной, однако после сборки двигателя и затяжки болтов головки цилиндры снова примут правильную форму.

С этой же целью рекомендуется окончательную обработку цилиндров производить с крышками коренных подшипников, затянутыми рабочим моментом. Это особенно важно для V-образных блоков, где деформация в нижней части цилиндров может быть ощутимой из-за близкого расположения цилиндров и резьбовых отверстий болтов коренных крышек.

#### **Оборудование, оснастка и инструмент:**

1. Станок вертикально-хонинговальный модели ЗБ833 с принадлежностями.
2. Головка хонингования с механическим разжимом брусков.
3. Приспособление специальное для установки и крепления гильзы цилиндров.

4. Комплект брусков абразивных зернистостью М40 для предварительного и М38 для окончательного хонингования по ГОСТ 2456-82 (длина брусков- 150 мм).
5. Микрометр с диапазоном измерения 100... 125 мм (МК 125-1 ГОСТ 6507-90).
6. Нутромер индикаторный с диапазоном измерения 100 - 160 мм 1-го класса точности (НИ 100-160-1 ГОСТ 868-82).
7. Штангенциркуль с пределами измерений 0...250 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 мм (ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89).
8. Образцы шероховатости по чугуноу  $Ra = 0,32$  мкм.
9. Ключ гаечный 17х19 ГОСТ 2839-80.
10. Отвёртка 175х0,7 ГОСТ 24437-80.
11. Секундомер.

**Последовательность выполнения:**

1. Штангенциркулем произвести измерение внутреннего диаметра гильзы, подлежащей хонингованию после растачивания.
2. Настроить индикаторный нутромер на полеченный размер и произвести точное измерение диаметра отверстия в трёх плоскостях (верх, середина, низ) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристика обрабатываемого отверстия**

Параметр		До обработки	После обработки
Диаметр отверстия	Верх		
	Середина		
	Низ		
Овальность			
Конусообразность			
Бочкообразность			

3. Ознакомиться с устройством и управлением станка ЗБ833 по паспорту и натуральному исполнению.

4. Установить гильзу в приспособлении, закрепить.
5. Назначить параметры режима обработки согласно паспортным данным станка и расчётам, занести их в табл. 3. Величину припуска на хонингование определить на основании фактического измерения диаметра гильзы после операции растачивания.

Таблица 3

## Параметры режима хонингования

Обработка	$V_{вр}$ , м/ми н	$V_{вп}$ , м/ми н	L, ми н	H, м м	$n_{двх}$ , двх/ми н	t, мм/дв х	z, м м	$t_0$ , мин	
								рас ч	фак т
Предварительная									
Окончательная									

6. Произвести хонингование внутренней поверхности гильзы под руководством учебного мастера, зафиксировать время пуска и выключения станка на каждом переходе, сравнить фактическую и расчетную величину машинного (основного) времени  $t_0$ .
7. Снять гильзу и произвести измерение диаметра отверстия согласно п.4.2. Внести результаты в табл. 2. Определить отклонения формы и соответствие техническим требованиям.
8. Сравнить шероховатость обработанной поверхности с образцом шероховатости для чугуна  $Ra = 0,32$  мкм. Сделать вывод.
9. Оформить операционную карту согласно форме 3 ГОСТ 3.1404-86 и карту эскизов по форме 2 ГОСТ 3.1105-84.

**Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Характеристика объекта хонингования и применяемого оборудования, приспособлений, инструмента.
3. Таблица расчётных величин, их обоснование и назначение.
4. Необходимые расчёты. Таблица исходных и конечных значений размера обрабатываемого отверстия.
5. Операционная карта и карта эскизов.

**Контрольные вопросы**

1. Назначение операции хонингования рабочей поверхности гильзы цилиндра.
2. Конструктивные особенности основных элементов станка для выполнения операции хонингования.
3. Последовательность действий при назначении режима хонингования, основные параметры режима.
4. Средства контроля качества хонингования и обработанной поверхности.

## **Работа №5**

### **Оценка технического состояния коленчатого вала автотракторного двигателя**

Цель работы: освоить способы и приёмы определения технического состояния коленчатых валов, поступающих в капитальный ремонт.

#### **Основные теоретические положения**

Ремонт коленчатых валов часто весьма трудоемок, требует высокой квалификации персонала и дорогостоящего оборудования, но т.к. коленчатые валы являются сложной и дорогостоящей деталью, как правило, затраты на их ремонт оправданы.

Коленчатые валы большинства двигателей – литые, из высокопрочного чугуна. Иногда применяются кованные валы из высокопрочной легированной стали. Поверхности шеек термообрабатываются для повышения их износостойкости и твердости, чугунные – токами высокой частоты, стальные – азотируются на глубину – 0,5...0,8 мм.

Коленчатый вал является прецизионной деталью и его ремонт предполагает в первую очередь восстановление геометрии вала. Основные геометрические параметры коленчатых валов обычно находятся в следующих пределах:

- диаметры шеек и вала выдерживаются с точностью до 0,015 мм;
- взаимное биение коренных шеек у новых валов не превышает 0,005...0,008 мм, отремонтированных - более 0,010...0,015 мм.
- перекос осей шатунных и коренных шеек не более 0,03...0,05 мм на длине вала;

- овальность и конусность шеек не более 0,005 мм;
- биение торцевых поверхностей, работающих в контакте с упорным подшипником, не более 0,01 мм. Заданный размер между этими поверхностями выдерживается с точностью 0,015...0,025 мм;
- биение поверхностей под сальники не более 0,01 мм.

Шероховатость указанных поверхностей не более  $R_a = 0,016$  мкм. Кроме того, после ремонта необходимо обеспечить радиус галтелей на краях шеек не менее чем у нового вала, одинаковый радиус всех кривошипов, уравновешенность вала и высокую усталостную прочность.

Наличие любых трещин (наиболее часто образуются на трещины на щеках вала от шатунной к коренной шейке и на поверхностях шеек вблизи отверстий масляных каналов, на галтелях; реже образуются продольные трещины на шейках вала) является браковочным признаком.

#### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Приспособление для контроля коленчатого вала в центрах.
2. Индикатор часового типа /ИЧ-10 кл.1 ГОСТ 577-68/ на штативе.
3. Микрометр с диапазоном измерений 50-75 мм /МК-75-1 ГОСТ 6507-90/.
4. Лупа однолинзовая текстильная с оптикой из стекла 6<sup>x</sup> увеличения /ЛТ-1-6<sup>x</sup> ГОСТ 25706-83/.

#### **Последовательность выполнения:**

1. Перед установкой вала в приспособление проверить состояние центровых отверстий. При наличии повреждений устранить зачисткой.
2. Коленчатый вал, установленный в центрах приспособления, подвергнуть тщательному наружному осмотру. При осмотре использовать лупу. Описание обнаруженных дефектов (риски, забоины, отколы, задиры, наклепы металла, изменение цвета поверхности шеек вала) внести в таблицу 1. Каждый дефект характеризовать в количественном и качественном отношении, указать предполагаемую причину его появления. Сделать заключение об устранении каждого дефекта.

## Характерные повреждения коленчатого вала.

Наименование дефекта	Характеристика дефекта и причины его появления	Заключение

3. Определить с помощью микрометра, обеспечивающего точность измерений 0,01 мм, характер износа коренных шатунных шеек как наиболее ответственных элементов коленчатого вала.

Перед проведением измерений шейки вала тщательно протереть. Измерения диаметра коренных шеек производить в двух взаимно перпендикулярных направлениях в двух плоскостях (рис. 1, а), шатунных шеек – в четырёх плоскостях (рис. 1, б), так как на одной шатунной шейке находятся два шатуна, обуславливающие различие в характере износа. Результаты измерений внести в таблицу 2.

Сопоставив полученные результаты с требованиями технических условий на ремонт и контроль-сортировку, сделать заключение о техническом состоянии шеек коленчатого вала и рекомендовать способ устранения дефекта.

Величину прогиба коленчатого вала определить по биению средней шейки. Для этого стержень индикатора, закреплённого на штативе, установить на среднюю коренную шейку, обеспечив натяг на 2 - 3 оборота стрелки (рис. 1).

4. Поворачивая коленчатый вал, определить одно из крайних положений стрелки. Установить в этом положении шкалу индикатора на нуль, затем повернуть вал на 180°; определить второе крайнее положение. Разность между двумя показаниями определит величину биения. Величина прогиба вала равна половине величины биения коренной шейки.

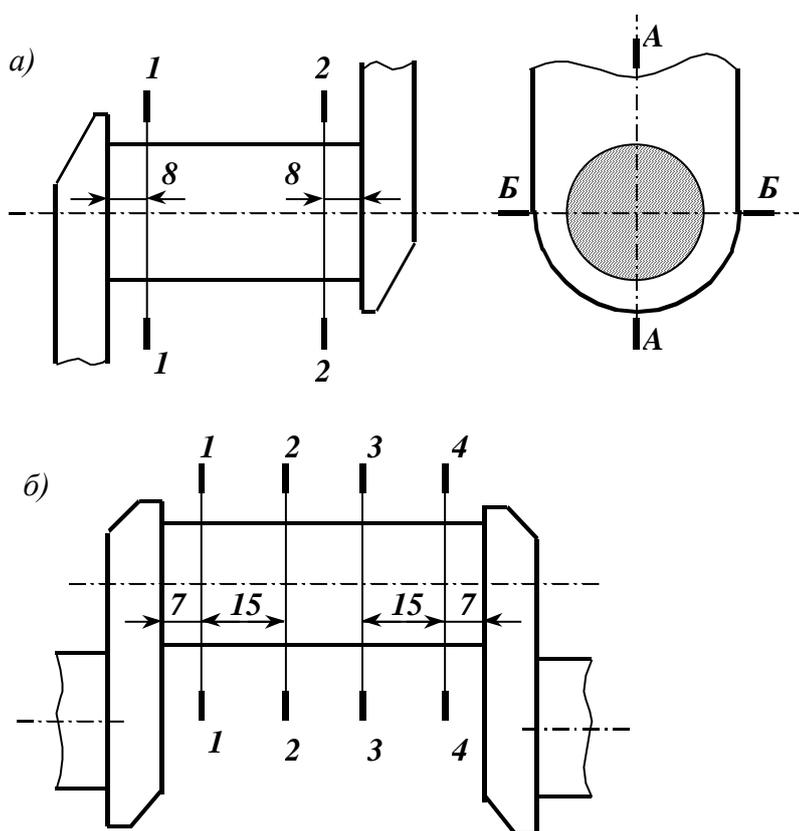


Рис. 1. Схемы измерений: а - коренных, б - шатунных шеек коленчатого вала.

Таблица 2.

Результаты измерения шеек коленчатого вала

Измерение		Шатунные шейки				Коренные шейки			
Плоскость 1-1	А- А								
	Б-Б								
Овальность									
Плоскость 2-2	А- А								
	Б-Б								
Овальность									
Конусообразность									
Плоскость 3-3	А- А								
	Б-Б								
Овальность									
Плоскость 4-4	А- А								

	Б-Б									
Овальность										
Конусообразность										
Общее заключение										

Сопоставив полученное значение с требованиями технических условий на ремонт и контроль-сортировку, сделать заключение о состоянии коленчатого вала и рекомендовать способ устранения дефекта.

5. Определение величины торцевого биения фланца коленчатого вала выполнить аналогично проверке прямолинейности коленчатого вала. Стержень индикатора установить перпендикулярно плоскости фланца на расстоянии 2 - 3 мм от края цилиндрической поверхности фланца, обеспечив натяг на 2 - 3 оборота стрелки.

Вращая коленчатый вал, найти наименьшее отклонение стрелки индикатора (установить в этом положении шкалу индикатора на нуль). Повернуть коленчатый вал на  $360^\circ$ , определить величину максимального биения фланца.

Проверку биения фланца необходимо производить после устранения прогиба коленчатого вала.

6. Сопоставив полученное значение величины торцевого биения фланца с требованиями технических условий на ремонт и контроль-сортировку, сделать заключение о его состоянии и рекомендовать способ устранения дефекта.

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика детали. Оборудование и инструмент.

2. Результаты внешнего осмотра коленчатого вала и заключение о его состоянии и способах устранения дефектов (табл. 1).

3. Результаты измерений диаметров шеек коленчатого вала и заключение об их состоянии и способе устранения дефектов (табл. 2).

4. Результаты определения величины прогиба коленчатого вала и торцевого биения фланца и заключение об их состоянии и способе устранения дефектов.

5. Схемы измерений (рис. 1).
6. Общее заключение о техническом состоянии коленчатого вала.

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные виды дефектов коленчатых валов и причины их возникновения.
2. При наличии каких дефектов коленчатый вал подлежит выбраковке?
3. Какие конструктивные параметры необходимо обеспечить после ремонта коленчатого вала?
4. Объясните методику измерения коленчатого вала при дефектации.
5. В результате чего возникает дисбаланс коленчатого вала после ремонта?

## **Работа №6**

### **Оценка технического состояния распределительного вала автотракторного двигателя**

Цель работы: освоить способы и приёмы определения технического состояния распределительных валов, поступающих в капитальный ремонт.

### **Основные теоретические положения**

Техническое состояние распределительного вала напрямую влияет на качество работы автотракторного двигателя, его мощностные характеристики и топливную экономичность. Кроме того, эксплуатация двигателя с сильно изношенным распределительным валом может привести к повреждению сопрягаемых деталей (поверхности постелей вала в корпусе или головке блока, интенсивному износу или поломке рычагов, коромысел и клапанов).

Типовыми дефектами распределительного вала являются:

- износ и повреждение поверхности опорных шеек;

- износ и повреждение поверхности кулачков;
- изгиб вала;
- повреждение и износ установочных элементов (шпоночный паз, направляющий штифт и др. элементы, определяющие положение распределительного вала относительно коленчатого).

Ремонт распределительных валов весьма затруднен. Так при ремонте необходимо обеспечить точный профиль кулачков и их ориентацию относительно положения коленчатого вала, что определяет фазы газораспределения двигателя. Устранение сильных износов рабочих поверхностей вала наплавкой нежелательно, т.к. изгиб коленчатого вала ограничивается жесткими требованиями (0,015...0,020 мм для конструкций с гидротолкателями и 0,05...0,08 мм – при механической регулировке тепловых зазоров).

Кроме того вал должен иметь высокую твердость всех сопрягаемых поверхностей для обеспечения необходимой износостойкости.

В связи с этим ремонт распределительных валов на практике часто ограничивается восстановлением базовых поверхностей и элементов и шлифованием опорных шеек в ремонтный размер с установкой под них ремонтных втулок. Возможно также шлифование кулачков с сохранением их профиля и ориентации.

Оборудование, оснастка, инструмент:

1. Приспособление для контроля распределительного вала в центрах.
2. Индикатор часового типа /ИЧ-10 кл. 1 ГОСТ 577-68/ на штативе.
3. Микрометры с диапазоном измерений 25-50, 50-75 мм /МК-50-1, МК-75-1 ГОСТ 6507-90/.
4. Лупа однолинзовая текстильная с оптикой из стекла 6<sup>x</sup> увеличения /ЛТ-1-6<sup>x</sup> ГОСТ 25706-83/.

Последовательность выполнения:

1. Перед установкой вала в приспособление проверить состояние центровых отверстий. При наличии повреждений устранить их зачисткой.
2. Распределительный вал, установленный в центрах приспособления подвергнуть тщательному наружному осмотру.

При осмотре использовать лупу. Описание обнаруженных дефектов: (риски, забоины, отколы, задиры, наплывы металла) внести в таблицу 1. Каждый дефект охарактеризовать в количественном и качественном отношении, указать предполагаемую причину его появления. Сделать заключение об устранении каждого дефекта.

Таблица 1

Характерные повреждения элементов распределительного вала

Наименование дефекта	Характеристика дефекта и причины его появления	Заключение

3. Величину и характер износа опорных шеек и кулачков распределительного вала определить с помощью микрометра. Перед проведением измерений шейки и кулачки тщательно протереть. Измерение диаметра опорных шеек производить в двух взаимно перпендикулярных направлениях в двух плоскостях (рис. 1). Одно из взаимно перпендикулярных направлений должно совпадать с направлением вершины первого кулачка.

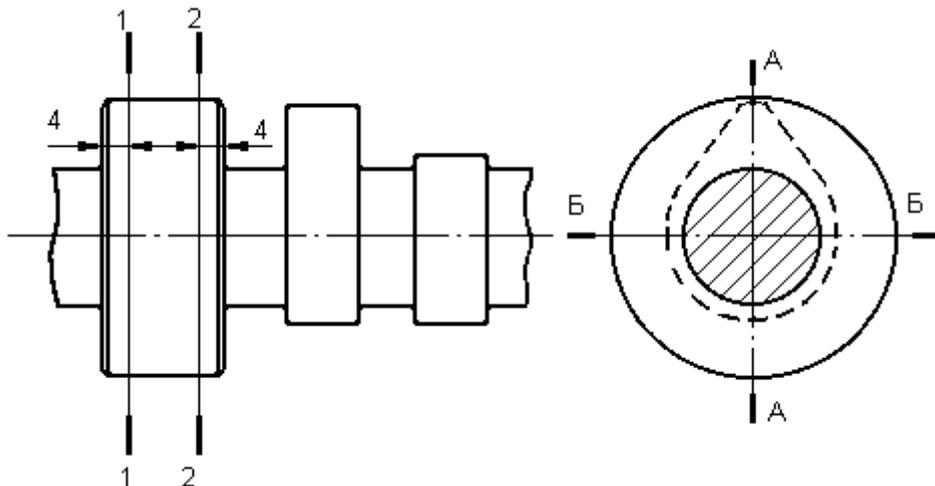


Рис. 1. Схема измерения опорных шеек распределительного вала.

Результаты измерений внести в таблицу 2.

Таблица 2.

Результаты измерения шеек распределительного вала

Измерение		Опорные шейки				
		1	2	3	4	5
Плоскость 1-1	А-А					
	Б-Б					
Овальность						
Плоскость 2-2	А-А					
	Б-Б					
Овальность						
Конусообразность (максимальная)						
Общее заключение						

4. Измерение параметров кулачков производить согласно схеме (рис. 2). Результаты измерений внести в таблицу 3.

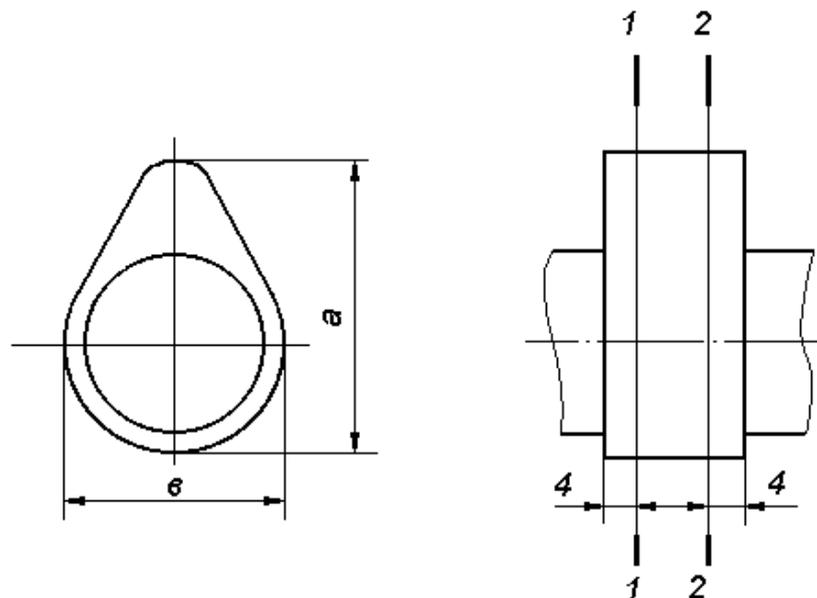


Рис. 2. Схема измерения кулачков распределительного вала

Таблица 3.

## Результаты измерения кулачков распределительного вала

			Кулачки							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Впускные	а	1-1								
		2-2								
	б	1-1								
		2-2								
	а-б									
	конусообразность									
Выпускные	а	1-1								
		2-2								
	б	1-1								
		2-2								
	а-б									
	конусообразность									
Заключение										

Сопоставив полученные результаты с требованиями технических условий на ремонт и контроль-сортировку, сделать заключение о техническом состоянии шеек и кулачков распределительного вала и рекомендовать способ устранения дефектов.

5. Величину прогиба распределительного вала определить по биению средней шейки (рис. 3). Для этого стержень индикатора, закреплённого на штативе, установить на среднюю шейку, обеспечив натяг на 1 – 2 оборота стрелки. Поворачивая распределительный вал, определить одно из крайних положений стрелки (установить в этом положении шкалу индикатора на нуль). Затем, повернув на 180°, определить второе крайнее положение. Разность между двумя показаниями определяет величину биения. Величина прогиба оси вала равна половине величины биения средней шейки. В качестве контрольного приспособления допустимо использовать центра шлифовального станка.

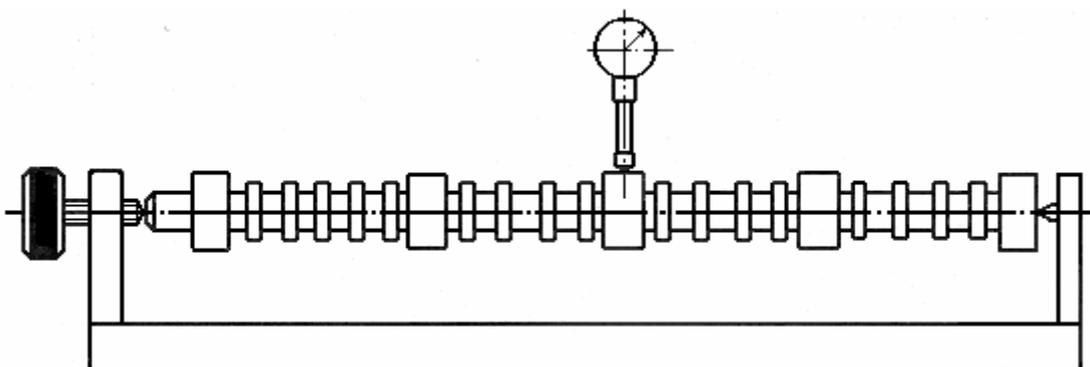


Рис. 3. Схема измерения биения средней шейки распределительного вала.

6. Сопоставив полученное значение с требованиями технических условий на ремонт и контроль-сортировку, сделать заключение о состоянии оси распределительного вала и рекомендовать способ устранения дефекта.

Содержание отчёта:

1. Цель работы. Характеристика конструктивных особенностей детали. Оборудование и инструмент.

2. Результаты внешнего осмотра распределительного вала и заключение о его состоянии, способах устранения дефектов (табл. 1).

3. Результаты измерения диаметров опорных шеек распределительного вала и размеров кулачков. Заключение об их состоянии и способах устранения дефектов (табл. 2 и 3).

4. Результаты определения величины прогиба оси распределительного вала и заключение о способе устранения дефекта.

5. Схемы измерений (рис. 1; 2; 3).

6. Общее заключение о техническом состоянии распределительного вала.

Контрольные вопросы:

1. Назначение контроля и сортировки деталей на авторемонтном предприятии.

2. Техническая документация, на основании которой производят контрольно-сортировочные работы.

3. Виды контроля, применяемые в ремонтном производстве.

4. Основные дефекты распределительного вала автотракторного двигателя.

5. Основные способы устранения дефектов распределительного вала.

6. Измерительный инструмент, применяемый при определении износа основных элементов распределительного вала.

7. Характер и величина износа опорных шеек и кулачков распределительного вала.

8. Схема измерения опорных шеек и кулачков распределительного вала.

9. Параметры работы двигателя, на которые влияет уменьшение величины разности размеров кулачка (а-в).

10. Дефекты, определяющие браковочные признаки распределительного вала.

## **Работа № 7**

### **Восстановление наплавкой изношенных шеек коленчатых валов**

Цель работы: ознакомление со способом автоматической наплавки изношенных поверхностей и методикой расчета параметров процесса.

#### **Основные теоретические положения**

Наплавка изношенных поверхностей в настоящее время является наиболее распространенным способом восстановления деталей. Различные виды наплавки применяют как для плоских, так и для цилиндрических поверхностей. Для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок (коленчатые валы), наиболее приемлем способ наплавки под слоем флюса, обеспечивающий сохранение достаточного запаса усталостной прочности. Для деталей, работающих при невысоких значениях постоянной нагрузки, широко распространена вибродуговая наплавка в охлаждающей жидкости. При использовании обоих видов наплавки возможно использование вместо флюса или охлаждающей жидкости защитного газа (как правило  $\text{CO}_2$ ).

Наплавке подлежат изношенные шейки, имевшие последний ремонтный размер.

При автоматической наплавке под слоем флюса, непрерывно поступающем в зону дуги, электрическая дуга горит между поверхностью шейки и электродной проволокой, непрерывно подаваемой по мере плавления (рис.1). плавление проволоки и поверхностного слоя шейки вала создают сварочную (плавильную) ванну, надежно защищенную от окружающего воздуха слоем расплавленного флюса. Плавление флюса одновременно обеспечивает легирование наплавленного металла, обеспечивая ему необходимые эксплуатационные свойства.

Для предупреждения наплавки расплавленного металла в процессе наплавки, зона дуги (ось электрода) смещается с зенита навстречу вращению детали на расстояние  $e = 6...10$  мм, в зависимости от диаметра наплаваемой детали. Минимальный диаметр  $d$  наплаваемой шейки ограничен размером 50 мм.

Используя проволоку диаметром от 1,6 до 3,0 мм и варьируя частотой вращения детали, шагом наплавки, скоростью подачи проволоки, величиной тока и напряжения, можно обеспечить наплавку шеек коленчатого вала двигателя под номинальный диаметр за один проход. Применение различного состава легирующих флюсов и проволоки обеспечивает твердость наплавленного покрытия от 35 до 60 HRC (в зависимости от применяемой технологии последующей механической обработки).

Исходными величинами для назначения параметров режима наплавки являются:

диаметр наплаваемой поверхности:

$$d = d_{\text{рп}} - i_{\text{max}}, \text{ мм} \quad (1)$$

необходимая толщина наплавленного слоя металла:

$$h = 0,5[d_{\text{н}} - (d_{\text{рп}} - i_{\text{max}})] + z, \text{ мм} \quad (2)$$

где  $d_{\text{н}}$  – номинальный диаметр шейки, мм;

$d_{\text{рп}}$  - последний ремонтный размер шейки, мм;

$i_{\text{max}}$  - максимальный износ шейки, мм;

$z$  - односторонний припуск на обработку покрытия, мм.

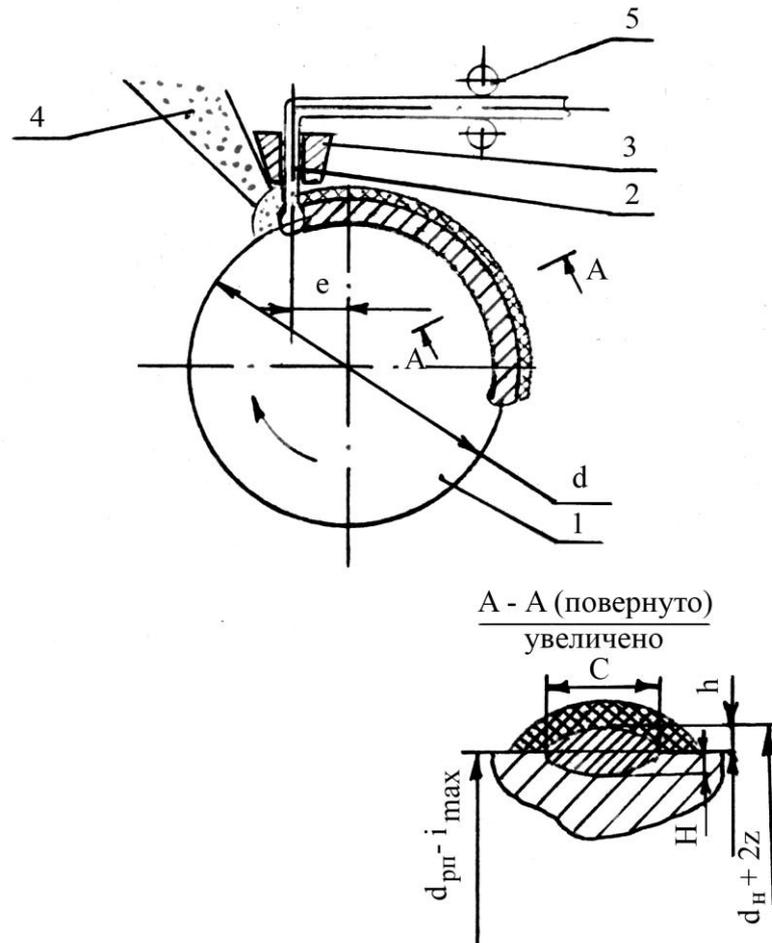


Рис. 1. – Схема наплавки под флюсом коленчатого вала: 1 – наплавляемая поверхность; 2 – электродная проволока; 3 – мундштук; 4 – бункер с флюсом; 5 – механизм для подачи проволоки.

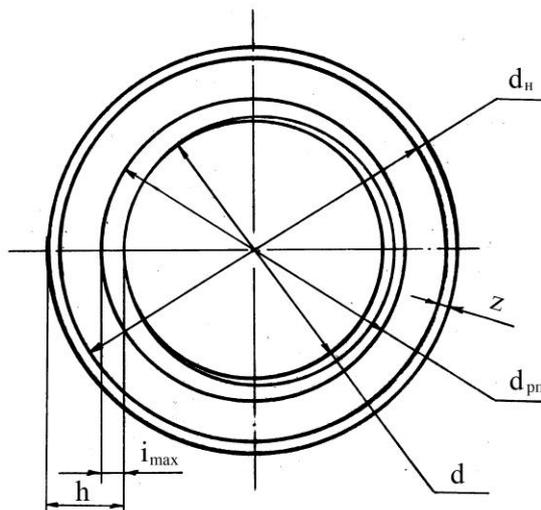


Рис. 2. – Схема для расчета исходных величин для назначения параметров режима наплавки.

Наплавка шейки вала осуществляется по спирали с шагом, обеспечивающим перекрытие валиков, равное 1/3 ширины валика. Ширина валика - С, в свою очередь, определяется глубиной проплавления основного металла (провара) – Н и коэффициентом формы проплавления –  $\psi$ :

$$C = \psi \cdot H, \text{ мм} \quad (3)$$

Надежность соединения основного и наплавленного металла обеспечивается при глубине проплавления 2...5 мм для различных диаметров наплавочной проволоки наплавляемой поверхности. Для уменьшения теплового воздействия на восстанавливаемую поверхность необходимо стремиться к минимальному проплавлению. Коэффициент формы проплавления определяется величиной тока I, напряжением дуги U, а также скоростью наплавки  $V_n$ . Для условий наплавки шеек коленчатых валов двигателей можно принимать среднее значение 3.

Электрические параметры режима наплавки назначаются для оптимальных значений рассмотренных величин. Величина тока:

$$I = \frac{100 \cdot H}{K}, \text{ А} \quad (4)$$

где К – коэффициент пропорциональности, определяемый условиями наплавки (табл.1).

Таблица 1

Значение коэффициента пропорциональности для различных условий наплавки.

Защитная среда	Диаметр электродной проволоки $d_э$ , мм	Значение коэффициента пропорциональности		
		Постоянный ток		Переменный ток
		Прямая полярность «П»	Обратная полярность «О»	
Флюс ОСЦ45	до 2,0	1,15	1,45	1,30
	2,0...3,0	0,95	1,30	1,15
Флюс АН-348	до 2,0	1,15	1,40	1,25
	2,0...3,0	0,95	1,25	1,10
СО <sub>2</sub>	1,2	-	2,10	-
	1,6	-	1,75	-
	2,0	-	1,55	-

Напряжение:

$$U = 0,05 \frac{I}{d_э^{0,5}} + 20, \text{ В} \quad (5)$$

где  $d_э^{0,5}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

Кинематические параметры процесса определяют частоту вращения наплавляемой поверхности детали:

$$n = 250 \frac{V_п \cdot d_э^{0,5}}{h \cdot S \cdot d} \cdot \eta, \text{ об/мин} \quad (6)$$

где – скорость подачи проволоки, м/мин;

шаг наплавки, равный  $2/3C$ , мм/об;

$\eta$  - коэффициент переноса металла электродной проволоки на деталь. Для наплавки в газах и жидкостях имеет значение 0,85...0,92, под флюсом – 1,0.

Скорость наплавки для восстанавливаемой детали определяется:

$$V_н = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \text{ м/мин} \quad (7)$$

Скорость подачи проволоки для расчетных условий определяется диаметром проволоки и величиной тока (табл. 2).

Таблица 2.

Скорость подачи проволоки для различных значений диаметра и тока.

Скорость подачи, м/час (м/мин)	Ток, А	
	Диаметр проволоки, мм	
	до 2,0	2,0...3,0
70 (1,16)	140...150	180...200
101 (1,68)	160...170	220...250
126 (2,10)	170...180	240...275
156 (2,60)	200...220	275...320
191 (3,18)	230...260	340...370

Обязательным условием качественной наплавки является равенство объемов наплавленного валика и расхода проволоки за единицу времени:

$$F \cdot V_н = 0,785 \cdot d_э \cdot V_п, \quad (8)$$

где  $F$  – площадь наплавленного валика.

$$F = 0,5 \cdot h \cdot C, \text{ мм}^2.$$

### **Оборудование, инструмент, материалы:**

1. Установка дуговой наплавки УД-209 с источником питания.
2. Проволока для наплавки по ГОСТ 2246-70.
3. Флюс по ГОСТ 9087-81.
4. Микрометр с диапазоном измерения 50...75 (МК-75-1 ГОСТ 6507-90).
5. Штангенциркуль с пределом измерений 0...250 мм и отсчета по нониусу 0,05 мм (ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89).

*Установка УД-209* предназначена для наплавки наружных цилиндрических поверхностей по одной из следующих схем:

- наплавка по спирали с шагом наплавки 2,8...12,8 мм;
- наплавка колеблющимся электродом на ширину до 60 мм;
- сварка кольцевых и продольных швов.

Установка рассчитана на работу при сварочном токе от 60 до 500 А. Скорость подачи электродной проволоки может изменяться в пределах 70...350 м/ч. Смещение электродной проволоки относительно зенита допускается на  $\pm 30$  мм. Частота вращения шпинделя регулируется плавно в пределах 0,06...6,58 мин<sup>-1</sup>. Наплавку и сварку можно производить в среде углекислого газа и под слоем флюса проволокой диаметром 1,2...3,2 мм.

Размеры наплавляемых деталей могут быть диаметром от 45 до 350 мм и длиной от 100 до 800 мм.

### **Последовательность выполнения:**

1. Определить диаметр наплавляемых коренных шеек коленчатого вала (1), приняв величину максимального износа 0,10 мм. Проконтролировать размер шеек микрометром.
2. Рассчитать необходимую толщину наплавляемого слоя металла, обеспечивающую механическую обработку в номинальный размер.
3. Назначить диаметр, марку проволоки и флюс, обеспечивающие необходимые эксплуатационные свойства наплавленного слоя.
4. Рассчитать параметры процесса наплавки:  $S$ ,  $I$ ,  $U$ ,  $n$  и  $V_n$ , задавшись коэффициентом формы проплавления, и выбрав из табл. 1 и 2 необходимые величины.

5. Принятые и рассчитанные величины занести в табл. 3 и передать учебному мастеру для настройки установки для проведения опытной наплавки на образце.

Таблица 3.

Режим наплавки											
d, мм	h, мм	S, мм	S, мм	I, А	U, В	V <sub>н</sub> , м/мин	n, мин <sup>-1</sup>	V <sub>п</sub> , м/мин	F, мм <sup>2</sup>	проволока	флюс

6. Ознакомиться с конструктивными особенностями установки УД-209 и источника питания. Во время работы установки изучить принцип работы механизма подачи проволоки и флюса, процесса наплавки.

7. После наплавки опытного валика произвести его очистку от флюса и измерить реальные размеры толщины и ширины. Оценить качество наплавки.

8. Оформить операционную карту наплавки (ОКН) по форме 1 ГОСТ 3.1407-86 на базе рис. 1 и натурального вида карты эскизов (КЭ), дающую представление о положении детали при наплавке, размерах наплавляемой поверхности.

#### **Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика поверхностей, подлежащих восстановлению наплавкой, оборудования и материалов для наплавки.

2. Таблица принимаемых и расчетных величин, их обоснование и расчеты.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Параметры, определяющие режим наплавки. Их взаимовлияние.

2. Способы наплавки, применяемые для восстановления деталей.

3. Достоинства и недостатки автоматической наплавки под слоем флюса.

4. Роль флюса и его взаимодействие с наплавочной проволокой. Физический смысл формулы, определяющей качество наплавки

## Работа № 8

### Восстановление сопряжения «седло-клапан».

Цель работы:

1. Ознакомление с характерными дефектами деталей сопряжения "клапан-седло" и способами их устранения.
2. Практическое освоение способов восстановления деталей и сопряжения.

#### Основные теоретические положения

Нарушение герметичности сопряжения "клапан-седло" в автомобильном двигателе вследствие износа или разрушения рабочих поверхностей деталей существенно влияют на качество работы двигателя. Восстановление рассматриваемого сопряжения связано с ремонтом изношенных поверхностей клапана и седла, а также обеспечением качественной сборки восстановленных деталей путем притирки сопрягаемых поверхностей.

Детали сопряжения "клапан-седло" работают в условиях высоких температур и газовой коррозии, что обуславливает их изготовление из жаростойких материалов с повышенным содержанием хрома и никеля. Например, используемые в работе детали автомобильного двигателя ЗИЛ-130 изготовлены: выпускной клапан – сталь ГОСТ 5949-75; выпускной клапан - сталь по специальным ТУ; седла - хромоникелевый чугун по специальным ТУ.

Основными дефектами клапанов и седел являются:

- прогар и трещины на поверхности фаски клапана и седла;
- выработка, риски, раковины на поверхности фаски клапана и седла;
- износ стержня клапана;
- выработка на торце стержня клапана;
- изгиб стержня клапана.

Указанные дефекты (кроме первого) устраняются механической обработкой изношенных поверхностей, при этом стержень клапана при наличии изгиба предварительно подвергается правке на прессе.

Ремонт деталей клапанной группы начинают с восстановления рабочей поверхности стержня клапана, работающей в контакте с направляющей втулкой. Для некоторых двигателей стержни клапанов имеют уменьшенные ремонтные размеры. В этом случае механическая обработка изношенной поверхности заключается в шлифовании стержня клапана в ближайший ремонтный размер. Однако такая технология ремонта подразумевает замену направляющих втулок клапанов, вследствие чего большого распространения не получила. Если ремонтные размеры выбраны, а также для клапанов. Не имеющих ремонтных размеров, то восстановление производят с помощью гальванического покрытия до номинального или увеличенного размера увеличение диаметра стержня выполняется, если предполагается развертывание внутренней поверхности направляющей втулки для устранения износа. Шлифование стержня клапана производится на бесцентрово-шлифовальных станках способом поперечной подачи (в данной работе не выполняется).

Базирование в приспособлении для шлифовки фаски производят по неизношенной поверхности стержня. Фаску клапана шлифуют на круглошлифовальном станке "как чисто" до получения правильной геометрической формы поверхности, обеспечивая высоту образующей цилиндрической части головки клапана не менее 0,5 мм (см. рис. 1).

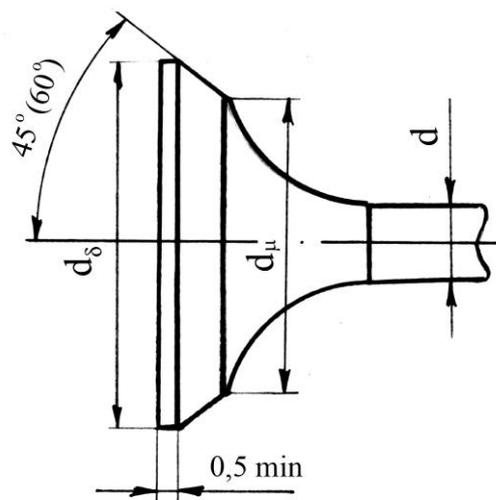


Рис.1 Головка клапана.

Фаска у большинства клапанов автомобильных двигателей выполнена под углом  $45^\circ$  к оси стержня, реже под углом  $60^\circ$  (у впускного клапана ЗИЛ 130). Шлифование фаски производится

периферией круга. Рекомендуемая окружная скорость шлифовального круга – 25 - 30 м/с, а скорость обрабатываемой поверхности 25 - 30 м/мин. Шероховатость поверхности должна соответствовать  $R_a = 0,63$  мкм, радиальное биение поверхности фаски относительно стержня клапана не должно превышать 0,03 мм. Используемый шлифовальный круг 1125×10×32 24А4ОПС2-СТ19к5А ГОСТ 2424-83.

При круглом шлифовании поперечная подача назначается в пределах 0,015 – 0,020 мм/об. Продольная подача -  $S$ , мм/об принимается в зависимости от обрабатываемого материала и глубины резания и определяют в долях  $\beta$  - от ширины круга -  $B$ .

$$S = \beta \cdot B,$$

где  $\beta = 0,5 - 0,8$  при предварительном шлифовании,

$\beta = 0,25 - 0,5$  при чистовом.

Выработка на торце стержня клапана устраняется шлифованием торцом круга до устранения выработки. Этот переход выполняется с ручной продольной и поперечной подачей, обеспечивая глубину резания в пределах 0,01 - 0,02 мм. Число проходов определяется визуальным контролем состояния поверхности торца клапана.

Восстановление фаски седла клапана производится в случае наличия выработки при сохранении гарантированного натяга посадки седла в головке цилиндра. Замена седла клапана производится в случае ослабления натяга, а также при наличии трещин, раковин и прогаров, не устраняющихся механической обработкой.

Так как фаска седла должна быть расположена концентрично стержню клапана, положение которого определяется отверстием направляющей втулки, то предварительно необходимо убедиться в соответствии техническим требованиям втулки (гарантированный натяг посадки втулки в головке цилиндров, а также положение отверстия во втулке). При необходимости восстанавливают посадку и размеры отверстия втулки (ремонтный или номинальный соответственно размеру стержня клапана). Базирование режущего инструмента, применяемого для восстановления фаски седла, производится по отверстию в направляющей втулке (рис. 2.).

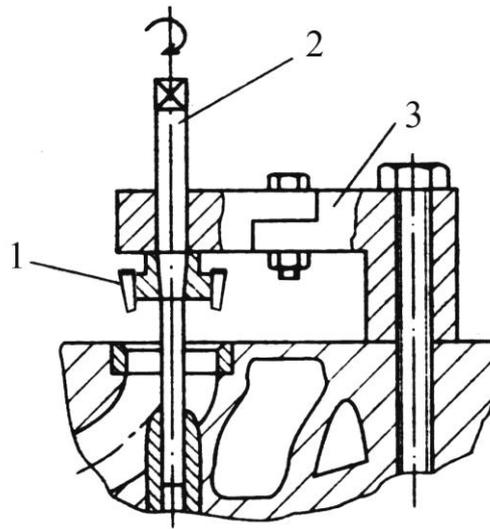


Рис. 2. обработка фаски седла клапана зенкером с направляющей в приспособлении для ручного зенкерования седла  
1- зенкер; 2 – пилот; 3 – кронштейн.

Зенкерование осуществляется комплектом зенкеров с различными углами при вершине или специальными зенкерами с регулируемым углом наклона резцов для получения соответствующего наклона рабочей и вспомогательных фасок на седле (рис. 3.).

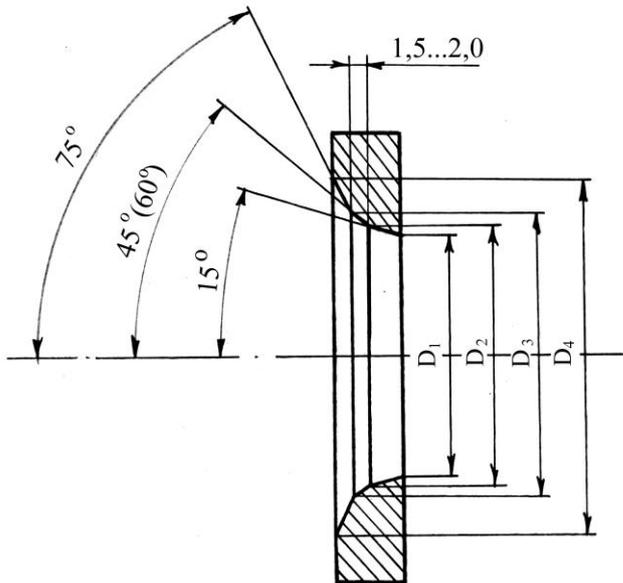


Рис. 3. Геометрия рабочей и вспомогательной фасок седла клапана.

Фаски зенкеруют в следующем порядке:

- нижняя вспомогательная фаска ( $15^\circ$ ) - до получения разности большего диаметра конуса  $D_2$  и меньшего диаметра головки клапана  $d_{\mu}$  - не менее 2 мм;
- верхняя вспомогательная фаска ( $150^\circ$ ) до получения ширины рабочей фаски немного меньше требуемой;
- рабочая фаска ( $45^\circ$  или  $60^\circ$ ) - до получения чистой поверхности (рис. 3.).

Шероховатость поверхности фасок после зенкерования должна быть не грубее  $R_a = 1,6$  мкм. Подача осуществляется вручную с глубиной резания в пределах 0,10 - 0,15 мм.

Плотность сопряжения восстановленных поверхностей клапана и седла обеспечивается доводочной операцией - притиркой поверхности фаски головки клапана и рабочей фаски седла. В процессе притирки клапан совершает возвратно-поступательное и реверсивное вращательное движения с периодическим прижатием головки клапана к седлу. Припуск, удаляемый в процессе притирки, составляет 0,01 - 0,02 мм. Скорость притирки составляет 10 - 30 м/мин при механической и 2 - 3 м/мин в ручной работе. Качество притираемых поверхностей повышается при снижении скорости. Усилие прижатия обеспечивает давление на притираемой поверхности 0,2 - 0,4 МПа.

В процессе притирки применяют притирочные пасты на основе абразивных порошков зернистостью М20 - М40. Связующим для абразивного порошка может быть моторное масло вязкостью М8В. Притирка считается законченной, если на фаске клапана появилась матовая кольцевая полоса, соответствующая рабочей фаске седла. Пропуски и сплошные поперечные риски не допускаются.

#### **Оборудование, оснастка и инструмент:**

4. Станок специальный для шлифования фаски клапана, типа СШКС - 2178.
5. Станок специальный для притирки клапанов, типа М-2.
6. Пресс ручной винтовой.
7. Вороток для ручной обработки клапанных седел в головке цилиндров.
8. Набор зенкеров:
  - для черновой обработки с углом при вершине  $30^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  и  $150^\circ$ ;
  - для чистовой обработки с углом при вершине  $90^\circ$  и  $120^\circ$ .

9. Подклапанные пружины.
10. Индикатор часового типа (ИЧ-10 кл. I ГОСТ 577-68) со штативом.
11. Микрометр с диапазоном измерений 0 - 25 мм (МК-25-I ГОСТ 6507-90).
12. Штангенциркуль с пределами измерений 0 - 125 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 мм (ШЦ-П-125-0,05 ГОСТ 166-89).
13. Отвертка 175×0,7 ГОСТ 24437-80, ключи гаечные 17×19, 22×24, ГОСТ 2838-80.
14. Паста абразивная.

**Последовательность выполнения:**

1. Произвести осмотр рабочих поверхностей клапана и седла и произвести измерение с помощью штангенциркуля и микрометра основных размеров:
  - диаметр головки клапана  $d_{\delta}$  и  $d_{\mu}$ , высота цилиндрической части -  $h$ ;
  - диаметр стержня -  $d$  и внести в таблицу 1.

Таблица 1

Размеры восстанавливаемого клапана и режим обработки

$d_{\delta}$ , мм		$d_{\mu}$ , мм		$d$ , мм		$h$ , мм		$\delta$	$V$	$V_{кр}$	$n_{кл}$	$n_{ср}$
до	после	до	после	до	после	до	после	мм	м/мин	м/с	мин <sup>1</sup>	мин <sup>1</sup>

2. Определить биение стержня клапана и при необходимости править. Величину биения -  $\delta$  до и после правки внести в таблицу 1.
3. Назначить скорость резания и скорость вращения круга, определить необходимые частоты вращения клапана и шлифовального круга, согласовав с паспортными данными станка.
4. Ознакомиться с основными элементами станка для шлифования фаски клапана. Изучить правила наладки станка для выполнения операции шлифования фаски. Установить суппорт под необходимым углом, закрепить.
5. Установить клапан в патрон станка, закрепить.
6. Включить станок и подвести клапан к шлифовальному кругу до появления искр (под наблюдением учебного мастера).

7. Шлифовать фаску клапана, обеспечивая ручную подачу до получения чистой поверхности. Выключить станок и отвести шлифовальный круг.
8. Снять клапан и контролировать качество шлифования.
9. Определить в головке цилиндра гнездо клапана, соответствующее по назначению и размеру направляющей втулки восстановленному клапану. Произвести осмотр и измерение основных элементов. Сравнить их с размерами клапана. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2.

Геометрические параметры рабочей и вспомогательных фасок седла клапана.

D <sub>1</sub>		D <sub>2</sub>		D <sub>3</sub>		D <sub>4</sub>	
до	после	до	после	до	после	до	после

10. Обработать гнездо клапана зенкером с углом 75° и 15° для обеспечения необходимой ширины рабочей фаски.
11. Обработать рабочую фаску чистовым зенкером соответственно с углом 45° или 60°, обеспечив шероховатость  $R_a = 1,6$  мкм. результаты ремонта зафиксировать и занести в таблицу 2.
12. Установить головку цилиндров с обработанными фасками седла в специальный станок для притирки, закрепить. Изучить конструктивные особенности станка и назначение основных элементов.
13. Восстановленный клапан установить в соответствующее гнездо в головке цилиндров, предварительно надев пружину на стержень и нанеся абразивную пасту на поверхность фасок.
14. Вращением маховика поднять корпус шпинделей в верхнее положение и вставить переходники так, чтобы квадраты вошли в отверстия муфт шпинделей.
15. Под наблюдением учебного мастера включить станок и произвести притирку поверхностей.
16. После завершения притирки клапаны и гнезда промыть керосином, протереть насухо и проконтролировать качество притирки.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика деталей сопряжения, применяемого оборудования, приспособлений и инструмента.
2. Таблица расчетных и измеренных величин, обоснование полученных значений, необходимые расчеты.
3. Операционная карта обработки и карта эскизов.

**Контрольные вопросы:**

1. Дефекты клапанов и седел автотракторных двигателей.
2. Как сказывается негерметичность сопряжения «седло - клапан» на работоспособность двигателя.
3. Дефекты, которые приводят к выбраковыванию деталей клапанной группы.
4. Способы устранения характерных повреждений клапана и седла.
5. Оборудование и инструмент, применяемые для восстановления работоспособности клапанов и седел.

**Работа № 9****Восстановление автомобильных деталей  
электролитическим хромированием**

Цель работы: изучить основы применения электролитического покрытия хромом для восстановления изношенных поверхностей автомобильных деталей.

**Содержание работы**

1. Ознакомление с технологическим процессом электролитического хромирования и применяемым оборудованием.
2. Освоение методики назначения параметров режима хромирования и расчёта времени, необходимого для получения покрытия заданной толщины и свойств.
3. Ознакомление с оформлением технологической документации для процесса хромирования.

## Основные теоретические положения

Для восстановления изношенных поверхностей различных деталей широкое распространение получило износостойкое твёрдое хромирование. Получение покрытия нужной структуры с соответствующими физико-механическими свойствами обеспечивается соответствующим составом электролита, а также параметрами режима, характеризующими условия электролитического осаждения металла.

Наибольшее распространение в практике ремонтного производства получил универсальный (стандартный) электролит, содержащий 220 - 250 кг/м<sup>3</sup> хромового ангидрида CrO<sub>3</sub> и 2,2 - 2,5 кг/м<sup>3</sup> серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, который позволяет получить три вида покрытий - блестящие, молочные и серые (матовые) при соответствующих значениях температуры электролита (t) и катодной плотности тока (i<sub>к</sub>)\* (рис. 1).

\* - Согласно ГОСТ 8.417-81 плотность тока определена в А/м<sup>2</sup>. Однако для учебных целей допустимо использование А/дм<sup>2</sup> (как общепринятой в практике производства).

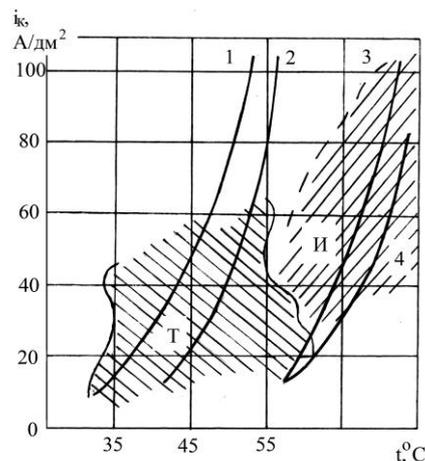


Рис. 1. – Области получения твердых (Т) и износостойких (И) хромовых покрытий при концентрации CrO<sub>3</sub> 250 г/л. 1 – серые осадки; 2 – 3 – блестящие осадки; 4 – молочные осадки; 1 -2 и 3 -4 - переходные зоны различных типов осадков.

Оптимальная толщина покрытия составляет 0,2 мм. Эффективность процесса и качество покрытия обеспечивается постоянством соотношения концентрации хромового ангидрида и

серной кислоты 100 : 1.

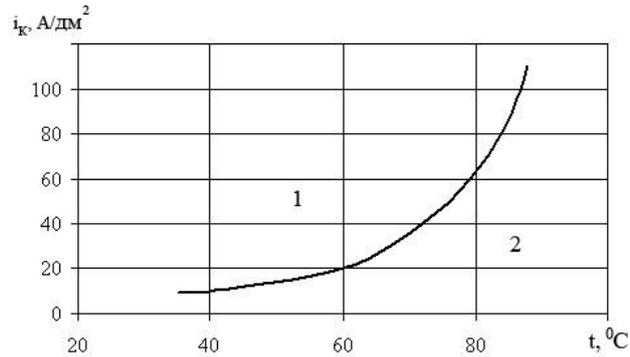


Рис. 2. - Влияние соотношения плотности тока и температуры электролита на трещинообразование: 1 – область образования трещин, 2 – область отсутствия трещин.

Осадкам хрома свойственны высокие внутренние напряжения. Причина возникновения напряжений – высокое наводораживание покрытий с образованием метастабильной гексагональной структуры  $\beta$ -Cr, характерной для осадков, полученных при низкой температуре, т.е. для матовых осадков. Гексагональный хром представляет собой фазу внедрения водорода в хром или гидрид хрома состава от  $\text{Cr}_2\text{H}$  до  $\text{Cr}_2\text{H}_2$ . Самопроизвольный переход гексагонального хрома в стабильную кубическую структуру ( $\alpha$ -Cr) приводит к сокращению объема осадка примерно на 15-16%. В результате под влиянием внутренних напряжений в хромовых покрытиях возникает пористость в виде сетки трещин. При повышении температуры электролита внутренние напряжения уменьшаются и число трещин сокращается.

Появление пористости начинается по достижении определенной толщины покрытий. На пористость хрома основное влияние оказывают температура электролита и соотношение между  $\text{CrO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Наиболее износостойкие покрытия получают при режимах электролиза, обеспечивающих получение покрытий на границе областей осаждения блестящих и молочных покрытий.

Блестящие износостойкие и антифрикционные покрытия могут быть двух видов: плотные и пористые. Блестящие осадки характеризуются высокой твёрдостью (микротвёрдость 7500 - 9000 МПа) и износостойкостью и рекомендуются для восстановления изношенных поверхностей деталей, работающих в условиях трения

скольжения со смазочным материалом при удельных нагрузках до 5 МПа.

Плотные (или обычные – твердые, износостойкие) используются как для повышения износостойкости вновь изготовленных деталей, так и для восстановления деталей, бывших в эксплуатации. Толщина износостойких покрытий составляет 3 – 20 мкм для мерительного и режущего инструмента и 20 – 60 мкм для матриц, пресс-форм, валов и деталей различных машин. При восстановлении изношенных деталей толщина покрытия может достигать 0,2 – 0,5 мм.

Пористые покрытия, обладающие высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью, применяются для нанесения на гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, поршневые кольца и некоторые другие детали. Поры, выявляемые в покрытии путем анодного травления или предварительного создания на поверхности основного металла специальных углублений, способны удерживать на своей поверхности смазочные масла в условиях воздействия высоких рабочих температур. Толщина покрытия на вновь поставляемых деталях 0,04 – 0,07 мм. При восстановлении изношенных деталей толщина покрытия может составлять 0,1 – 0,3 мм.

Молочные покрытия характеризуются большей пластичностью, хорошей смачиваемостью и отсутствием склонности к трещинообразованию (в тонких слоях). Рекомендуются для восстановления изношенных поверхностей деталей, работающих в условиях трения скольжения со смазочным материалом при удельных нагрузках не более 1 МПа.

Серые (матовые) покрытия характеризуются низкими физико-механическими свойствами и не находят практического применения.

Электролитический хром отличается мелкокристаллической структурой. Наименьшими размерами обладают кристаллы блестящего хрома (не более 0,01 мкм). Кристаллы молочного хрома достигают 1 мкм, а серого до 10 мкм. Осадки хрома характеризуются слоистостью и образованием на поверхности характерных наростов - микросфероидов, которые наблюдаются при осаждении покрытия толщиной более 50 мкм и существенно снижают качество покрытия при толщинах более 0,2 мм.

Процесс хромирования отличается длительностью, что

обусловлено значением электрохимического эквивалента ( $C$ ), равного  $0,323 \text{ г}/(\text{А}\cdot\text{ч})$ , и малым выходом по току ( $\eta$ ) в стационарных ваннах –  $13 - 15 \%$ . Время процесса ( $T_o$ ) мин. рассчитывается по заданной толщине покрытия ( $h$ ) мм, для назначенных параметров режима осаждения:

$$T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot i_k \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  - плотность хрома, (при  $20^\circ\text{C}$  находится в интервале  $6,9 - 7,2 \text{ г}/\text{см}^3$ ).

Процесс осаждения хрома на изношенную поверхность реализуется в специальных установках, состоящих из рабочей ванны хромирования, ванн для обезжиривания и промывки деталей, а также силового электроагрегата (генератор постоянного тока на  $12 \text{ В}$  или селеновый выпрямитель, подключаемый к сети переменного тока) и щита управления с реостатом и контрольно-измерительными приборами.

Рабочая ванна для обеспечения нужного температурного режима имеет систему подогрева электролита, а для удаления вредных паров и газов на бортах ванны устанавливается стальной или пластмассовый вентиляционный кожух, который трубами сообщается с системой очистки.

Система подогрева двухконтурная, обеспечивающая нагрев электролита водой или трансформаторным маслом, которые заливаются во внешний кожух и в свою очередь нагреваются с помощью ТЭНов (возможно использование змеевика с паром).

В связи с химической агрессивностью хромового ангидрида внутренние стенки рабочей ванны футеруют рольным свинцом или кислотоупорным материалом типа винипласт. В отдельных случаях ванну изготавливают из специальной коррозионно-стойкой стали.

На кожух ванны установлены кронштейны с анодными и катодными штангами, на которые навешивают подвески с анодами (свинцовые пластины) и катодами (деталь).

Для деталей различной конфигурации необходимо иметь аноды различной формы, соответствующей форме детали, так чтобы все точки восстанавливаемой поверхности были равноудалены от поверхности анода. Если деталь имеет сложную конфигурацию и форма анодов не может обеспечить равномерного

распределения силовых линий электромагнитного поля по поверхности хромируемой детали, часто используют экраны (полимерные пластины, устанавливаемые между анодом и катодом).

Технологическому процессу электролитического нанесения хрома предшествует механическая обработка поверхности с целью восстановления правильной геометрической формы (устранения овальности и конусообразности, обусловленных неравномерностью износа). Обработка производится на шлифовальных станках с последующим полированием до параметра шероховатости  $R_a = 0,16$  мкм.

Технологический процесс хромирования начинается с тщательной очистки и обезжиривания детали. Обезжиривание производится в несколько этапов. На первом этапе промывка в бензине, уайт-спирите или другом растворителе. На втором этапе применяют электролитическое обезжиривание в горячих растворах щелочей при плотности тока  $5 - 10$  А/дм<sup>2</sup> в течение  $1 - 2$  мин. Для деталей сложной конфигурации с целью удаления жировых отложений в труднодоступных местах применяют протирку венской известью (кашецеобразный раствор негашёной извести со щёлочью). Обезжиренные детали тщательно промывают сначала тёплой водой (до  $60^\circ\text{C}$ ), а затем холодной водой. Сплошная без разрывов плёнка воды на обезжиренной поверхности свидетельствует о хорошем качестве очистки.

После обезжиривания производится изоляция мест, не подлежащих хромированию. В качестве изоляционного материала применяют цапон-лак, эмалит или резиновый клей. Возможна изоляция листами хлорвинилового пластика.

Для обеспечения хорошего контакта деталей со штангой ванны и наилучшей ориентации покрываемой поверхности относительно анодов детали монтируют на специальных подвесках.

С целью снятия окисных плёнок с восстанавливаемой поверхности, которые образуются во время обезжиривания и промывки, а также обнаружения структуры металла (что способствует повышению прочности сцепления покрытия с поверхностью детали) на последней стадии перед хромированием производят анодную обработку - декапирование.

## Режимы анодной активации

Материал детали (марка стали)	Толщина хромового покрытия, мкм	Продолжительность активации
низкоуглеродистая	0,025	100 – 120
	0,15	150 – 200
высокоуглеродистая	0,025	60 – 100
	0,15	120 – 150
легированная	0,025	40 – 60
	0,15	60 – 100
высоколегированная	0,025	30 – 40
	0,15	40 – 60
коррозионностойкая	0,025	5 – 10
	0,15	10 - 20

Декапирование проводят при плотности тока  $25 - 40 \text{ А/дм}^2$  либо в специальной ванне, содержащей электролит хромирования стандартного состава, либо в обычной ванне, в которой затем после переключения полярности штанг ведется процесс хромирования. В первом случае температура декапирования должна быть  $50 \pm 3^\circ\text{C}$ , во втором случае должна соответствовать той температуре, при которой после декапирования будет протекать процесс хромирования. Перед декапированием детали выдерживают в электролите без тока с целью их прогрева.

Длительность анодной активации зависит от марки стали, из которой изготовлена деталь, и толщины наносимого покрытия (табл.1).

Осаждение хрома на восстанавливаемой поверхности осуществляется в рабочей ванне согласно назначенному режиму в течение времени, рассчитанному согласно формуле (1). Хромирование начинают с «толчка» тока, т.е. в течение первых 1 – 2 мин. плотность тока должна в 2 – 3 раза превышать назначенную. Затем плотность тока снижается в течение 1 – 1,5 мин. до нормальной величины. «Толчок» тока обязателен при хромировании высоколегированных и коррозионно-стойких сталей.

На заключительной стадии технологического процесса осуществляется промывка деталей в горячей дистиллированной воде (для сбора электролита), сушка и демонтаж подвесок,

удаление изоляции. При необходимости детали подвергаются нагреву до 200 - 250°С для обезводораживания. Выдержка в течение 2 – 3 ч. После контроля качества покрытия детали поступают на механическую обработку под окончательный размер.

### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Ванна гальваническая для хромирования со стандартным электролитом.
2. Щит управления с контрольно-измерительными приборами.
3. Подвески для деталей.
4. Ареометр.
5. Молоток медный 0,5 кг.
6. Микрометры с диапазоном измерения 0 – 25, 25 – 50 мм (МК-25-1, МК-50-1 ГОСТ 6507-90).
7. Линейка измерительная с пределом измерения 300 мм (Линейка – 300 ГОСТ 427-75).
8. Секундомер.

### **Последовательность выполнения:**

ВСЕ ДЕЙСТВИЯ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПОД НАБЛЮДЕНИЕМ УЧЕБНОГО МАСТЕРА.

1. Проконтролировать плотность электролита с помощью ареометра. (Необходимая величина плотности 1,18 - 1,20 кг/м<sup>3</sup>).
2. Проверить уровень электролита в ванне хромирования и при необходимости долить дистиллированную воду или электролит хромирования до заданного уровня.
3. Проверить состояние анодных и катодных штанг, а также свинцовых пластин анодов. В случае необходимости зачистить.
4. Проанализировать конструктивные и технологические особенности, а также условия эксплуатации восстанавливаемой детали (применительно к восстанавливаемой поверхности – стержень клапана или поршневой палец двигателя СМД - 18).

Размеры восстанавливаемой поверхности - диаметр (d), длину (l) и значение площади:

$$S = \pi \cdot d \cdot l, \text{ дм}^2 \quad (2)$$

Внести в таблицу 2.

Таблица 2.

Параметры детали, режимов хромирования и декапирования

	d, дм	l, дм	S, дм <sup>2</sup>	i <sub>к</sub> , А/дм <sup>2</sup>	i <sub>а</sub> , А/дм <sup>2</sup>	t, С	I <sub>к</sub> , А	I <sub>а</sub> , А	h, мм	T <sub>о</sub> , мин	T <sub>а</sub> , с
Стержень клапана СМД - 18											
Палец поршневой СМД - 18											

5. Учитывая эксплуатационные свойства выполняемого покрытия, назначить значение температуры электролита и катодную плотность тока (см. рис. 1). Внести в таблицу 2.

6. По назначенным параметрам плотности тока определить величину тока на ванну в режиме декапирования и хромирования:

$$I = i_k \cdot S, \text{ А} \quad (3)$$

Внести в таблицу 2.

7. Рассчитать время процесса хромирования на необходимую толщину слоя хрома для назначенных параметров режима по формуле (1).

8. Произвести очистку детали, изоляцию мест, не подлежащих покрытию, и выполнить монтаж детали на подвеску. Обезжирить деталь.

9. Завесить деталь в ванну и произвести декапирование согласно рекомендованному режиму (деталь - анод, свинцовые пластины – катод) и времени - T<sub>а</sub>.

10. Не вынимая деталь из ванны после декапирования, переключить направление тока на катодное покрытие и довести величину тока до расчетной величины. Вести процесс хромирования согласно расчетному времени – T<sub>о</sub>.

11. Отключить питание ванны, извлечь деталь, промыть в дистиллированной воде, произвести демонтаж с подвески, сушить горячим воздухом. Провести визуальный контроль качества покрытия.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика восстанавливаемой детали и поверхности. Применяемое оборудование, приспособления, инструмент.
2. Таблица расчётных и назначенных величин. Обоснование их значений, необходимые расчёты и формулы.
3. Карта технологического процесса хромирования и карта эскизов.

**Контрольные вопросы:**

1. Виды хромовых покрытий, применяемые для восстановления изношенных поверхностей, их эксплуатационные характеристики.
2. Особенности подготовки поверхности перед покрытием.
3. Состав электролита для хромирования.
4. Параметры режимов хромирования и их влияние на качество и вид покрытия.
5. Оборудование, применяемое для электролитического хромирования.
6. Основные операции технологического процесса хромирования, их назначение.

**Работа №10****Восстановление автомобильных деталей  
электролитическим железнением**

Цель работы: изучить основы применения электролитического покрытия железом для восстановления изношенных поверхностей.

**Содержание работы:**

1. Ознакомление с технологическим процессом электролитического железнения и применяемым оборудованием.
2. Освоение методики назначения параметров режима железнения и расчёта времени, необходимого для получения покрытия заданной толщины и свойств.
3. Ознакомление с оформлением технологической документации для процесса железнения.

## Основные теоретические положения

Для восстановления изношенных поверхностей различных деталей широко применяют покрытия электролитическим железом, для получения которых используют хлористые электролиты различной концентрации. В зависимости от концентрации электролита, параметров режима можно получать твёрдые мелкозернистые покрытия толщиной до 1,5 мм с высокими механическими свойствами и износостойкостью, близкой к износостойкости закалённой стали.

Наибольшее распространение в практике ремонтного производства получил малоцентрированный электролит, содержащий 200 - 220 кг/м<sup>3</sup> хлористого железа FeCl<sub>2</sub> и 1 - 1,5 кг/м<sup>3</sup> соляной кислоты HCl. Наличие кислоты в электролите обуславливает его кислотность, характеризуемую величиной pH, и является одним из важнейших параметров катодного процесса осаждения железа. При недостаточной кислотности электролит становится мутным из-за выпадения хлопьев гидроксида железа Fe(OH)<sub>2</sub> и её накапливания около катода. Увеличение кислотности электролита снижает выход по току. По этой причине кислотность электролита желательно поддерживать на минимальном уровне.

В горячих электролитах при температуре  $t = 60 - 80^{\circ}\text{C}$  и плотности тока  $i_k = 30 - 60 \text{ А/дм}^2$  в электролите получают плотные и гладкие покрытия с высокой микротвёрдостью 5000 - 7000 МПа (рис. 1).

Толщина покрытия ограничивается появлением на поверхности осадка шероховатости и дендритов, которые возникают тем быстрее, чем выше плотность тока и чем ниже температура электролита. По этой причине практически толщина наносимого покрытия ограничена 0,3 - 0,4 мм.

Процесс осаждения железа в кислых хлористых электролитах осуществляют с применением растворимых анодов, изготавливаемых из низкоуглеродистых сталей (Сталь 08, 10 ГОСТ 1050-88). При растворении анодов образуется шлам. В связи с этим во избежание загрязнения электролита аноды помещают в чехлы из стеклоткани. Процесс железнения характеризуется достаточно высокой эффективностью т.к. имеет большое значение электрохимического эквивалента (С), равного 1,042 г/(А·ч), и выход

по току  $\eta = 85 - 90 \%$ , что обуславливает скорости осаждения железа, в 15 раз превышающие скорость осаждения хрома.

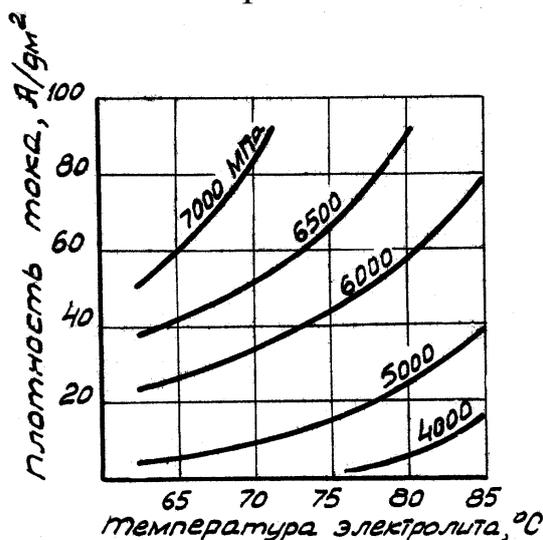


Рис. 1. - Взаимосвязь плотности тока и температуры электролита для различных значений микротвёрдости покрытия.

Время процесса ( $T_o$ ) в минутах рассчитывается по заданной толщине покрытия ( $h$ ) в миллиметрах для назначенных параметров режима железнения:

$$T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot i_k \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – плотность железа, г/см<sup>3</sup> (в расчётах принимать 7,8).

Гладкие твёрдые покрытия, микротвёрдостью более 5500 МПа, получаемые в электролитах при пониженной температуре  $t < 50$  С и невысокой плотности тока  $i_k < 40$  А/дм<sup>2</sup>, обладают наиболее мелкозернистой структурой, которая сопровождается большим количеством мелких трещин, что ухудшает качество покрытия. Однако склонность к трещинообразованию может быть полезно использована для получения пористых покрытий путём анодного травления для развития микротрещин, в которых удерживается смазочный материал (в условиях высоких рабочих температур).

Для улучшения качества покрытия и интенсификации процесса применяют автоматическое реверсирование тока в ванне. В этих условиях металл осаждается при более высокой плотности тока, что обусловлено стабилизацией концентрации катионов в прикатодном слое, чему способствует анодное растворение покрытия. Кроме того, улучшается равномерность распределения металла, уменьшается пористость, увеличивается адгезия,

снижаются внутренние напряжения, повышается твёрдость за счёт образования мелкокристаллической структуры.

Периодичность перемены полярности реверсивного тока составляет 5 - 10 раз в минуту, причем длительность катодного периода ( $\tau_k$ ) по отношению к анодному ( $\tau_a$ ) составляет для различных видов покрытий от 5 : 1 до 10 : 1. Частым случаем реверсирования тока является применение переменного тока с промышленной частотой 50 Гц, величина которого регулируется реостатами (рис. 2) так, чтобы отношение катодного и анодного импульсов, называемое коэффициентом асимметрии, было больше единицы:

$$\beta = \frac{I_k}{I_a} > 1, \quad (2)$$

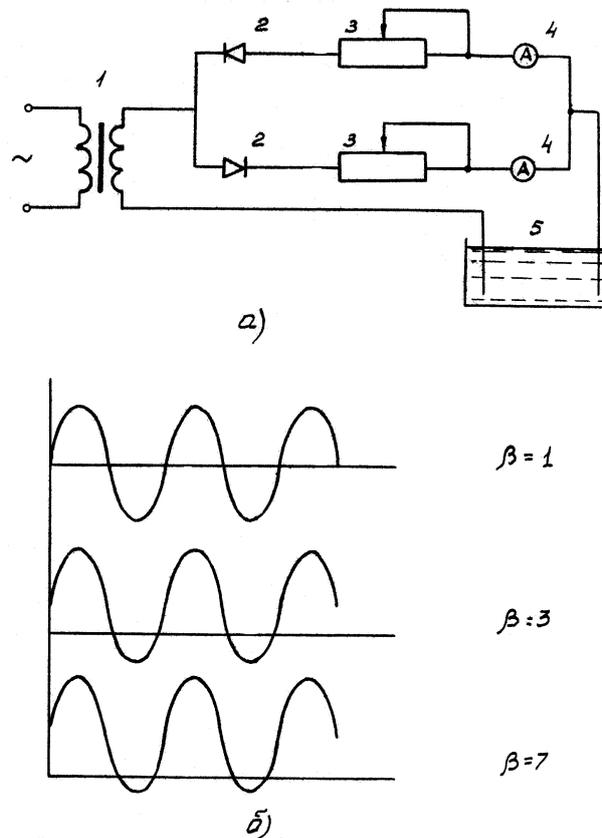


Рис. 2. - Принципиальная электрическая схема (а) и форма тока (б) питания гальванической установки асимметричным переменным током: 1 – трансформатор, 2 – выпрямитель, 3 – реостат, 4 – амперметр, 5 – ванна гальваническая.

Покрытие, полученное на асимметричном переменном токе, отличается хорошей сцепляемостью с основным металлом, что

обеспечивается переменной твёрдостью (по толщине) покрытия. Первые 2 – 3 минуты происходит осаждение слоя (микротвёрдость до 2500 МПа) с ненапряжённой решёткой, обеспечивающего прочное сцепление с основным металлом, при невысоких значениях  $\beta$ . Затем, повышая значение  $\beta$ , увеличивают микротвёрдость покрытия при одновременном росте скорости наращивания (рис. 3).

Процесс железнения изношенных поверхностей осуществляется в специальных установках, состоящих из рабочей ванны железнения, ванны анодного травления, ванны обезжиривания и ванн с проточной и горячей водой. Установка включает в себя силовой агрегат (генератор постоянного тока на 12 В или селеновый выпрямитель, подключённый к сети переменного тока) и щит управления с реостатами и контрольно-измерительными приборами.

Рабочая ванна железнения изготавливается из листовой стали (толщиной 3 - 5 мм) и внутри футеруется винипластом. Отвод вредных газов осуществляется с помощью вентиляционного кожуха, устанавливаемого на бортах ванны. Ванна имеет анодные и катодные штанги для установки анодов и восстанавливаемых деталей на подвесках. Аналогичные конструктивные решения имеются и в остальных ваннах.

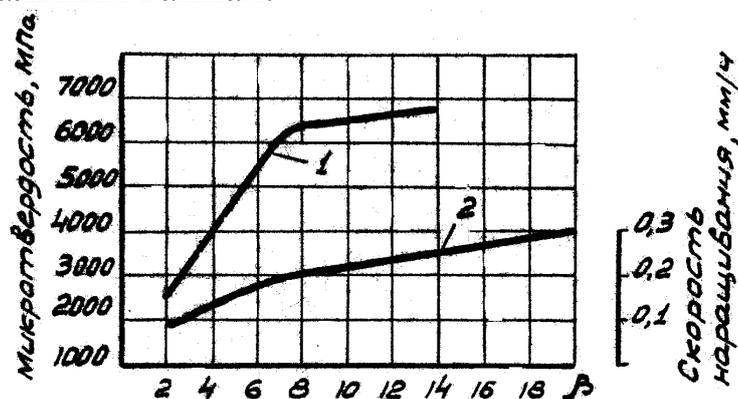


Рис. 3. - Влияние коэффициента асимметрии на микротвёрдость покрытия (1) и скорость наращивания (2).

Кроме того, рабочая ванна для условий работы с горячим электролитом имеет двухконтурную систему подогрева, обеспечивающую нагрев электролита водой или трансформаторным маслом, которые заливаются во внешний кожух и в свою очередь нагреваются с помощью ТЭНов (возможно

использование змеевика с паром).

Для деталей различной конфигурации необходимо иметь аноды различной формы, соответствующей форме детали, так чтобы все точки восстанавливаемой поверхности были равноудалены от поверхности анода.

Технологическому процессу электролитического нанесения железа предшествует механическая обработка поверхности с целью восстановления правильной геометрической формы (устранение овальности и конусообразности, обусловленных неравномерностью износа). Обработка производится на шлифовальных станках с последующим полированием до параметра шероховатости  $R_a = 0,16$  мкм.

Технологический процесс железнения начинается с тщательной счистки и обезжиривания детали. Обезжиривание производится в несколько этапов. На первом этапе промывка в бензине, уайт-спирите или других растворителях. На втором этапе применяют электролитическое обезжиривание в горячих растворах щелочей при плотности тока  $5 - 10$  А/дм<sup>2</sup> течение  $1 - 2$  мин. Для деталей сложной конфигурации с целью удаления жировых отложений в труднодоступных местах применяют протирку венской известью (кашецеобразный раствор негашёной извести со щелочью). Обезжиренные детали тщательно промывают сначала тёплой водой (до  $60^\circ\text{C}$ ), а затем холодной водой. Сплошная без разрывов плёнка воды на обезжиренной поверхности свидетельствует о хорошем качестве очистки.

После обезжиривания производится изоляция мест, не подлежащих железнению. В качестве изоляционного материала применяют цапон-лак, эмалит или резиновый клей. Для обеспечения хорошего контакта деталей со штангой ванны и наилучшей ориентацией покрываемой поверхности относительно анодов детали монтируют на специальных подвесках.

На последнем этапе перед железнением с целью снятия окисных плёнок с восстанавливаемой поверхности, которые образуются во время обезжиривания и промывки, а также для выявления структуры металла (что способствует повышению прочности сцепления покрытия с поверхностью детали) производят анодную обработку (анодное травление).

Анодное травление производят в электролите, содержащем 30-процентный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и сернокислое железо

концентрацией  $10 - 30 \text{ кг/м}^3$  (плотность электролита  $1,20 - 1,23 \text{ г/см}^3$ ). Параметры режима травления:  $D_a = 60 - 70 \text{ А/дм}^2$ , температура комнатная, время травления  $2 - 3 \text{ мин}$ , катоды из свинца. После анодного травления деталь тщательно промывают в горячей воде до полного удаления остатков кислоты, и немедленно подают в ванну для железнения.

Осаждение железа на восстанавливаемой поверхности осуществляется в рабочей ванне согласно назначенному режиму в течение времени, рассчитанному согласно формуле (1). Для процесса на постоянном токе после загрузки деталей в ванну их выдерживают без тока до 3-х минут (в зависимости от размера детали). Начальная плотность тока  $i_k = 1 - 5 \text{ А/дм}^2$ , затем в течение  $5 - 10 \text{ мин}$ . увеличивают до расчётного значения. Для процесса на переменном асимметричном токе в течение  $30 - 40 \text{ с}$ . ведут разрушение пассивной плёнки с коэффициентом асимметрии  $1,2$ , затем начинают осаждение с периодическим повышением коэффициента асимметрии через каждые  $2 \text{ мин}$ , придавая значение  $\beta = 2, 4, 6, 8$ . Завершается осаждение на максимальном коэффициенте асимметрии до получения необходимой толщины. Возможно проведение процесса осаждения в комбинированном варианте: начало на асимметричном токе, а завершение на постоянном.

На заключительной стадии технологического процесса осуществляется промывка деталей от электролита, нейтрализация в 10-процентном растворе щёлочи с последующей промывкой (в горячей воде), сушка и демонтаж с подвесок, удаление изоляции. После контроля качества покрытия детали поступают на механическую обработку под окончательный размер.

### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Ванна гальваническая для процесса железнения с хлористым электролитом.
2. Щит управления с контрольно-измерительными приборам.
3. Подвески для деталей.
4. Ареометр.
5. Молоток медный  $0,5 \text{ кг}$ .
6. Микрометр с диапазоном измерения  $0 - 25 \text{ мм}$  (МК-25-1 ГОСТ 6507-90).

7. Линейка измерительная с пределом измерения 300 мм (Линейка - 300 ГОСТ 427-75).

8. Секундомер.

**Последовательность выполнения:**

**ВСЕ ДЕЙСТВИЯ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПОД НАБЛЮДЕНИЕМ УЧЕБНОГО МАСТЕРА**

1. Проверить плотность электролита с помощью ареометра (хлористое железо 1,12 - 1,15 кг/м<sup>3</sup>, электролит для травления 1,20 – 1,23 кг/м<sup>3</sup>).

2. Проверить уровень электролита в ванне железнения и анодного травления и при необходимости долить дистиллированную воду или электролит до заданного уровня.

3. Проверить состояние анодных и катодных штанг, а также анодных пластин. В случае необходимости зачистить.

4. Проанализировать конструктивные и технологические особенности, а также условия эксплуатации восстанавливаемой детали (применительно к восстанавливаемой поверхности – клапан впускной двигателя СМД - 18, СМД - 23)

Размеры восстанавливаемой поверхности - диаметр (d), длину (l) и значение площади:

$$S = \pi \cdot d \cdot l, \text{ дм}^2 \quad (2)$$

внести в таблицу 1.

Таблица 1.

Параметры детали и режимов железнения и анодного травления.

d, дм	l, дм	S, дм <sup>2</sup>	i <sub>к</sub> , А/дм <sup>2</sup>	i <sub>а</sub> , А/дм <sup>2</sup>	i <sub>к</sub> <sup>н</sup> , А/ дм <sup>2</sup>	t, °С	I, А	I <sub>а</sub> , А	I <sup>н</sup> , А	h, мм	T <sub>о</sub> , ми н	T <sub>а</sub> , с

5. Учитывая эксплуатационные свойства выполняемого покрытия, назначить значение температуры электролита и катодную плотность тока, а также коэффициент асимметрии (см.

рис. 1). Внести в таблицу 1.

6. По назначенным параметрам плотности тока для начала и конца процесса ( $i_k^H$ ,  $i_k$ ) и анодного травления ( $i_a$ ) определить величину тока на ванну в режиме травления и железнения:

$$I = i \cdot S, (A) \quad (3)$$

Внести в таблицу 1.

7. Рассчитать время процесса железнения на необходимую толщину слоя покрытия для назначенных параметров режима по формуле (1). Назначить время анодного травления ( $T_a$ ).

8. Произвести очистку детали, изоляцию мест, не подлежащих покрытию, и выполнить монтаж детали на подвеску. Обезжирить деталь.

9. Завесить деталь в ванну для анодного травления и произвести травление согласно рекомендованному режиму (деталь - анод, свинцовые пластины – катод) и времени -  $T_a$ .

10. Извлечь деталь из ванны анодного травления, произвести тщательную промывку в горячей воде до полного удаления остатков кислоты и тут же подать в ванну железнения.

11. Произвести железнение согласно назначенному режиму (на постоянном или переменном асимметричном токе, или комбинированным способом) в течение расчётного времени ( $T_o$ ).

12. Отключить питание ванны, извлечь деталь, промыть горячей водой, произвести нейтрализацию в растворе щёлочи, промыть в проточной воде, произвести демонтаж с подвески и удалить изоляцию, сушить горячим воздухом. Произвести визуальный контроль качества покрытия.

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика восстанавливаемой детали и поверхности. Применяемое оборудование, приспособления, инструмент.

2. Таблица расчётных и назначенных величин. Обоснование их значений, необходимые расчёты и формулы.

3. Карта эскизов и карта технологического процесса железнения.

**Контрольные вопросы:**

1. Виды железных покрытий, применяемые для восстановления изношенных поверхностей, их эксплуатационные характеристики.
2. Особенности подготовки поверхности перед покрытием.
3. Состав электролита для железнения.
4. Параметры режимов железнения и их влияние на качество и вид покрытия.
5. Сущность железнения на асимметричном токе, его преимущества.
6. Оборудование, применяемое для электролитического железнения.
7. Основные операции технологического процесса железнения, их назначение.

**Работа № 11****Восстановление автомобильных деталей  
электролитическим меднением**

Цель работы: изучить основы применения электролитического покрытия медью для восстановления изношенных поверхностей.

**Содержание работы**

1. Ознакомление с технологическим процессом электролитического меднения и применяемым оборудованием.
2. Освоение методики назначения параметров режима меднения и расчёта времени, необходимого для получения покрытия заданной толщины и свойств.
3. Уяснение роли никелирования при меднении в кислых сульфатных электролитах.
4. Ознакомление с оформлением технологической документации для процесса меднения.

## Основные теоретические положения

Электролитическое меднение в ремонтном производстве в основном применяется для восстановления посадки с натягом (покрытие наружной поверхности стальных вкладышей подшипников коленчатого вала) или восстановления размеров бронзовых втулок (меднение наружной поверхности втулки с последующим обжатием для восстановления внутреннего диаметра), а также в качестве подслоя для декоративного хромирования. Толщина покрытия может составлять от 0,005 до 1,0 мм.

Для электролитического осаждения меди существует большое количество электролитов подразделяемых на две основные группы: простые (кислые) и комплексные (щелочные).

Наибольшее распространение в ремонтной практике получили кислые электролиты. Они просты по составу и допускают работу при невысоких плотностях тока  $i_k = 5 \text{ А/дм}^2$ , особенно в условиях перемешивания электролита, при комнатной температуре.

Типичным представителем является сернокислый электролит, содержащий медь сернокислую  $\text{CuSO}_4$  200 - 250 кг/м<sup>3</sup> и серную кислоту  $\text{H}_2\text{SO}_4$  35 - 70 кг/м<sup>3</sup>.

Осадки меди в этом электролите имеют крупнокристаллическую и вместе с тем плотную структуру. Электролит отличается высоким выходом по току  $\eta = 95 - 98 \%$ . Присутствие серной кислоты заданной концентрации обеспечивает правильное функционирование ванны. При недостатке серной кислоты осадки получаются хрупкими и с тёмными пятнами. Снижается электропроводность и выход по току.

К недостаткам простых электролитов следует отнести их низкую рассеивающую способность и невозможность непосредственного меднения стали и других более электроотрицательных, чем медь, металлов. При погружении этих металлов в электролит происходит контактное вытеснение меди в виде плохо сцеплённого (иногда рыхлого) осадка. Вследствие этого меднение таких металлов в простых электролитах осуществляется после предварительного осаждения медного слоя (3 - 4 мкм) из комплексного (цианистого) электролита или после осаждения никелевого слоя (3 - 5 мкм). Однако, в связи с высокой токсичностью цианистых электролитов, требующих соблюдения

строгих мер безопасности и больших затрат на обезвреживание сточных вод, их применение ограничено.

Для получения подслоя никеля при меднении стальных деталей используют сернокислые электролиты с концентрацией сернокислого никеля  $\text{NiSO}_4$  до  $200 \text{ кг/м}^3$ . Наличие в таком электролите сернокислого натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  до  $50 \text{ кг/м}^3$  способствует пластичности никелевого подслоя. Для обеспечения стабильности, режима осаждения электролит должен иметь кислотность (рН) в пределах 4,0 - 5,5, которая поддерживается введением в электролит борной кислоты до  $20 \text{ кг/м}^3$ .

Процессы как меднения, так и никелирования осуществляются с применением растворимых анодов: для меднения аноды изготовляют из меди марки М1, а для никелирования из никелевых пластин. Соотношение площади анодов к поверхности катода (детали) должно поддерживаться 2 : 1.

Осаждение никеля происходит в электролите при комнатной температуре и невысокой плотности тока  $i_k = 0,5 - 1,0 \text{ А/дм}^2$ . Меднение и никелирование имеют высокую скорость осаждения за счет высокого значения выхода по току  $\eta_{\text{Ni}} = 90 - 95 \%$  и электролитического эквивалента (С):

для меднения	1,186 г/(А·ч),
для никелирования	1,095 г/(А·ч).

Время процесса ( $T_o$ ) в мин. рассчитывается по заданной толщине покрытия (h) в миллиметрах для назначенных параметров режима меднения и никелирования:

$$T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot i_k \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  - плотность меди –  $8,93 \text{ г/см}^3$ , никеля –  $8,90 \text{ г/см}^3$ .

Питание гальванических ванн меднения и никелирования осуществляют постоянным током одного направления. Однако в таком случае не удаётся получить гладкое покрытие из-за образования наростов, чему способствует обеднение прикатодного слоя электролита катионами осаждаемого металла. Как средство борьбы с этим явлением применяют перемешивание электролита.

Наиболее эффективным является применение автоматического, реверсирования тока в ванне. В этом случае выравнивается концентрация катионов в прикатодном слое в

период анодной поляризации, чему способствует анодное растворение покрытия (особенно на гребешках неровностей).

Периодичность перемены полярности реверсивного тока составляет 5 - 10 раз в минуту, причём длительность катодного периода ( $\tau_k$ ) по отношению к анодному ( $\tau_a$ ) составляет для различных видов покрытия от 5 : 1 до 10 : 1.

Процесс меднения и никелирования осуществляется в специальных установках, состоящих из рабочих ванн меднения и никелирования, ванны для обезжиривания и ванн с проточной и горячей водой.

Установка включает силовой агрегат (генератор постоянного тока на 12 В или селеновый выпрямитель, подключенный к сети переменного тока) и щит управления с контрольно-измерительными приборами. При работе ванны меднения на токе переменной полярности в общую внешнюю электрическую сеть ванны включается последовательно реверсатор, который периодически (по программе) изменяет полярность на штангах ванны.

Рабочие ванны меднения и никелирования изготовлены из листовой стали и облицованы внутри кислотоупорным материалом (хлорвинилом, винипластом). Для подвода электрического тока к анодам и деталям на бортах ванн устанавливаются на специальных изоляционных подставках катодные и анодные штанги. На них подвешиваются аноды и детали на специальных подвесках. Для деталей различной конфигурации необходимо иметь аноды различной формы, соответствующей форме детали, так чтобы все точки покрываемой поверхности были равноудалены от поверхности анода.

Технологический процесс меднения начинается с очистки и обезжиривания детали. Обезжиривание производят в два этапа. На первом этапе после очистки промывка в бензине, уайт-спирите или других растворителях. На втором этапе производят протирку венской известью (кашецеобразный раствор негашёной извести со щёлочью). Обезжиренные детали тщательно промывают сначала тёплой (до 60°C), а затем холодной водой. Сплошная без разрывов плёнка воды на обезжиренной поверхности свидетельствует о хорошем качестве очистки. После обезжиривания производят изоляцию мест, не подлежащих покрытию. В качестве изоляционного материала применяют цапон-лак, эмалит или

резиновый клей. Возможна изоляция листами хлорвинилового пластика.

Для обеспечения хорошего контакта деталей со штангой ванны и наилучшей ориентации покрываемой поверхности относительно анодов детали монтируют на специальных подвесках.

Осаждение подслоя никеля осуществляется в рабочей ванне никелирования согласно назначенному режиму в течение времени, рассчитанному согласно формуле (1). После завершения процесса никелирования деталь на подвеске промывается в проточной воде и подаётся в ванну меднения. Процесс меднения осуществляется согласно назначенному режиму в течение времени, рассчитанному согласно формуле (1).

На заключительной стадии технологического процесса осуществляется промывка и нейтрализация в растворе щёлочи деталей от электролита, сушка, удаление изоляции, и демонтаж с подвесок. После контроля качества покрытия контролируются размеры меднёной поверхности.

#### **Оборудование, оснастка, инструмент:**

1. Ванна гальваническая для никелирования и меднения с сернокислыми электролитами (сернокислый никель и сернокислая медь соответственно).
2. Щит управления с контрольно-измерительными приборами и реверсатором в схеме ванны меднения.
3. Подвески для деталей.
4. Ареометр.
5. Молоток медный 0,5 кг.
6. Микрометр с диапазоном измерения 0 – 25 мм (МК-25-1 ГОСТ 6507-90).
7. Линейка измерительная с пределом измерения 300 мм (Линейка – 300 ГОСТ 427-75).
8. Секундомер.

#### **Последовательность выполнения:**

ВСЕ ДЕЙСТВИЯ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПОД НАБЛЮДЕНИЕМ УЧЕБНОГО МАСТЕРА.

1. Проконтролировать плотность электролита в обеих ваннах с помощью ареометра. (Необходимая величина плотности сернокислого никеля –  $1,109 \text{ кг/м}^3$ , сернокислой меди –  $1,107 \text{ кг/м}^3$ ).

2. Проверить уровень электролита в ваннах никелирования и меднения и при необходимости долить дистиллированную воду или электролит заданного состава до заданного уровня.

3. Проверить состояние анодных и катодных штанг, а также анодных пластин. В случае необходимости зачистить.

4. Проанализировать конструктивные и технологические особенности, а также условия эксплуатации восстанавливаемой детали (применительно к восстанавливаемой поверхности – стальной вкладыш коренного подшипника коленчатого вала двигателя СМД-18).

Размеры восстанавливаемой поверхности: наружный  $d$ ), ширину ( $l$ ) и значение площади:

$$S = \pi \cdot d \cdot l, \text{ дм}^2 \quad (2)$$

внести в таблицу 1

Таблица 1

Параметры детали и режимов никелирования и меднения.

d, д м	l, д м	S, дм <sup>2</sup>	Никелирование					Меднение							
			$i_k$ , А/дм <sup>2</sup>	t, ° С	h, м м	$I_k$ , , А	$T_0$ , ми н	$I_k$ , А/дм <sup>2</sup>	$i_a$ , А/дм <sup>2</sup>	t, ° С	I, А	h, м м	$T_0$ , ми н	$\tau_k/\tau_a$	

5. Назначить параметры режима никелирования: плотность тока, температуру и толщину наносимого слоя. Внести в таблицу 1.

6. Назначить параметры режима меднения: плотность тока, температуру и толщину покрытия. Обосновать периодичность перемены полярности реверсивного тока и задать отношение длительности. Внести в таблицу 1.

7. Произвести очистку детали, изоляцию мест, не подлежащих покрытию, и выполнить монтаж детали на подвеску. Обезжирить деталь.

8. Завесить деталь в ванну никелирования и произвести никелирование согласно рекомендованному режиму.

9. Отключить питание ванны, извлечь деталь, промыть в дистиллированной воде, произвести демонтаж с подвески. Провести визуальный контроль качества покрытия.

10. Завесить деталь в ванну меднения и произвести меднение согласно рекомендованному режиму.

11. Отключить питание ванны, извлечь деталь, промыть в дистиллированной воде, произвести демонтаж с подвески, сушить горячим воздухом. Провести визуальный контроль качества покрытия.

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы. Характеристика восстанавливаемой детали и поверхности. Применяемое оборудование, приспособления, инструмент.

2. Таблица расчётных и назначенных величин. Обоснование их значений, необходимые расчёты и формулы.

3. Карта технологического процесса никелирования и меднения и карта эскизов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Применение медных покрытий, для восстановления изношенных поверхностей, их эксплуатационные характеристики.

2. Особенности подготовки поверхности перед меднением.

3. Состав электролита для меднения.

4. Состав электролита для никелирования.

5. Параметры режимов меднения и их влияние на качество и вид покрытия.

6. Параметры режимов никелирования и их влияние на качество и вид покрытия.

7. Оборудование, применяемое для электролитического меднения.

8. Основные операции технологического процесса меднения, их назначение.

9. Цель нанесения никелевого подслоя.

## Библиографический список

1. Синельников А.Ф. Основы технологии производства и ремонт автомобилей: Учеб. пособие для студ. Учреждений высш. проф. образования/ А.Ф.Синельников. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 320с.
2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] / учеб .в 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов. В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; Под ред. В.Н. Луканина. М.: Высш. шк., 1995. 368 с.: ил.
3. Хрулев, А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей [Текст] / А.Э. Хрулев. М.: За рулем, 2000. 440 с., ил., табл.
3. Дехтеринский, Л.В. Капитальный ремонт автомобилей: Справочник [Текст] / Л.В. Дехтеринский, Р.Е. Есенберлин, К.Х. Акмиев и др.; под ред. Р.Е. Есенберлина. М.: Транспорт, 1989. 335 с., ил., табл.
4. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] справочник в 2-х т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, В.Г. Мещерякова // М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил., табл.
5. Плеханов И.Ф. Расчет и конструирование устройств для нанесения гальванических покрытий. – М.: Машиностроение, 1988 – 224с.: ил.
6. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах / под ред. Шлугера М.А. – М.: Машиностроение, 1985. – 240с.: ил.
7. Дасоян М.А., Пальмская И.Я., Сахарова Е.В. Технология электрохимических покрытий. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391 с.: ил.