

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация
наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» дневной и заочной форм обучения*

Часть 2



Могилев 2025

УДК 629.13
ББК 39.33
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«31» августа 2025 г., протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. А. С. Мельников;
ассистент А. А. Мельников

Рецензент ст. преподаватель Ю. С. Романович

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине
«Восстановительные технологии» предназначены для студентов специальности
6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» дневной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Часть 2

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Дефектовка блока цилиндров	5
2 Лабораторная работа № 2. Дефектовка коленчатого вала.....	8
3 Лабораторная работа № 3. Дефектовка блока шестерен.....	12
4 Лабораторная работа № 4. Дефектовка шатунов двигателя внутреннего сгорания	16
5 Лабораторная работа № 5. Определение маршрута восстановления деталей.....	21
6 Лабораторная работа № 6. Восстановление деталей хромированием.....	24
7 Лабораторная работа № 7. Исследование процесса наплавки деталей под слоем флюса	31
8 Лабораторная работа № 8. Расчет размерных групп при комплектовании поршней с гильзами цилиндров двигателя	36
Список литературы	40

Введение

Важнейшим источником повышения эффективности работы автомобильного транспорта является постоянное совершенствование организации выявления дефектов и неисправностей деталей и узлов транспортных средств, технологии производства и ремонта автомобилей.

Цель методических рекомендаций – помочь студентам специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» дневной и заочной форм обучения сформировать на основе теории и практических методов знания, умения в области организации и технологии производства и ремонта автомобилей; развитие практических навыков по повышению эффективности ремонтного производства и улучшению качества ремонта и восстановления автомобилей.

Большое значение имеют задачи развития и совершенствования ремонтного производства.

Основные задачи дисциплины:

- показать практическую значимость ремонта автомобилей и повышение эффективности авторемонтного производства;
- раскрыть пути выполнения проведения ремонта и восстановления работоспособности деталей и узлов автомобилей на авторемонтном производстве на основе применения достижений современной промышленности и научно-технического прогресса;
- дать необходимые знания и навыки по организации мероприятий системы восстановления исправности и работоспособности автомобилей и их основных частей в условиях ремонтного производства автотранспортных организаций.

Изучение дисциплины базируется на фундаментальных знаниях общетехнических дисциплин: механике материалов; теоретической механике; материаловедению; деталям машин; автомобилям; автомобильным двигателям; технической эксплуатации автомобилей и др.

Изучаемая дисциплина является основной для изучения и освоения методов и способов организации процесса восстановления и ремонта основных узлов автомобилей при проведении ремонта автомобилей.

1 Лабораторная работа № 1. Дефектовка блока цилиндров

Содержание работы

Цель работы – ознакомиться с техническими условиями на контроль-сортировку блока цилиндров, с устройством и применением необходимых измерительных инструментов; освоить процесс контроля блока и технику выполнения измерений диаметров отверстий; решить вопрос о годности детали по результатам внешнего осмотра и измерений и составлений с требованиями технических условий; изучить характер износа цилиндров.

При контроле блока цилиндров и гильз двигателя выделяют дефекты путем наружного осмотра, определяют величины износа рабочих поверхностей цилиндров и их действительные размеры путем измерения диаметров в зоне максимальных износов параллельно и перпендикулярно оси коренных подшипников.

Определяют износ отверстий под подшипники распределительного вала, а также соосность опор коренных подшипников.

В результате наружного осмотра блока и измерения устанавливают к какой из следующих категорий можно его отнести: годен, подлежит восстановлению, негоден, а также возможные и целесообразные способы восстановления.

Перед выполнением данной работы студент должен ознакомиться с техническими условиями на контроль-сортировку блока цилиндров с устройством и применением измерительных инструментов и формой отчета по данной работе.

Оборудование рабочего места

Стол для микрометрических работ, индикаторные приборы для измерения отверстий с пределами измерений 25...50, 50...100 и 100...150 мм, микрометры с интервалами измерений 0...25, 25...50, 50...100, 100...150 мм, подставка для микрометра, телескопические штангиды 12...18 и 30...50 мм, штангенциркуль с точностью 0,1 мм для предварительного определения диаметра цилиндров, масштабная линейка, угольник, блок цилиндров.

Ход работы

Произвести внешний осмотр блока цилиндров в соответствии с техническими условиями.

Определить зону максимального износа цилиндров блока в соответствии со схемой и произвести измерения цилиндров в этом поясе в направлении, параллельном и перпендикулярном оси коренных подшипников.

Разместить пояса замеров в одном из наиболее изношенных цилиндров блока в соответствии со схемой и произвести измерения.

Произвести измерения отверстий под подшипники распределительного вала в соответствии со схемой замеров.

Произвести измерения соосных опор коренных подшипников.

Произвести измерения направляющих толкателей в соответствии со схемой замеров.

Проанализировать результат внешнего осмотра блока и измерений, составить заключение о том, к какой из вышеуказанных категорий можно отнести блок цилиндров.

Для категории блоков, подлежащих восстановлению, установить возможные и целесообразные способы восстановления.

При установлении ремонтного размера для обработки диаметра цилиндров необходимо учесть припуск на обработку:

- на растачивание – 0,1...0,15 мм (на диаметр);
- на предварительное хонингование – 0,06 мм (на диаметр);
- на окончательное хонингование – 0,02 мм (на диаметр).

По результатам замеров одного из цилиндров блока в 9-ти поясах (согласно схеме замеров) построить диаграмму износа цилиндра по образующей.

Ведомость на контроль блока цилиндров представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Контроль блока цилиндров

Наименование двигателя	Материал детали		Термообработка гильзы	Твердость
	блока	гильзы		

Дефекты, установленные внешним осмотром, _____

Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты измерений

Схема замеров	Направление замеров	Номер цилиндра					
		1	2	3	4	5	6
	Параллельно оси вала						
	Перпендикулярно оси вала						
	Овальность						

Результаты замеров отверстий под подшипники распределительного вала занести в таблицу 1.3.

Допустимый размер без ремонта _____.

Результаты исследования износа стенок цилиндра и величину износа занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.3 – Замеры отверстий под подшипники распределительного вала

Схема замеров	Направление замеров	Номер подшипника					
		1	2	3	4	5	6
	Параллельно оси вала						
	Перпендикулярно оси вала						
	Овальность						

Таблица 1.4 – Исследование износа стенок цилиндра, величина износа

Номер пояса	Цилиндр		
	Длина	Размер	Износ
1	5		
2	10		
3	15		
4	20		
5	50		
6	85		
7	105		
8	120		
9	140		
10	160		

На рисунке 1.1 представлена схема проведения измерений износа цилиндров по длине.

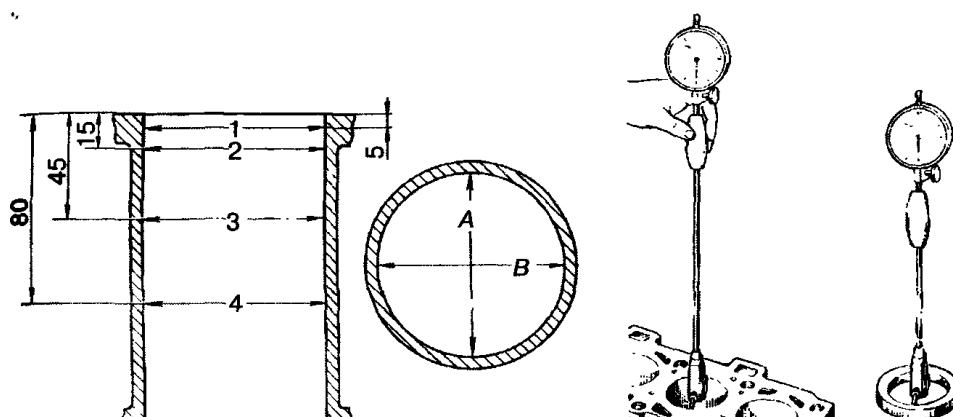


Рисунок 1.1 – Схема проведения измерений износа цилиндров по длине

Шаблон для графика кривых износа цилиндров по длине представлен на рисунке 1.2.

0		—			
20					
40					
60					
80					
100					
120					
140					
160					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4

Рисунок 1.2 – Кривые износа цилиндров по длине

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите виды дефектов блока цилиндров.
- 2 Укажите способы устранения дефектов блока цилиндров.
- 3 Перечислите причины возникновения дефектов блока цилиндров.
- 4 Назовите меры, направленные на снижения износа гильз цилиндров.

2 Лабораторная работа № 2. Дефектовка коленчатого вала

Содержание работы

Цель работы – ознакомиться с техническими условиями на контроль и сортировку коленчатого вала, а также с устройством и применением необходимых измерительных инструментов; освоить процесс контроля коленчатого вала и технику выполнения измерений вала; решить вопрос о годности детали путем сопоставления результатов внешнего осмотра и измерений с требованиями технических условий; изучить дефекты коленчатого вала и характер износа коренных и шатунных шеек.

Перед выполнением данной работы студент должен ознакомиться с

техническими условиями на контроль-сортировку коленчатого вала, с устройством и применением измерительных инструментов и с формой отчета по лабораторной работе.

Основные конструктивные элементы коленчатого вала – коренные и шатунные шейки, носок вала (посадочные поверхности под шкив и шестерню), шпоночная канавка, резьба под храповик, фланец вала (отверстия под болты крепления маховика и под подшипник ведущего вала коробки передач). Требования к точности размеров в пределах квалитетов 4–5 (для шеек валов) и квалитетов 6–7 (для остальных конструктивных элементов), отклонения форм и расположения не должны выходить за пределы поля допуска 5-го квалитета. Отклонения радиуса кривошипа не должны превышать значения $+0,05$ мм. Шероховатость поверхности шеек не грубее $Ra = 0,32$ мкм. Коленчатые валы должны быть динамически отбалансированы. Установочной базой служат фаски в отверстиях под храповик и под подшипник ведущего вала коробки передач.

В процессе работы на коленчатый вал воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда и др. Это вызывает появление износов, нарушение качества поверхности шеек коленчатого вала (задиры, риски, коррозия), механические повреждения (трещины, дефекты резьб), отклонения расположения (биения). Скрытые дефекты определяются при помощи люминесцентных (ЛДА-3, ЛД-2), магнитных (МДБ, 77МД-1, МЭД-2) и ультразвуковых (УЗД-7Н) дефектоскопов. Возникающие дефекты устраняются обработкой под ремонтные размеры (РР), слесарно-механической обработкой, наплавкой под слоем легирующего флюса, гальваническими методами, установкой дополнительной ремонтной детали. Биение устраняется пластическим деформированием (правкой).

Оборудование рабочего места

Призмы для установки коленчатого вала, микрометры с интервалами измерений 75...100 и 100...150 мм, штангенциркуль с точностью 0,1 мм для предварительного определения диаметра цилиндров, масштабная линейка, дефектовочные карты и таблицы ремонтных размеров, коленчатый вал.

Ход работы

Произвести внешний осмотр коленчатого вала в соответствии с техническими условиями.

Разместить пояса коленчатого вала для замеров в соответствии со схемой замеров и произвести измерения коренных и шатунных шеек.

Измерить длину установочной шейки вала.

Измерить диаметр отверстия под болты во фланце маховика.

Измерить биение и определить стрелу прогиба коленчатого вала по неизношенному участку средней шейки.

Измерить биение фланца по торцу, зафиксировав вал от продольного смещения.

Измерить размер фланца вала по наружному диаметру.

Измерить диаметр отверстия под подшипники.

Для коленчатого вала, подлежащего восстановлению, установить возможные и целесообразные способы восстановления. Если восстановление шеек вала возможно под ремонтный размер, то необходимо определить маршрут ремонта вала.

Схема расположения плоскостей замеров коленчатого вала представлена на рисунке 2.1.

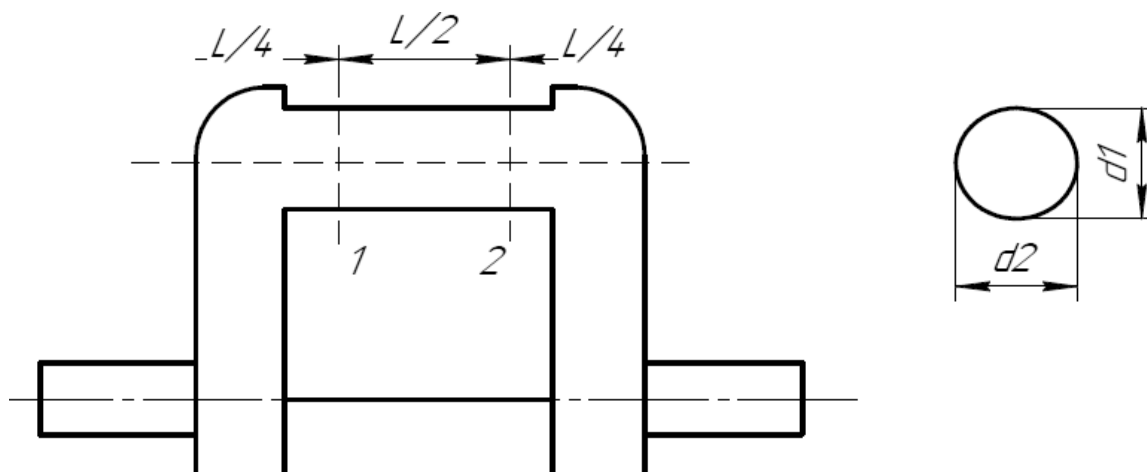


Рисунок 2.1 – Схема расположения плоскостей замеров коленчатого вала

Результаты контроля коленчатого вала занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Контроль коленчатого вала

Название двигателя	Материал детали	Термообработка	Твердость

Дефекты, установленные внешним осмотром, _____

Результаты замеров коренных шеек вала занести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Замеры коренных шеек вала

Пояс	Направление обмеров	Номер шейки вала				
1	Параллельно оси 1 шейки	1	2	3	4	5
	Перпендикулярно оси 1 шейки					
	Овальность					
2	Параллельно оси 2 шейки					
	Перпендикулярно оси 2 шейки					
	Овальность					

Результаты замеров шатунных шеек вала занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Замеры шатунных шеек вала

Пояс	Направление обмеров	Номер шейки вала				
1	Параллельно оси 1 шейки	1	2	3	4	5
	Перпендикулярно оси 1 шейки					
	Овальность					
2	Параллельно оси 2 шейки					
	Перпендикулярно оси 2 шейки					
	Овальность					

Замер длины установочной шейки вала _____ .

Размер, допустимый без ремонта, _____ .

Замер установочных отверстий во фланце _____ .

Размер, допустимый без ремонта, _____ .

Прогиб вала и биение фланца _____ .

Заключение студента о детали

1 По результатам внешнего осмотра _____ .

2 По результатам замеров коренных шеек шатунных шеек _____ .

_____ ;

_____ ;

длина шеек _____ ;

отверстия во фланце _____ ;

прогиб вала _____ ;

биение фланца _____ .

3 Общее заключение _____ .

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

1 Перечислите основные конструктивные элементы коленчатого вала и его дефекты.

2 Какие параметры характеризуют состояние шеек коленчатого вала?

3 Как проверить коленчатый вал на прогиб?

4 Как влияет изменение радиуса кривошипа коленчатого вала на работу двигателя?

5 Как определить значение ремонтного размера для шеек коленчатого вала?

6 Как производят шлифование шеек коленчатого вала?

3 Лабораторная работа № 3. Дефектовка блока шестерен

Содержание работы

Цель работы – ознакомиться с техническими условиями на контроль и сортировку коленчатого вала, а также с устройством и применением необходимых измерительных инструментов; освоить процесс контроля блока шестерен и технику выполнения измерений блока шестерен; решить вопрос о годности детали путем сопоставления результатов внешнего осмотра и измерений с требованиями технических условий; изучить дефекты блока шестерен и характер его износа.

Осмотром шестерни и ведомого вала коробки передач определяют наличие таких дефектов, как ступенчатая выработка, трещины, обломы, заусенцы, выкрашивание на рабочей поверхности зубьев или шлицев в виде мелких раковин, состояние резьбы и посадочных мест. Затем у шестерен измеряют штангенциркулем длину зуба. Полученные результаты измерения и замеченные дефекты записывают.

При измерении толщины зуба штангенциркулем шестерню устанавливают в тиски или специальную подставку, в положение, удобное для измерения данного зуба, и измеряют величину A (рисунок 3.1).

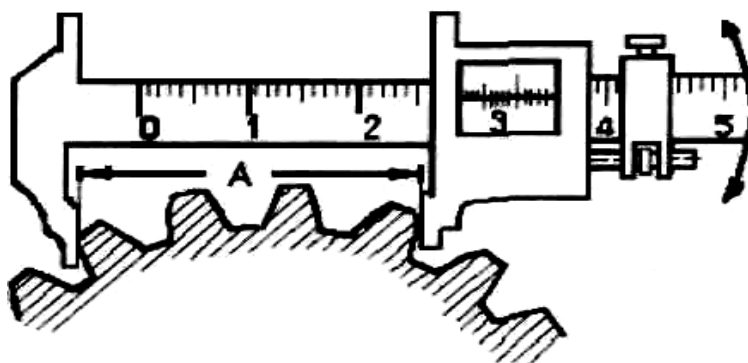


Рисунок 3.1 – Измерение толщины зуба штангенциркулем

Оборудование рабочего места

Штангенциркуль ШЦ-11 (ГОСТ 166–73) с точностью измерения 0,02 мм и с пределами измерения 0...160 мм, блок шестерен, подлежащий дефектации, ведомый вал коробки передач, дефектовочные карты.

Ход работы

Число зубьев, охватываемых штангенциркулем, может быть подсчитано по формуле

$$П = \frac{Z}{c}, \quad (3.1)$$

где P – число зубьев, охватываемых штангенциркулем;

Z – число зубьев шестерни.

Коэффициент s берется в зависимости от угла зацепления α из таблицы 3.1, число зубьев, охватываемых штангенциркулем при измерении толщины зуба из таблицы 3.2.

Таблица 3.1 – Величины коэффициентов

α , град	14,5	17	20	22,5	25
s , град	25,5	10,67	9	8	7,2

Таблица 3.2 – Число зубьев, охватываемых штангенциркулем, при измерении толщины зуба

Угол зацепления, град	Число зубьев измеряемой шестерни				
14,5	12...25	26...37	38...50	51...62	62...75
20	12...21	22...32	33...42	43...53	54...64
22,5	12...16	17...24	25...32	33...40	41...48
Число зубьев, охватываемым штангенциркулем	2	3	4	5	6

При измерении следует охватывать профили зубьев ножками штангенциркуля примерно на 1/3 их длины (в зоне делительной окружности). Штангенциркуль должен оставаться параллельным торцовой плоскости шестерни. Измерение следует провести для 2–3 групп зубьев через $180^\circ \dots 120^\circ$.

Толщину зуба по начальной (делительной) окружности шестерни рассчитывают по формуле

$$S = \frac{A}{\cos \alpha} - m \cdot [(n-1) \cdot \pi + Z(\operatorname{tg} \alpha - \alpha)], \quad (3.2)$$

где A – межцентровое расстояние, мм;

S – толщина зуба, мм;

α – угол зацепления, рад;

Z – число зубьев измеряемой шестерни;

n – число зубьев, охватываемых штангенциркулем;

m – модуль измеряемой шестерни, мм.

Записывают основные данные шестерни:

– число зубьев $2, \dots, 2_2, \dots, 2_3, \dots, Z_n$;

– модуль m , мм;

– угол зацепления α , град;

– коэффициент высоты коррекции K ;

– номинальная толщина зуба по хорде начальной окружности

$$S_x = mz \cdot \sin \frac{90^\circ}{z}; \quad (3.3)$$

- диаметр начальной окружности D_n ;
- номинальная длина зуба L , мм.

Характеристика детали занести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристика детали

Наименование детали и марки авто	Материал детали	Техническая обработка	Твердость

Основные размеры вала со шлицами:

- номинальный диаметр шейки d_1, d_2, d, d_n ;
- число шлицов Z ;
- номинальная ширина шлица, мм;
- номинальные диаметры (внутренние, наружные) $d_{вн}, d_n$;
- боковой зазор в сочленении вал – охватывающая деталь Δ , мм.

Для измерения толщины зуба штангензубомером планку рамки высотной линейки устанавливают на величину высоты головки зуба до хорды начальной окружности H_x .

Данные измерений и расчетов по зубьям блока шестерен занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Данные измерений и расчетов по зубьям блока шестерен

Измеряемые или рассчитываемые единицы	Шестерня 1			Шестерня 2			Шестерня 3		
	Номер зуба								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Измерение штангенциркулем									
Число зубьев, охватываемых штангенциркулем									
Расстояние A между мерительными плоскостями									
Толщина зуба S , измеренная по дуге начальной окружности									
Износ зуба по толщине									

Высота головки зуба несколько больше расчетной высоты головки зуба и ее можно определить по формуле

$$H_x = m H, \quad (3.4)$$

где m – модуль зуба, мм;

H – коэффициент, зависящий от числа зубьев шестерни.

В том случае, когда данные таблицы не охватывают величины измеряемой шестерни, h_z определяется по формуле

$$h_z = \frac{h + mz}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right), \quad (3.5)$$

где h – расчетная величина головки зуба;

z – число зубьев измеряемой шестерни.

Для коррегированной шестерни с укороченным зубом расчет остается таким же, но высота головки зуба определяется с учетом его укорочения:

$$h_x = (\xi + m)H, \quad (3.6)$$

где ξ – коэффициент высотной коррекции.

После установки планки рамки высотной линейки ее закрепляют зажимом и еще раз проверяют точность установки по шкале и нониусу.

Зубомер устанавливают планкой рамки высотной линейки на измеряемый зуб, затем перемещают подвижную губку до такого положения, когда зуб шестерни окажется в соприкосновении с измерительными губками. При этом необходимо следить, чтобы планка рамки касалась вершины измеряемого зуба, а сам штангензубомер лежал в плоскости, перпендикулярной к продольной оси зуба. Измеряют три зуба каждой шестерни блока по окружности шестерни через 120° . Каждый зуб измеряют в двух поясах, расположенных от торцов зуба на расстояние $1/4$ его длины. Износ зуба рассчитывают по формуле

$$\sigma_x = S_x - S'_x, \quad (3.7)$$

где σ_x – износ зуба по хорде делительной окружности, мм;

S_x – толщина зуба по хорде делительной окружности для нового зуба, мм;

S'_x – толщина зуба, полученная при замере штангензубомером, мм.

Величина S_x дается на чертежах шестерни. Если же таких данных не имеется, то она определяется по формуле

$$S_x = mx \sin \frac{90^\circ}{z}. \quad (3.8)$$

Значение коэффициента H в зависимости от числа зубьев шестерни представлено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Значение коэффициента H в зависимости от числа зубьев шестерни

Z	10	14	18	23	27	30	36	38	40	43
H	1,062	1,044	1,034	1,027	1,023	1,021	1,017	1,016	1,015	1,014

Коэффициент высотной коррекции ξ может быть определен из следующих условий:

- 1) при числе зубьев шестерни $Z_1 \geq 30$ коррекция отсутствует;
- 2) при числе зубьев шестерни $Z_2 > 30$ и $Z_2 > 60$ применяют высотную коррекцию со смещениями

$$\xi_1 = 0,03 (30 - 2);$$

$$\xi_2 = 0,03 (30 - 2_2);$$

- 3) если сумма чисел зубьев пары шестерен находится в пределах

$$30 < (Z_1 + Z_2) < 60,$$

то

$$\xi = 1,8 - 0,03 (Z_1 + Z_2).$$

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство штангензубомера.
- 2 Контрольные параметры зубчатых колес.
- 3 Способы восстановления зубчатых колес.
- 4 Из какого материала изготавливают зубчатые колеса?
- 5 Основные дефекты зубчатых колес.

4 Лабораторная работа № 4. Дефектовка шатунов двигателя внутреннего сгорания

Содержание работы

Цель работы – приобретение практических навыков по дефектации шатунов автомобильных двигателей.

Шатуны с крышками современных автомобильных двигателей изготавливают из стали 40, 40Г, 40Х, 45Г2 штамповкой или методом периодического проката с последующей термической обработкой, включающей нормализацию, закалку и отпуск. В результате твердость шатунов находится в пределах НВ 207...255 (сталь 40), НВ 229...255 (сталь 40Г), НВ 228...269 (сталь 40Р, 40Х, 45Г2).

Конструктивными элементами шатуна являются: верхняя и нижняя головки, стержень шатуна, отверстия под болты нижней головки. Шатун и его крышка не должны разукomплектовываться.

Основные дефекты шатуна следующие: изгиб или скручивание стержня, износ отверстия втулки верхней головки и отверстия под втулку, поверхностей нижней головки, уменьшение расстояния между осями верхней и нижней головок, неравномерное увеличение диаметра отверстия под шатунные болты, коробление крышек шатунов.

Изгиб и скручивание стержня шатуна происходит в результате суммарной нагрузки, от действия внешних сил, давление газов на поршень, сил инерции и остаточных внутренних напряжений. Эта нагрузка на шатун в ряде случаев может превышать расчетную вследствие перекоса деталей кривошипно-шатунного механизма в результате как допустимых отклонений от правильной геометрической формы деталей (в пределах допуска), так и износа деталей и увеличения зазора в сопряжениях.

Отверстие верхней головки под втулку в процессе эксплуатации под действием сил, направленных вдоль стержня шатуна и имеющих знакопеременный характер, становится овальным. Это отверстие изнашивается также в результате неоднократных перепрессовок втулок.

Отверстие нижней головки шатуна под вкладыши в процессе эксплуатации изменяет свои размеры (становится овальным, конусным) под влиянием действующей на шатун ударной нагрузки, а также из-за перекоса деталей кривошипно-шатунного механизма. По этой же причине изнашиваются стыковые поверхности нижней головки шатуна и крышки.

Дефектация шатуна начинается с внешнего осмотра. Выявляются механические повреждения.

Проверку изгиба и скручивания шатуна производят на специальном приспособлении.

Для определения состояния нижней головки шатуна надевают крышки и затягивают гайки болтов динамометрическим ключом с требуемым моментом (70 Н·м).

Измеряют диаметр отверстия индикатором-нутромером. Измерения производятся в соответствии со схемой (рисунок 4.1) в поясах I–I и II–II и в плоскостях А–А, Б–Б, В–В (под углом 45° от плоскости А–А по обе стороны). Расстояние поясов I–I, II–II от торца головки принимают соответственно $P_1 = 1/4$ и $P_2 = 3/4$ ширины головки. По результатам измерений определяют овальность, конусообразность, величину износа.

Состояние верхней головки шатуна оценивается аналогично нижней головке. При этом измерения производят в плоскостях Г–Г, Д–Д поясов I–I, II–II в соответствии со схемой на рисунке 4.1.

Изгиб и скручивание шатуна сверхдопустимых пределов устраняют правкой «в холодную» с последующей термической стабилизацией. Операции проверки скручивания и изгиба шатуна, как правило, совмещают с его последующей правкой и выполняют на одном из приборов для проверки и правки шатунов (конструкций таких приборов несколько).

Изношенное отверстие втулки верхней головки шатуна восстанавливают растачиванием или развертыванием под увеличенный ремонтный размер. При большом износе втулки заменяют на новые. После запрессовки отверстия

втулок растачивают, хонингуют и снимают фаски. В случае износа отверстия верхней головки под втулку свыше допустимых пределов его или восстанавливают под ремонтные размеры, или выбраковывают.

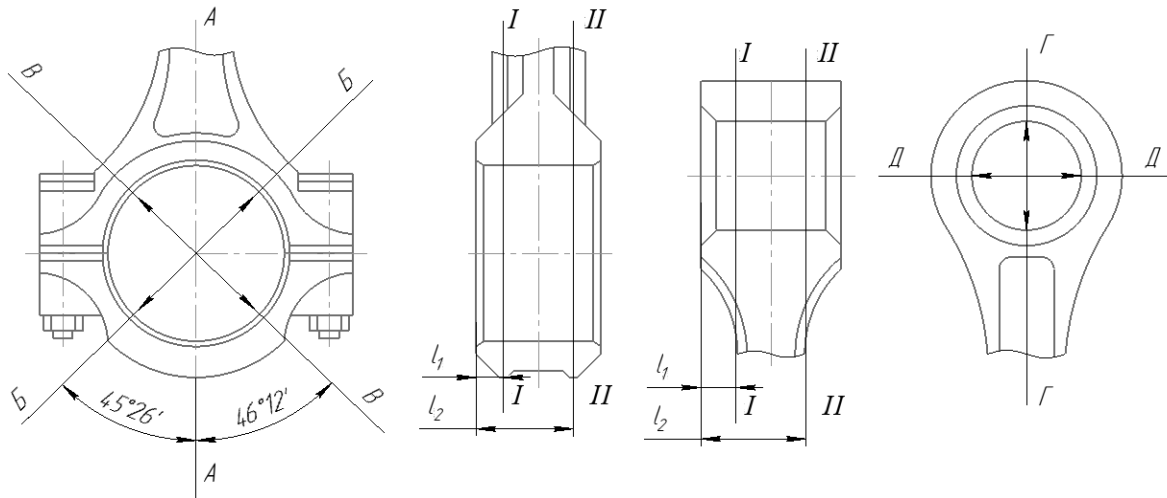


Рисунок 4.1 – Схема измерений диаметров отверстий нижней и верхней головок шатуна

При износе отверстия в нижней головке плоскости разъема шатуна и крышки фрезеруют, а затем отверстие растачивают до размера по рабочему чертежу.

Площади под гайки обрабатываются «как чисто» на вертикально-сверлильном станке нековкой, а затем снимается фаска зенковкой.

При несоответствии расстояния между осями верхней и нижней головок размеру по рабочему чертежу шатун может быть восстановлен путем удлинения его стержня. Для этого его нагревают в индукторе токами высокой частоты, вытягивают в специальном приспособлении на требуемую величину, охлаждают на воздухе. Стержни шатунов можно удлинять также давлением в штампах.

Оборудование рабочего места

Шатуны, тиски слесарные, приспособление для контроля шатунов, индикаторные нутромеры НИ 18-50 и 50-100 (ГОСТ 868–82), микрометры рычажные МР-50, МР-75 (ГОСТ 4381–80), штангенциркуль ШЦ-11-160-0,05 (ГОСТ 166–80), набор щупов, технические условия на контроль-сортировку и ремонт деталей двигателя.

Ход работы

Определить конструктивные элементы шатуна, подлежащие дефектации, и занести в графу 1 таблицы 4.1.

Для каждого конструктивного элемента определить технологические параметры, размеры по рабочему чертежу, допустимые без ремонта, ремонтные,

требования к точности размера, формы и расположения, к качеству рабочих поверхностей. Занести их в графу 2 таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Ведомость на дефектацию шатуна автомобильного двигателя

Конструктивный элемент	Требования рабочего чертежа	Действительное состояние конструктивного элемента, мм	Способ установления дефекта, инструменты	Заключение о категории годности, способе восстановления
1	2	3	4	5

Осмотреть шатун. Установить выбраковочные признаки или механические повреждения. Результаты занести в графу 3 таблицы 4.1.

Определить состояние нижней головки шатуна. Результаты измерений записать в таблицу 4.2. Наибольшее из полученных значений занести в графу 3 таблицы 4.1.

Определить состояние верхней головки шатуна. Результаты измерений записать в таблицу 4.2. Наибольшее из полученных значений занести в графу 3 таблицы 4.1.

Таблица 4.2 – Результаты измерений нижней и верхней головок шатуна

Элемент измерения	Поле измерения	Значение диаметров, мм				Значение диаметров, мм		
		А–А	Б–Б	В–В	Овальность	Г–Г	Д–Д	Овальность
Нижняя головка	I–I							
	II–II							
	Конусообразность							
Верхняя головка	I–I							
	II–II							
	Конусообразность							

Определить состояние шатуна в сборе, измерить расстояние между осями нижней и верхней головок шатуна L , мм, по формуле

$$L = l + 0,5(D_1 + D_2), \quad (4.1)$$

где l – расстояние между головками, мм:

D_1, D_2 – диаметры отверстий нижней и верхней головки соответственно, мм.

На лабораторной установке измерить непараллельность и несоосность верхней и нижней головок шатуна для определения скручивания и изгиба.

Для верхней и нижней головок шатуна определить значение овальности, конусообразности, общего износа.

Дать заключение о техническом состоянии каждого конструктивного элемента и шатуна в целом. В случае ремонта назначить методы восстановления.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, оборудование, приспособления, инструменты.

Краткие сведения по дефектовке шатунов.

Сведения о детали:

наименование детали	_____;
марка автомобиля	_____;
твердость	_____;
термообработка	_____.

Ведомость на дефектацию шатуна.

Результаты измерений (см. таблицу 4.2).

Расчет Δ_0 , Δ_k , $U_{общ}$ для верхней и нижней головок шатуна. Определение T , изгиба и скручивания.

Общее заключение и определение категории годности шатуна, рекомендации по восстановлению.

Контрольные вопросы

- 1 Назвать материал для изготовления шатунов автомобильных двигателей.
- 2 Основные конструктивные элементы шатуна.
- 3 Как осуществляется термическая обработка шатуна?
- 4 Чему равна твердость поверхности шатуна?
- 5 В чем причины изнашивания конструктивных элементов шатуна?
- 6 Основные дефекты конструктивных элементов шатуна.
- 7 Как рассчитать общий износ для головок шатуна?
- 8 Как определить изгиб и скручивание стержня шатуна?
- 9 Как рассчитать длину шатуна?
- 10 Основные дефекты верхней головки шатуна и методы их устранения.
- 11 Основные дефекты нижней головки шатуна и методы их устранения.
- 12 Основные дефекты стержня шатуна и методы их устранения.
- 13 Как рассчитать овальность и конусообразность отверстий верхней и нижней головок шатуна?
- 14 Какие требования предъявляются к восстановленным шатунам?

5 Лабораторная работа № 5. Определение маршрута восстановления деталей

Содержание работы

Цель работы – ознакомление с подходами и принципами, применяющимися при определении маршрута восстановления деталей; формирование навыков по определению оптимального маршрута восстановления детали.

В результате контроля и сортировки детали, подлежащие восстановлению, делят по маршрутам. Их сортировку определяют действующей формой организации технологического процесса восстановления деталей.

Возможны две организационные формы восстановления деталей: подефектная и маршрутная технологии. Подефектную технологию разрабатывают на отдельные дефекты деталей. Маршрутную – на комплекс дефектов, принятых для определения маршрута.

Известно, что детали, требующие восстановления, имеют, как правило, не один дефект. Кроме того, дефекты на деталях повторяются в определенных сочетаниях и подчиняются закономерностям, зависящим от конструкции и технологической характеристики детали и условий эксплуатации. Поэтому сортировать детали нужно с учетом действительного сочетания дефектов по маршрутам восстановления.

При капитальном ремонте автомобилей промышленными методами подефектная технология восстановления деталей неприемлема, поскольку имеет ряд существенных недостатков: комплектование партии деталей осуществляется только по наименованиям, без учета однотипности сочетания дефектов; партию деталей, запущенных в производство, нельзя восстанавливать по единому технологическому процессу.

Опыт авторемонтных предприятий положил основание для создания новой организации производственного процесса восстановления деталей по системе маршрутной технологии. Под маршрутной технологией понимается технология, составленная на комплексе дефектов маршрута. При этом технологический процесс восстановления определяется на основании естественного сочетания дефектов, выявленных в результате проведения научных исследований, а также технологической необходимостью восстановления отдельных поверхностей. При дефектной технологии технологический процесс составляют механическим сложением технологических процессов устранения каждого дефекта в отдельности.

Маршрутная технология обеспечивает высокое качество деталей и экономическую эффективность.

Маршрут восстановления определяют в отделе контроля и сортировки, при этом на деталях указывают не только участки, имеющие дефекты, но и номер маршрута.

Порядок выполнения работы

В результате выявления дефектов заданной партии деталей установить маршруты восстановления и определить коэффициенты их повторности.

Оборудование рабочего места

Микрометры с интервалами измерения 25...50, штангензубомер, масштабная линейка, краска, валик водяного насоса двигателя СДМ-14.

Ход работы

Вычертить эскиз детали с указанием мест дефектов. Путем замера изнашивающихся поверхностей выявить наличие дефектов и определить необходимость восстановления детали. Результаты дефектовки деталей занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты дефектовки деталей

Номер детали	Название дефекта согласно техническим условиям								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									

Обработать результаты замеров путем группирования деталей по признаку однотипности имеющихся дефектов и результаты группирования занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты группирования

Номер группы сочетаний	Название дефектов, входящих в состав группы (действительного сочетания дефектов)	Количество деталей в группе, имеющих одинаковые дефекты	Процент распределения деталей по группам
А			
Б			
В			
Г			
Д			
Е			
Ж			

Установить маршруты восстановления детали.

При обосновании предлагаемых маршрутов необходимо исходить из действительного сочетания дефектов и руководствоваться следующими

принципами.

1 Сочетание дефектов в каждом маршруте должно соответствовать действительным сочетаниям проверенной партии деталей.

2 Количество маршрутов восстановления должно быть минимальным (не более двух-трех). Сокращая количество маршрутов, можно выполнить за счет включения во все маршруты таких операций, как устранение вогнутости, прогонка резьбы, зачистка заусенцев, а также за счет включения операций по восстановлению всех поверхностей.

3 Исключить детали с редко встречающимися сочетаниями дефектов, относя их к редкому маршруту.

4 Разработку маршрутов восстановления необходимо выполнять с учетом технологического анализа, т. е. выбора рационального способа восстановления детали.

5 Рекомендуемые маршруты должны обеспечивать экономическую эффективность восстановления, т. е. отношение затрат 1 км пробега отремонтированной детали меньше единицы ($K_u < 1$).

Рекомендованные маршруты занести в таблицу 5.3 и определить маршрутный коэффициент ремонта.

Таблица 5.3 – Рекомендованные маршруты восстановления и маршрутные коэффициенты ремонта

Номер маршрута	Название дефектов, входящих в маршрут	Маршрутный коэффициент ремонта
1		
2		
3		
4		
5		

Маршрутный коэффициент ремонта определяется как частное от деления количества деталей по данному рекомендованному маршруту к общему числу деталей в партии.

Определить количество партий деталей, необходимых для определения маршрута восстановления, по формуле

$$N = a \cdot (x + 1), \quad (5.1)$$

где x – количество дефектов;

a – коэффициент, зависящий от числа дефектов: при $x < 5$ $a = 25$, при $x \geq 5$ $a = 20$.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите дефекты деталей.
- 2 Укажите способы обнаружения дефектов деталей.
- 3 Укажите способы устранения дефектов деталей.
- 4 Приведите маршрут устранения дефекта для заданной детали.

6 Лабораторная работа № 6. Восстановление деталей хромированием

Содержание работы

Цель работы – изучить теоретические основы хромирования, назначение основных операций технологического процесса хромирования, свойства электролитов и покрытий, а также оборудование, приспособления и инструменты, применение при хромировании; освоить технологический процесс восстановления изношенных деталей хромированием.

Хромовые покрытия отличаются высокими декоративными качествами (зеркальный блеск), химической стойкостью, низким коэффициентом трения (0,05...0,16), высокой твердостью (HV 750...1200), износостойкостью (повышение по сравнению со сталью в 2–20 раз). В зависимости от условий электролиза различают три типа хромовых покрытий: серые, обладающие низкими физико-химическими свойствами и не находящие практического применения; блестящие, отличающиеся высокими значениями твердости и износостойкости; молочные, наименее пористые и наиболее пластичные.

По функциональному назначению хромовые покрытия делятся на защитно-декоративные, коррозионно-стойкие, износостойкие и антифрикционные. Защитно-декоративные покрытия могут быть: блестящими, которые наносятся по подслою меди и никеля и имеют толщину 0,25...1 мкм; матово-блестящими, которые применяются для отделки инструмента, оптической аппаратуры и т. д.; их часто получают путем придания поверхности основного металла соответствующей шероховатости; черными и цветными, которые наносятся из электролитов специального состава; черные покрытия применяются при изготовлении оптических приборов, медицинского инструмента

Твердость хрома превышает твердость закаленной стали (микротвердость 400...1000 кг/мм²). Коэффициент трения электролитического хрома при работе

по чугуну, бронзе, баббиту значительно (в 2–3,5 раза) меньше, чем у всех остальных металлов, что облегчает условия работы хромированных деталей.

Износостойкость хромированных деталей достигает значительных величин, в 2–10 раз превышающих износостойкость таких же нехромированных деталей, благодаря высокой химической стойкости. Особенно это сказывается на деталях, работающих в агрессивных средах, как это имеет место в двигателях внутреннего сгорания.

Хромирование производится из растворов хромовой кислоты в присутствии серной кислоты. Хромовая кислота ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$) является главной составной частью хромовых электролитов. Она получается в результате растворения в воде хромового ангидрида (CrO_3):



Из чистых растворов хромовой кислоты выделения металла не происходит. Для того чтобы на катоде началось выделение металла, в электролите необходимо присутствие незначительных количеств посторонних анионов, выполняющих роль катализаторов, чаще всего сульфатов (SO_4). Источником анионов является серная кислота, обычно добавляемая в электролит в количестве около 1 % от количества CrO_3 .

При хромировании в растворах хромовой кислоты применяют нерастворимые аноды, которые изготавливают из свинца или (лучше) из сплава свинца с 6 % сурьмы, который отличается большей химической стойкостью.

Осаждение металлического хрома начинается лишь по достижении определенного минимума плотности тока. Ниже этой плотности тока идет процесс восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного. Вышеуказанной плотности тока наряду с реакцией Cr^{6+} идет выделение металлического хрома и газообразного водорода.

Согласно имеющимся представлениям, при хромировании на катоде протекает одновременно три процесса (рисунок 6.1)^

$\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ – восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного;

$\text{H}^+ \rightarrow \text{H}$ – выделение газообразного водорода;

$\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}$ – выделение металлического хрома.

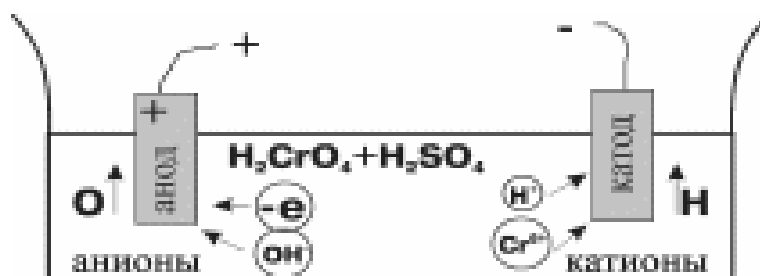


Рисунок 6.1 – Схема процесса хромирования

На аноде идут следующие процессы:

$\text{OH}^- \rightarrow \text{O}$ – выделение газообразного водорода;

$\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{6+}$ – окисление трехвалентного хрома в шестивалентный.

В нормально работающем электролите должны быть ионы трехвалентного хрома Cr^{3+} в количестве, определяемом соотношением $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{CrO}_3 = 0,03 \dots 0,04$. Для накопления ионов Cr^{3+} свежеприготовленный электролит прорабатывается током при увеличенной площади катодов $S_k : S_a = 2 : 3$ при катодной плотности тока $D_k = 2 \dots 4 \text{ А/дм}^2$ в течение 3...4 ч.

Для поддержания указанного соотношения $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{CrO}_3$ в электролите необходимо работать при $S_a : S_k = 1,5 : 2$. При излишнем накоплении трехвалентного хрома электролит следует проработать при увеличенной площади анодов $S_a : S_k = 8 : 10$.

При хромировании электролиз производится с нерастворимыми анодами, поэтому убыль ионов металла в электролите необходимо восполнять периодической добавкой хромового ангидрида.

При хромировании применяют три группы электролитов:

- 1) электролиты низкой концентрации – 140...150 г/л CrO_3 ;
- 2) электролиты средней концентрации – 200...250 г/л CrO_3 ;
- 3) электролиты высокой концентрации – 350...450 г/л CrO_3 .

При твердом износостойком хромировании наиболее целесообразны низкоконтцентрированные электролиты (первой группы). По сравнению с концентрированными, эти электролиты имеют следующие преимущества:

- повышенную твердость покрытия;
- более высокий выход по току;
- хорошо рассеивающую способность;
- меньшие потери электролита на унос с деталями и испарениями;
- меньшее разрушающее действие на изоляцию.

Недостатками электролита являются потребность в более частом корректировании состава и более высокое потребное напряжение источников тока.

Электролиты высокой концентрации (третья группа), по сравнению с электролитами низкой концентрации, обеспечивают получение более блестящих покрытий, меньшую их твердость и хорошую кроющую способность. Эти свойства электролитов обусловили применение их для получения защитно-декоративных покрытий.

Электролиты средней концентрации по своим характеристикам являются промежуточным между электролитами первой и третьей группы, их применяют как при твердом, так и при защитно-декоративном хромировании. Благодаря своим свойствам эти электролиты получили название универсальных.

Внешний вид структуры и механические свойства хромовых покрытий разнятся в очень широких пределах в зависимости от условия хромирования – состава и температур электролиза, плотности тока. При неизменном составе электролита можно, изменяя температуру электролита и плотность тока, получить три различных вида осадков хрома – молочный, блестящий и матовый (серый). Диаграмма зависимости вида осадков хрома от C и D_k показана на рисунке 6.2.

Различные по виду осадки хрома имеют и различные механические свойства. Блестящий хром характеризуется высокой твердостью ($600 \dots 900 \text{ кг/мм}^2$),

высокой износостойкостью, хрупкостью, высокими внутренними напряжениями. На поверхности блестящего хрома при рассмотрении под микроскопом можно увидеть мелкие пересекающиеся трещины, образующие характерную «сетку трещин».

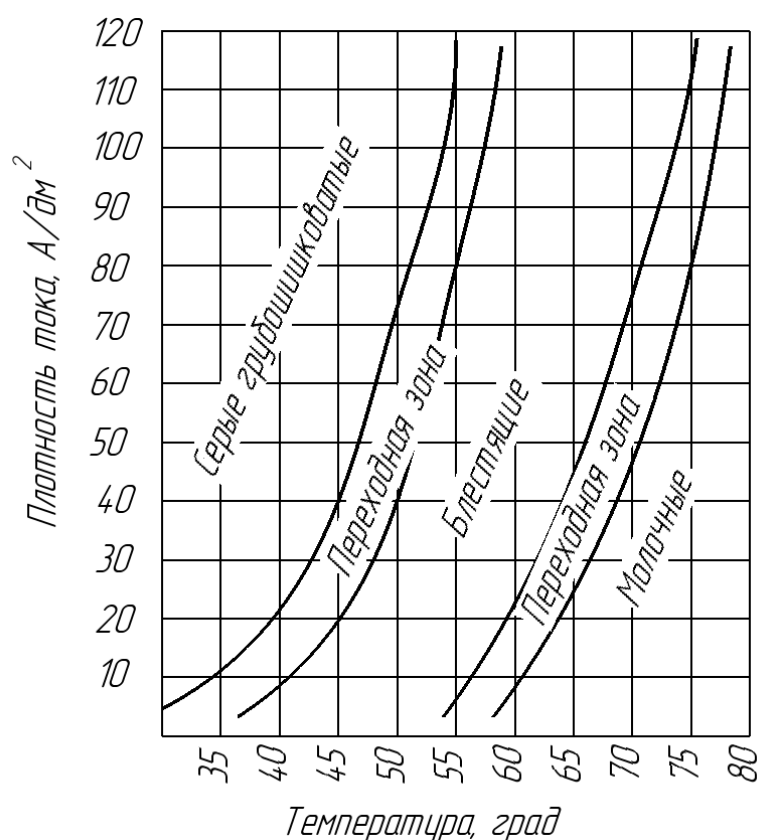


Рисунок 6.2 – Зависимость вида осадков хрома от C и D_k

Молочный хром имеет, по сравнению с блестящим, пониженную износостойкость, большую вязкость и пониженную твердость (400...600 кг/мм²) и «сетка» трещин на нем отсутствует.

Свойства матового хрома противоположно свойствам молочного хрома. Это очень твердый (900...1200 кг/мм²) и хрупкий металл, имеющий из-за хрупкости пониженную износостойкость, при рассмотрении под микроскопом на поверхности такого хрома обнаруживается бугорчатость.

Технологический процесс твердого хромирования стальных деталей состоит из цикла операций, выполняемых в следующей последовательности:

1) механическая обработка – для устранения следов износа на детали и придания ей правильной геометрической формы и требуемой шероховатости. Деталь после механической обработки (чаще всего – шлифования) не должна иметь на поверхности раковин, неметаллических включений, ожогов и шлифовальных трещин (для деталей с небольшим или равномерным износом может не производиться);

2) промывка бензином – производится для удаления с поверхности деталей жировых пленок, препятствующих прочному сцеплению покрытий;

3) зачистка наждачной шкуркой – производится с целью «оживления поверхности» детали непосредственно перед хромированием. При этом возможные окислы, ржавчина, возникшие при хромировании деталей, удаляются;

4) изоляция мест, не требующих хромирования, применяют лак – эмалит, цапонлак, перхлорвиниловый плаксикат (пленка) и др. Лаки наносятся в несколько слоев на детали кисточкой и просушиваются. Цилиндрические поверхности хорошо изолируются целлулоидными колпачками и пластикатом;

5) установка деталей на подвески – делают для создания плотного электрического контакта, рационального использования объема ванны, удобства завешивания деталей в ванну и соблюдения необходимого расстояния между деталями и анодами;

6) обезжиривание деталей (электролитическое или венской известью). Электролитическое обезжиривание заключается в том, что обрабатываемое изделие подвешивают на катод в щелочном растворе и подвергают обработке электрическим током. На поверхности катода происходит выделение водорода, который оказывает эмульгирующее и механическое воздействие на жировую пленку. Другой вид обезжиривания – венской известью, производится так. Известь разводят водой до кашицеобразного состояния и добавляют до 1 %...5 % едкого натра или до 3 % кальцинированной соды. Раствором извести при помощи волосяной щетки протирают поверхность детали, затем смывают известь водой. Операцию производят 3–4 раза. Иногда этот вид обезжиривания производится после электрохимического обезжиривания;

7) промывка в горячей и холодной проточной воде – производится с целью удаления извести или остатков щелочного раствора с поверхности;

8) анодное декапирование – производят для удаления с поверхности деталей тончайших окислов, обнажения кристаллической структуры основного металла и создания на ней микроскопической шероховатости для лучшего сцепления. Декапирование производится в основной хромовой ванне. Детали загружают на катодную штангу, где их выдерживают 1...2 мин без тока для того, чтобы они приняли температуру электролита. После этого перекидным рубильником меняют полярность и деталь в течение 30...60 с (для углеродных сталей) или 2...3 мин (для легированных сталей) является анодом при плотности тока 25...60 А/дм². После этого начинают хромирование при прямой полярности тока. В случае хромирования длинных деталей наблюдается значительная конусность покрытия, т. е. в нижней части оно толще, чем в верхней. Поэтому деталь в некоторых случаях завешивается в горизонтальном положении;

9) дехромирование (анодное травление) – производится только в случаях, если требуется получение пористого хрома;

10) промывка в дистиллированной воде в ванне уловителя. Эта операция производится для сбора дорогостоящего хромового ангидрида и последующего его использования при хромировании или для декапирования. В случае промывки в проточной воде часть хромового ангидрида теряется безвозвратно;

11) промывка в холодной воде (проточной);

12) промывка в горячей воде;

13) нейтрализация производится в растворе соды (горячих щелочных растворов при температуре 80 °С...90 °С). Цель операции – нейтрализовать кислоту. В отдельных случаях нейтрализация не производится, т. к. бывает достаточно промывок в воде;

14) промывка в горячей воде после нейтрализации. С поверхности детали смывается щелочной раствор и продукты нейтрализации;

15) демонтаж деталей с подвесных приспособлений, снятие изоляции, разборка и сушка подвесок и деталей. Сушка может производиться в сушильном шкафу или опилках;

16) контроль – производится работниками ОТК. Обращается внимание на толщину осадков, отсутствие отслаиваний, длинных дендридов и т. п. дефектов;

17) механическая обработка (окончательная). Производится с целью восстановить заданные размеры детали, макро- и микрогеометрию ее в соответствии с техническими условиями.

Оборудование рабочего места

Установка для хромирования ОГ-1349А с выпрямителем ВАКГ-12/6-630, ванны для обезжиривания, ванна для промывки в холодной воде, ванна для промывки в горячей воде, верстак слесарный, подвесное приспособление (подвеска) для хромирования, весы лабораторные, микрометр 25...50 мм, наждачная бумага, сушильный шкаф.

Ход работы

Работа по восстановлению поршневого пальца электрохимическим хромированием включает следующее:

- ознакомиться с правилами техники безопасности;
- получить деталь у лаборанта;
- произвести зачистку пальца шкуркой;
- взвесить деталь вместе с экранирующими шайбами;
- смонтировать деталь на подвесное приспособление (подвеску);
- определить площадь поверхности детали и необходимую силу тока на катоде. Принять плотность тока при хромировании 55...60 А/дм²;
- произвести замер поршневого пальца в шести поясах взаимно перпендикулярных плоскостях (всего 12 замеров). Заметить положение плоскостей;
- проверить температуру электролита термометром, при необходимости подогреть ванну. Рабочая температура ванны должна быть 60 °С...65 °С;
- произвести все операции по наращиванию поршневого пальца в соответствии с технологическим процессом (электролит универсальный).

При расчете режимов гальванических операций изображают схему применяемой гальванической ванны как минимум в двух видах с указанием необходимых размеров анода, катода (детали), ванны. Форма и размеры анода должны обеспечивать равномерное нанесение металла в частях детали, где это предусмотрено техпроцессом. Для предотвращения осаждения металла в

нежелательных местах используют заглушки из поливинилхлорида и других нечувствительных к электролитам пластмасс. Для большинства гальванических процессов площадь анода должна превышать площадь катода в 2–4 раза.

Затем рассчитывают площадь анода S_a и катода S_k . Исходя из графиков зависимости сопротивления усталости от плотности тока определяют оптимальную температуру ванны, состав электролита, требуемую катодную плотность тока, выход по току.

Величина анодного тока I , А, рассчитывается по формуле

$$I = j_k \cdot S_k. \quad (6.2)$$

Затем определяется удельная электропроводимость электролита σ , См/м, на основании его концентрации [3, 4]. Электропроводимость электролита определяют по формуле

$$g = \sigma \cdot l_1, \quad (6.3)$$

где l_1 – среднее расстояние между катодом и анодом, м.

Исходя из электропроводимости g , См, рассчитывают сопротивление ванны R , Ом, по формуле

$$R = \frac{1}{g}. \quad (6.4)$$

Напряжение, необходимое для протекания гальванического процесса, вычисляют по формуле

$$U = I \cdot R. \quad (6.5)$$

Затем следует указать режимы декапации (анодной активации), толчка тока или плавного повышения тока и других вспомогательных гальванических процессов. Также указывают величину параметра, позволяющего контролировать состав электролита, и рекомендации по процессу контроля состава электролита. Для железнения – кислотность рН электролита и плотность ρ , для хромирования – плотность электролита ρ .

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

1 Электролиты какой группы применяются для получения пористых, защитно-декоративных и износостойких покрытий?

2 Какие осадки хрома применяются для восстановления:

- цилиндров двигателей поршневых колец, поршневых пальцев;
- стержней впускных клапанов, валиков, осей;
- обойм подшипников, шеек валов под подшипники и др.?

3 Какой осадок хрома имеет повышенную износостойкость, большую вязкость?

4 Укажите твердость хромовых осадков.

5 В каком количестве в электролит добавляется серная кислота в процентах от количества CrO_3 ?

7 Лабораторная работа № 7. Исследование процесса наплавки деталей под слоем флюса

Содержание работы

Цель работы – изучение и освоение процесса наплавки деталей под флюсом, а также оборудования для наплавки под флюсом и его электросхемы; разработка технологического процесса восстановления вала наплавкой под флюсом и исследование отдельных его технологических параметров.

При использовании постоянного тока различают сварку прямой и обратной полярности. При горении электрической дуги постоянного тока наибольшее количество тепла выделяется на положительном полюсе – аноде. Это объясняется тем, что поток электронов в дуге, испускаемый отрицательным полюсом – катодом, бомбардирует анод, вследствие чего он разогревается сильнее, чем катод. При сварке для плавления свариваемого металла необходимо затратить больше тепла, чем для расплавления самого электрода. Поэтому обычно отрицательный полюс сварочной цепи присоединяют к электроду, а положительный – к свариваемому металлу. Такое присоединение называют прямой полярностью. Если же отрицательный полюс источника питания присоединен к свариваемому металлу, а положительный – к электроду, то такая полярность называется обратной. Она применяется реже и только в тех случаях, когда необходимо получить меньший нагрев детали, например, при сварке тонколистовых изделий.

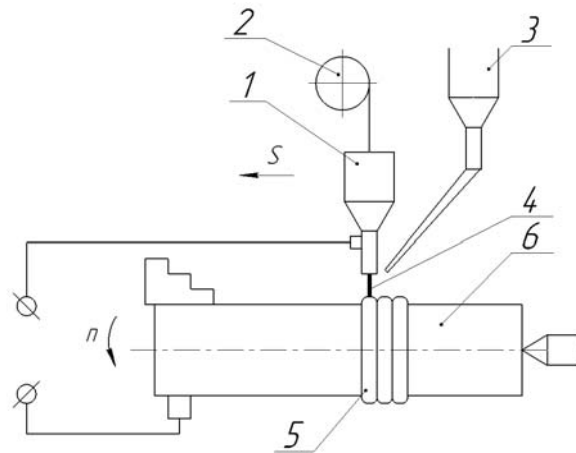
При питании дуги переменным током полярность тока многократно изменяется соответственно числу периодов, т. е. 50 раз в секунду. Поэтому в такой дуге электроны также будут менять свое направление. В результате тепло между полюсами будет распределяться равномерно. Источник питания переменного тока более экономичен, причем расход электроэнергии составляет 3...4 кВт·ч на 1 кг наплавленного металла, а при сварке на постоянном токе – 6...8 кВт·ч. Однако при постоянном токе дуга получается более стабильной и устойчивой.

В зависимости от материала электрода различают дуги между неплавящимися электродами (угольными, вольфрамовыми (TIG-сварка)) и плавящи-

мися (металлическими (MIG-сварка)) электродами.

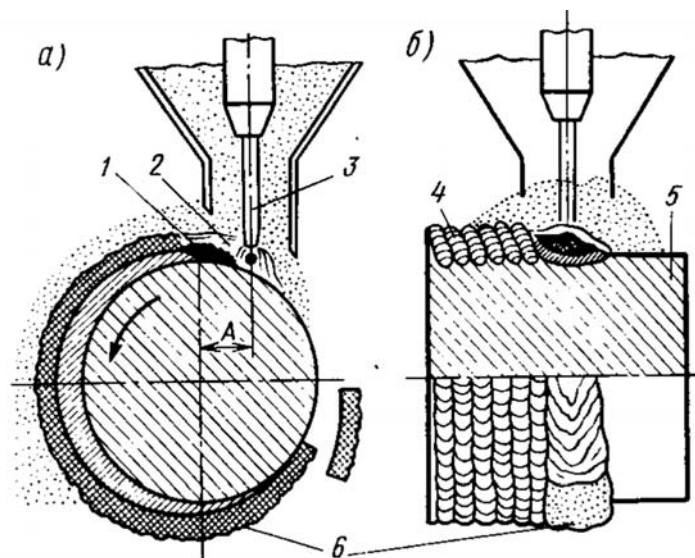
Сварка под слоем флюса – разновидность электродуговой сварки, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса, обеспечивающего защиту сварочной ванны от воздуха. Наряду с защитными функциями флюс стабилизирует горение дуги и обеспечивает раскисление, легирование и рафинирование расплавленного сплава сварочной ванны.

На рисунках 7.1 и 7.2 представлены установка для наплавки и схема процесса наплавки под слоем флюса. Восстанавливаемая деталь вращается в процессе наплавки с определенной скоростью.



1 – наплавочный аппарат; 2 – кассета с проволокой; 3 – бункер с флюсом; 4 – воронка с флюсом; 5 – наплавленный валик; 6 – наплавляемая деталь

Рисунок 7.1 – Установка для наплавки



а – поперечный разрез; б – продольный разрез; 1 – ванна расплавленного металла; 2 – расплавленный флюс; 3 – электродная проволока; 4 – наплавленный слой металла; 5 – деталь; 6 – шлаковая корка; А – смещение электродной проволоки с зенита

Рисунок 7.2 – Схема процесса наплавки под слоем флюса

Электродная проволока автоматически подается в зону сварки. Дуга горит между концом электрода и восстанавливаемой поверхностью детали под слоем флюса, который непрерывно подается из бункера. Под действием теплоты, выделяемой сварочной дугой, плавятся электродная проволока и основной металл, а также часть флюса, попавшего в зону горения дуги, в которой образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Их давление поддерживает флюсовый свод, образующийся над сварочной ванной. Под влиянием давления дуги жидкий металл оттесняется в сторону, противоположную направлению сварки, образуя сварочную ванну. Расплавленный флюс в результате значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем.

Оболочка расплавленного флюса предохраняет металл наплавки и околошовной зоны от кислорода и азота воздуха. Благодаря тому, что расплавленный флюс обладает низкой теплопроводностью, замедляется процесс охлаждения наплавленного металла. Это облегчает всплытие на поверхность ванны шлаковых включений и растворенных в металле газов.

К достоинствам сварки под слоем флюса относится: высокая производительность процесса, благодаря применению больших токов большой глубины проплавления, а также почти полное отсутствие потерь металла на угар и разбрызгивание; возможность автоматизации процесса; высокое качество наплавленного металла в результате надежной защиты флюсом сварочной ванны; улучшение условий труда сварщика.

К недостаткам этого процесса сварки относят: значительный нагрев детали; невозможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм по причине стекания расплавленного металла и флюса с поверхности восстанавливаемой детали; необходимость в отдельных случаях повторной термической обработки детали.

Ход работы

Первоначально определяют силу сварочного тока исходя из необходимой глубины проплавления:

$$I_{св} = \frac{h_p}{k_h} \cdot 100, \quad (7.1)$$

где h_p – расчетная глубина проплавления, мм.

k_h – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки.

Коэффициент пропорциональности определяют по таблице 7.1.

Первоначально диаметр электрода выбирается по таблице 7.2.

При заварке трещин глубина проплавления выбирается таким образом, чтобы гарантировать полное устранение трещины на всей ее глубине. При односторонней сварке тонкостенного металла в один проход принимают $h_p = \delta$, где δ – толщина свариваемого металла. При двусторонней односторонней

сварке симметричным швом $h_p = (0,6...0,7) \delta$ для гарантированного перекрытия швов. Для наплавки глубину проплавления принимают 10...20 мм.

Таблица 7.1 – Значения коэффициента пропорциональности в зависимости от условий проведения сварки

Марка флюса или защитный газ	$d_э$, мм	k_h , мм/А			Марка флюса или защитный газ	$d_э$, мм	k_h , мм/А		
		Пере- менный ток	Постоянный ток				Пере- менный ток	Постоянный ток	
			прямая поляр- ность	обратная поляр- ность				прямая поляр- ность	обратная поляр- ность
ОСЦ-45	2	1,30	1,15	1,45	АН-348А	5	0,95	0,85	1,05
	3	1,15	0,95	1,30		6	0,90	0,80	1,00
	4	1,05	0,85	1,15	Углекислый газ	1,2	2,00	1,85	2,10
	5	0,95	0,75	1,10		1,6	1,90	1,75	1,75
	6	0,90	0,65	1,05		2,0	1,80	1,65	1,55
АН-348А	2	1,25	1,15	1,40		3,0	1,70	1,55	1,45
	3	1,10	0,95	1,25		4,0	1,60	1,45	1,35
	4	0,90	0,90	1,10		5,0	1,50	1,35	1,20

Таблица 7.2 – Рекомендуемый диаметр электрода

Вид сварки	Диаметр электрода при толщине металла δ , мм				
	2	3...5	5...10	10...20	более 20
Ручная сварка покрытыми электродами	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Полуавтоматическая в CO ₂	0,8; 1,0	1,2	1,2	1,6	1,6
Автоматическая в CO ₂	1,0	1,2; 1,6	2,0	3,0	4,0
Автоматическая под флюсом	–	2,0	3,0	4,0	5,0

При сварке соединений, собранных с разделкой кромок,

$$h_p = H - \frac{F_n}{0,73 \cdot e}, \quad (7.2)$$

где H – высота шва, мм;
 F_n – площадь шва, мм²;
 e – ширина шва.

Затем корректируется диаметр электродной проволоки по формуле

$$d_э = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j_{дон}}}, \quad (7.3)$$

где $j_{дон}$ – допустимая плотность тока в электроде, А/мм².

Допустимое значение плотности тока определяется из таблиц 7.3 и 7.4.

Таблица 7.3 – Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке и наплавке под флюсом

Диаметр электрода, мм	2	3	4	5	Более 5
Плотность тока, А/мм ²	65...20	45...90	35...60	30...50	25...45
Сварочный ток, А	200...600	300...700	400...800	600...1000	700...1200

Таблица 7.4 – Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке и наплавке в углекислом газе

Диаметр электрода, мм	1,2	1,6	2,0	3,0
Плотность тока, А/мм ²	88...195	90...160	60...140	45...70
Сварочный ток, А	100...220	180...320	200...450	300...500

Действительная плотность тока определяется по формуле

$$j = \frac{4I_{св}}{\pi d_э^2}. \quad (7.4)$$

Напряжение на дуге U , В, рассчитывают по формуле

$$U_о = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} I_{св}}{\sqrt{d_э}}. \quad (7.5)$$

Скорость сварки $V_{св}$, м/ч, определяют из выражения

$$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100}, \quad (7.6)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г·А/ч;

γ – плотность металла электрода, $\gamma = 7,8$ г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения сварочного шва, принимается $F_n = 0,3...0,7$ см².

Коэффициент наплавки вычисляется из выражения

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \Psi), \quad (7.7)$$

где Ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, $\Psi = 0,1...0,15$.

Коэффициент расплавления проволоки α_p , г/(А·ч), определяется по формуле

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot \frac{l_{св}}{d_э}. \quad (7.8)$$

Затем выбирают вылет электрода $l_э$, мм. При сварке под флюсом $l_э = 10d_э$, при сварке в CO_2 при $d_э$ меньше 2 мм $l_э = 15...20$ мм, при $d_э$ больше 2 мм $l_э = 20...25$ мм.

Скорость подачи электродной проволоки V_{nn} , м/ч, ориентировочно рассчитывают из выражения

$$V_{nn} = \frac{V_{св} F'_н (1 + 0,01\Psi) 4}{\pi d_э^2}. \quad (7.9)$$

При наплавке вала необходимую частоту вращения вала для бесперебойной и равномерной наплавки определяют по формуле

$$n = 250 \frac{d_э^2 \cdot V_{nn} (1 - \Psi)}{D h b}, \quad (7.10)$$

где D – диаметр наплавляемой детали, мм;

h – толщина наплавляемого металла, равная припуску на механическую обработку, мм;

b – шаг наплавки, мм; $b = h_э \cdot 0,8$.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите виды сварки.
- 2 Опишите процесс наплавки под слоем флюса.
- 3 Приведите преимущества и недостатки сварки под слоем флюса.
- 4 Опишите принцип работы установки для наплавки под флюсом.

8 Лабораторная работа № 8. Расчет размерных групп при комплектовании поршней с гильзами цилиндров двигателя

Содержание работы

Цель работы – изучение методики расчета размерных групп при комплектовании поршней с гильзами цилиндров.

Содержание работы: подготовка и анализ исходных данных о размерах, точности и характере посадки сопрягаемых поверхностей деталей «гильза цилиндра – поршень», измерение диаметров поршней и гильз цилиндров,

измерение зазора в сопряжении, определение числа размерных групп данного соединения.

Поверхности деталей делят на сопрягаемые и несопрягаемые. Сопрягаемые – это поверхности, которыми детали соединяются в подгруппы, группы и механизмы. Диаметры отверстий обозначают D , а диаметры валов d . Размеры выражают численные значения линейных величин (диаметров, длин) и делят их на номинальные (D , d), действительные (D_i , d_i), предельные (D_{\max} , d_{\max} , D_{\min} , d_{\min}). Предельные размеры характеризуют точность действительных размеров и погрешности обработки.

Точность размера определяется величиной поля допуска (TD , Td). Поле допуска определяют его величиной и положением относительно номинального размера. Алгебраическую разность между размером действительным (предельным) и номинальным называют отклонением (E , e). Различают верхнее (ES , es) и нижнее (EI , ei) отклонения.

Посадка – характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров S (или натягов N). Характер соединения должен обеспечивать надежность эксплуатации изделия.

В зависимости от расположения полей допусков отверстия и вала посадки подразделяются на посадки с зазором, с натягом и переходные. Допуск посадки ($ТП$) равен сумме допусков отверстия и вала, составляющих соединение $ТП = TD + Td$.

Для посадок с зазором допуск равен допуску зазора (TS) или разности предельных зазоров $ТП = TS = S_{\max} - S_{\min}$.

Для посадок с натягом допуск посадки равен допуску натяга (TN) или разности натягов $ТП = TN = N_{\max} - N_{\min}$.

Допуск переходной посадки равен сумме максимального зазора и максимального натяга $ТП = S_{\max} + N_{\max}$.

Сущность сборки по методу групповой взаимозаменяемости. Уровень качества изделий определяют качеством поступающих на сборку деталей и сборочных единиц, а также качеством выполнения сборочных работ, т. е. обеспечением требуемой точности сборки.

Под точностью сборки понимают степень соответствия действительных значений параметров, характеризующих характер соединения сопряженных деталей, значениям, обусловленным технической документацией.

Точность зазоров, натягов и пространственного расположения деталей в соединении может быть достигнута методами полной, неполной или групповой взаимозаменяемости, регулированием и пригонкой.

Сборка по методу полной взаимозаменяемости возможна при соблюдении условия $ТП = TS$, или $ТП = TN$.

Соединения деталей двигателя (гильза – поршень, поршень – поршневой палец – верхняя головка шатуна и некоторые другие) собирают по методу групповой взаимозаменяемости, т. к. сборка их по методу полной взаимозаменяемости технически и экономически нецелесообразна (производственные допуски деталей соединения значительно больше, чем технические требования к допуску посадки). В таких случаях существующий производственный допуск на

изготовление деталей соединения (гильзы и поршня) искусственно уменьшают (TD/n , Td/n), чтобы получить равенство $ТП = TS$ или $ТП = TN$. По этим суженным допускам ($TD_{г}$, $Td_{г}$) детали сортируют на размерные группы. При сборке деталей соединения, относящиеся к одной размерной группе, будет обеспечена посадка по методу полной взаимозаменяемости в соответствии с требованиями технической документации. Этим достигается стабильность посадок в соединениях, что предопределяет их надежность в работе и долговечность. Размерная группа обозначается буквой, цифрой или краской.

Оборудование рабочего места

Два комплекта гильз цилиндров и поршней, набор ленточных щупов, динамометр, специальный комплекточный ящик или передвижной стеллаж для укладки комплектуемых деталей, микрометры с интервалами измерения 25...50 мм.

Ход работы

Методика расчета размерных групп деталей соединения при групповой взаимозаменяемости (селективный подбор).

Установить исходные данные – размеры деталей и требования РК200 РСФСР-2025–73 – к характеру посадки соединения (номинальный диаметр и производственные допуски, предельные значения допусков посадки).

Определить величины допусков и соответствующие предельные отклонения размеров деталей соединения (TD , Td , ES , El , eS , ei). Построить графическое расположение полей допусков.

Определить варианты возможных типов посадок в зависимости от расположения полей допусков отверстия и вала:

$$\begin{aligned} S'_{\max} &= ES - ei; S'_{\min} = EI - eS; \\ N'_{\max} &= eS - EI; N'_{\min} = ei - ES, \end{aligned} \quad (8.1)$$

где S_{\min} , S_{\max} – действительные минимальный и максимальный зазоры;

N_{\min} , N_{\max} – действительные минимальный и максимальный натяги.

Сделать вывод о возможности применения вариантов посадок исходя из условий работы данного соединения. Установить метод обеспечения точности сборки (полная или групповая взаимозаменяемость).

Найти число размерных групп деталей соединения, т. е. определить, во сколько раз надо уменьшить существующий производственный допуск, чтобы получить равенство $ТП=TS$ и, следовательно, обеспечить условия точности сборки $n = ТП/TS$.

Определить условный (групповой) допуск деталей соединения ($TD_{г}$ и $Td_{г}$) по формулам $TD_{г} = TD/n$; $Td_{г} = Td/n$.

Установить наибольшие (D_{\max} , d_{\max}) и наименьшие (D_{\min} , d_{\min}) размеры в

каждой размерной группе исходя из величины группового допуска и действительного отклонения деталей (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Размерные группы

Отверстие			Вал		
El, ES	$D_{\max} \dots D_{\min}$	Обозначение группы	El, eS	$d_{\max} \dots d_{\min}$	Обозначение группы

Пример – Рассчитать число размерных групп для комплектования поршней с гильзами цилиндров и последующей их сборки методом групповой взаимозаменяемости.

1 Исходные данные.

Гильза цилиндра – $\varnothing 82^{+0,06}_{+0,01}$ мм, поршень – $\varnothing 82^{-0,01}_{-0,06}$ мм. Посадка с зазором $S_{\max} = 0,08$ мм; $S_{\min} = 0,06$ мм.

Допуск зазора $TS = 0,02$ мм.

$TD = 0,05$ мм; $Td = 0,05$ мм; $ES = 0,06$ мм; $El = 0,01$ мм; $eS = -0,01$ мм; $ei = -0,06$ мм.

$ТП = TD + Td = 0,05 + 0,05 = 0,10$ мм.

Вывод: $ТП > TS$.

2 Графическое расположение полей допусков.

3 $S'_{\max} = ES - ei$; $S'_{\max} = 0,06 - (-0,06) = 0,12$ мм.

Вывод: варианты посадок, характеризующиеся $S_{\max} = 0,12$ мм и $S'_{\min} = 0,02$ мм, не соответствуют требованиям Руководства по капитальному ремонту. Для обеспечения требуемой точности сборки необходим подбор по методу групповой взаимозаменяемости.

4 Чтобы получить равенство $ТП = TS$ (условие обеспечения точности сборки), необходимо определить число размерных групп $n = \frac{ТП}{TS} = \frac{0,10}{0,02} = 5$.

5 Определяем групповой допуск размерной группы:

$$TD_{\Gamma} = TD/n = 0,05/5 = 0,01 \text{ мм};$$

$$Td_{\Gamma} = Td/n = 0,05/5 = 0,01 \text{ мм}.$$

6 Составить таблицу размерных групп деталей соединения.

Расчет показывает, что величина зазора для каждой размерной группы лежит в пределах $0,08 \dots 0,06$ мм, что соответствует требованиям Руководства по капитальному ремонту.

Задача. Рассчитать число размерных групп для комплектования поршней с гильзами цилиндров двигателя и последующей сборки их методом групповой взаимозаменяемости. Исходные данные представлены в таблице 8.2.

1 Для двигателя ЗИЛ-130: диаметр отверстия под поршень $D = 100^{+0,06}$; диаметр юбки поршня $d = 100^{+0,02}_{-0,04}$; посадка с зазором $S_{\max} = 0,05$; $S_{\min} = 0,03$;

допуск зазора $TS = 0,02$ мм.

2 Для двигателя ЗИЛ-130: диаметр отверстия под поршень $D = 101,56^{+0,06}$; Диаметр юбки поршня $d = 101,56^{-0,02}_{-0,08}$; посадка с зазором $S_{\min} = 0,06$; $S_{\max} = 0,10$; допуск зазора $TS = 0,04$.

Таблица 8.2 – Исходные данные

Гильза			Поршень		
$ES, EI, \text{мм}$	$D_{\max} \dots D_{\min}$	Обозначение группы	$eS, eI, \text{мм}$	$d_{\max} \dots d_{\min}$	Обозначение группы
$82^{+0,06}_{+0,05}$	82,06...82,05	A	$82^{+0,06}_{+0,05}$	81,99...81,98	A
$82^{+0,05}_{+0,04}$	82,05...82,04	B	$82^{-0,02}_{-0,03}$	81,98...81,97	B
$82^{+0,04}_{+0,03}$	82,04...82,03	C	$82^{-0,03}_{-0,04}$	81,97...81,96	C
$82^{+0,03}_{+0,02}$	82,03...82,02	D	$82^{-0,04}_{-0,05}$	81,96...81,95	D
$82^{+0,02}_{+0,01}$	82,02...82,01	E	$82^{-0,05}_{-0,05}$	81,95...81,94	E

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Каково содержание данной лабораторной работы?
- 2 Какова цель комплектовочных работ?
- 3 Каковы основные понятия и определения размерной точности?
- 4 Каковы основные понятия и определения точности посадки?
- 5 Как осуществляется сборка по методу групповой взаимозаменяемости?

Список литературы

- 1 **Суслов, А. Г.** Технология машиностроения : учебник / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2007. – 430 с.
- 2 **Карунин, А. Л.** Технология автомобилестроения : учебник / А. Л. Карунин, Е. Н. Бузник, С. В. Дашенко. – М. : Трикста, 2005. – 624 с.
- 3 **Ярошевич, В. К.** Технология производства автомобилей : учеб. пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.
- 4 **Базров, Б. М.** Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 2007. – 736 с.

5 **Чумаченко, Ю. Т.** Кузовные работы. Легковой автомобиль : учеб. пособие / Ю. Т. Чумаченко, А. А. Федорченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 256 с.

6 **Богодухов, С. И.** Обработка упрочненных поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве : учеб. пособие / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. Д. Проскурин. – М. : Машиностроение, 2005. – 256 с.

7 Технология машиностроения. Сборник задач и упражнений : учеб. пособие / под ред. В. И. Аверченкова, Е. А. Польского. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 288 с.

8 Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко, Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин [и др.] ; под ред. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.

9 **Ярошевич, В. К.** Технология ремонта автомобилей. Лабораторный практикум : учеб. пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 392 с.

10 **Горохов, В. А.** Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов : учеб. пособие / В. А. Горохов, Н. В. Спиридонов. – Мн. : Технопринт, 2003. – 96 с.

11 **Мрочек, Ж. А.** Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин : учеб. пособие / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филонов. – Мн. : Технопринт, 2000. – 268 с.

12 **Гучкин, И. С.** Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учеб. пособие / И. С. Гучкин. – М. : АСВ, 2001. – 176 с.

13 **Канарчук, В. Е.** Восстановление автомобильных деталей. Технология и оборудование : учебник / В. Е. Канарчук, А. Д. Чигринец. – М. : Транспорт, 1995. – 302 с.

14 **Дюмин, И. Е.** Ремонт автомобилей / И. Е. Дюмин, Г. Г. Трегуб ; под ред. И. Е. Дюмина. – М. : Транспорт, 1999. – 280 с.

15 **Есенберлин, Р. Е.** Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р. Е. Есенберлин. – М. : Транспорт, 1994. – 256 с.

16 Руководство по капитальному ремонту автомобилей ЗИЛ-130. – М. : Авторемонт, 1997. – 219 с.

17 Руководство по капитальному ремонту автомобилей ГАЗ-53А. – М. : Авторемонт, 1996. – 201 с.