

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
для студентов направления подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»
всех форм обучения

Севастополь
СевГУ
2025

УДК [629.3.083:629.331.02](076.5)

ББК 39.33-08-5*я73

В779

Р е ц е н з е н т:

П.А. Новиков – канд. техн. наук, доцент

Составители: С. В. Огрызков, Л. А. Кияшко, И. Ю. Чуйко

В779 Восстановление и упрочнение деталей : методические указания к лабораторным работам по дисциплине для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт ; сост.: С. В. Огрызков, Л. А. Кияшко, И. Ю. Чуйко. – Севастополь : СевГУ, 2025. – 106 с. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Восстановление и упрочнение деталей». Излагаются основные теоретические сведения, порядок выполнения расчетов и требования к оформлению отчетов по лабораторным работам.

Могут быть использованы при выполнении расчетно-графической работы по дисциплине «Восстановление и упрочнение деталей».

Предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

УДК [629.3.083:629.331.02](076.5)

ББК 39.33-08-5*я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Автомобильный транспорт», протокол № 6 от 28 января 2025 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Изучение методов дефектации деталей автомобиля	4
Лабораторная работа № 2. Разработка ремонтного чертежа детали	14
Лабораторная работа № 3. Определение межоперационных припусков при восстановлении деталей.....	20
Лабораторная работа №4. Изучение способа восстановления методом постановки дополнительной ремонтной детали	30
Лабораторная работа № 5. Расчет усилия при восстановлении размеров детали пластическим деформированием	37
Лабораторная работа № 6. Техническое нормирование автоматических наплавочных работ	44
Лабораторная работа № 7. Определение механических свойств и контроль качества сварных соединений	57
Лабораторная работа № 8. Техническое нормирование восстановления деталей гальваническими покрытиями	70
Лабораторная работа № 9. Обоснование выбора метода восстановления	92
Библиографический список.....	98
Приложение А.....	99
Приложение Б	101
Приложение В.....	103
Приложение Г	104

Рисунок 1.1 – Карта дефектации и ремонта

На составные части изделия с близкими техническими характеристиками допускается выполнять карту с общим наименованием, например: «Крепежные детали», «Подшипники качения».

На эскизе должны быть обозначены контролируемые размеры, поверхности, сварные швы и т. п.

Контролируемые параметры, при необходимости, могут быть разделены на зоны контроля. Границы зоны при отсутствии видимых ориентиров следует определять размерами, указанными на эскизе.

В графах карты указывают:

в графе «Обозначение» – обозначение сопряжения, контролируемого размера, поверхности или зоны контроля, номер сварного шва или обозначение пересечения сварных швов, указываемого номерами сварных швов, через тире, например № 1-№ 2 и др. параметров;

в графе «Возможный дефект» – возможные дефекты сопряжений, контролируемых размеров поверхностей, сварных швов и др. параметров. Дефекты следует указывать, начиная с малозначительных;

в графе «Метод установления дефекта» – метод контроля, с помощью которого устанавливается дефект, указанный в графе «Возможный дефект»;

в графе «Средство измерения» – наименование и обозначение средств измерений (по стандарту, ТУ);

в графе «Заключение и рекомендуемые методы ремонта»-заключение указывают словами «замена», «ремонт»;

в графе «Требования после ремонта» – требования к изделию (составной части) после ремонта, например:

- к сопряжениям;
- к размерам, контролируемым после ремонта;
- к формам и расположению поверхностей;
- к шероховатости и твердости поверхностей;
- к заварке, напайке и наплавке;
- к герметичности (прочности);
- к моментам затяжки резьбовых соединений;
- к электрическим параметрам.

Наибольшую сложность при разработке технических требований на дефектацию деталей представляет определение допустимых и предельных размеров деталей.

Допустимый износ – такой ее износ, при котором деталь, будучи установленной при капитальном ремонте на автомобиль, проработает до следующего капитального ремонта и ее износ не превысит предельного.

Детали с допустимыми износами можно используя при капитальном ремонте только в том случае, если требуемая точность при сборке сопряжении обеспечивается применением методов регулирования или групповой взаимозаменяемости.

Предельный износ – такой износ детали, при котором ее дальнейшее использование может привести к отказу. Деталь, достигшую предельного износа, восстанавливают или заменяют новой

Величина предельного износа детали может быть определена при изучении процесса протекания износа во времени. Исследованиями установлено, что зависимость износа деталей от времени их работы имеет вид, показанный на рисунке 1.2.

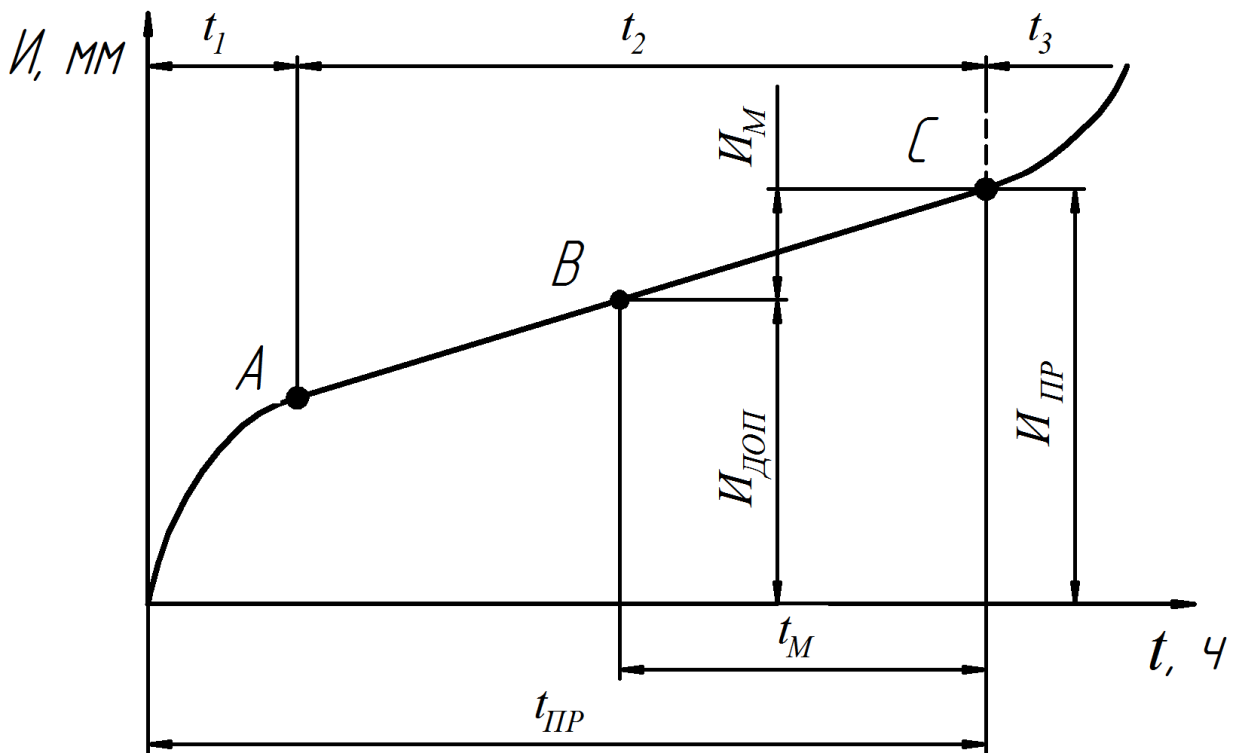


Рисунок 1.2 – Зависимость износа деталей от времени их работы:
 t_1 – период приработки деталей; t_2 – период нормального изнашивания;
 t_3 – период форсированного изнашивания; $t_{пр}$ – наработка до предельного состояния; t_M – межремонтная наработка; $I_{доп}$ – допустимый износ;
 I_M – износ за межремонтный пробег; $I_{пр}$ – предельный износ

Таким образом, величина предельного износа детали может быть определена по моменту наступления форсированного изнашивания. Значение этой величины определяют также по таким показателям, как снижение прочности детали, нарушение установленной посадки в сопряжении, падение мощности и т. п.

Дефектация деталей проводится в следующем порядке:

- 1) Внешний осмотр деталей с целью обнаружения повреждений, видимых невооруженным глазом: крупных трещин, пробоин, изломов, задигов, коррозии и т. п.
- 2) Проверка на специальных приспособлениях для обнаружения дефектов, связанных с нарушениями взаимного расположения рабочих поверхностей и физико-механических свойств материала деталей.
- 3) Контроль на отсутствие скрытых дефектов (невидимых трещин и внутренних пороков).
- 4) Контроль размеров и геометрической формы рабочих поверхностей деталей.

1.1.2 Капиллярная дефектоскопия

Капиллярные методы контроля — основаны на проникновении жидкостей (пенетратов) в скрытые области невидимых поверхностных разрушений и обнаружении дефектов путем образования индикаторных оптически контрастных рисунков, копирующих форму и расположение дефекта. Метод позволяет обнаруживать трещины раскрытием 0,001 мм, глубиной 0,01 мм, длиной более 0,1 мм.

В лабораторной работе будет использоваться метод красок. Метод красок — основан на диффузии красок.

Сначала деталь тщательно очищают с помощью растворителя. Затем наносят из аэрозольного баллона красную краску. Краске дают впитаться в трещины в течении 10-15 минут. Затем деталь протирается влажной ветошью. В зависимости от типа краски для ее удаления может применяться вода или растворители.

Затем тщательно взбалтывают баллон с белой краской и равномерно наносят ее на поверхность детали. После ее высыхания в течении 5 минут осматривают деталь и по контрастным рисункам красного цвета обнаруживают места расположения дефектов.

1.1.3 Прибор для электромагнитной дефектоскопии «Детектор-НМ»

Электромагнитный или электроволновой метод заключается в измерении степени взаимодействия электромагнитного поля вихревых токов. Наводимых в поверхностных слоях контролируемой детали, с переменным магнитным полем катушки преобразователя.

Метод позволяет обнаруживать дефекты глубиной 0,1...0,2 мм, длиной более 1 мм, на глубине до 1 мм.

Прибор «Детектор-НМ» может быть использован в лабораторных условиях, а также в подразделениях дорожной инспекции для обнаружения неоднородностей на поверхности листового металла автомобильных кузовов, сварных швов, вкраплений цветных металлов, изменение толщины лакокрасочного покрытия.

Принцип действия прибора основан на возбуждении в контролируемом изделии вихревых токов и последующем выделении сигнала с преобразователя, величина которого определяется действующим вторичным полем. В приборе используется автоматическая настройка автогенератора при установке датчика на контролируемое изделие.

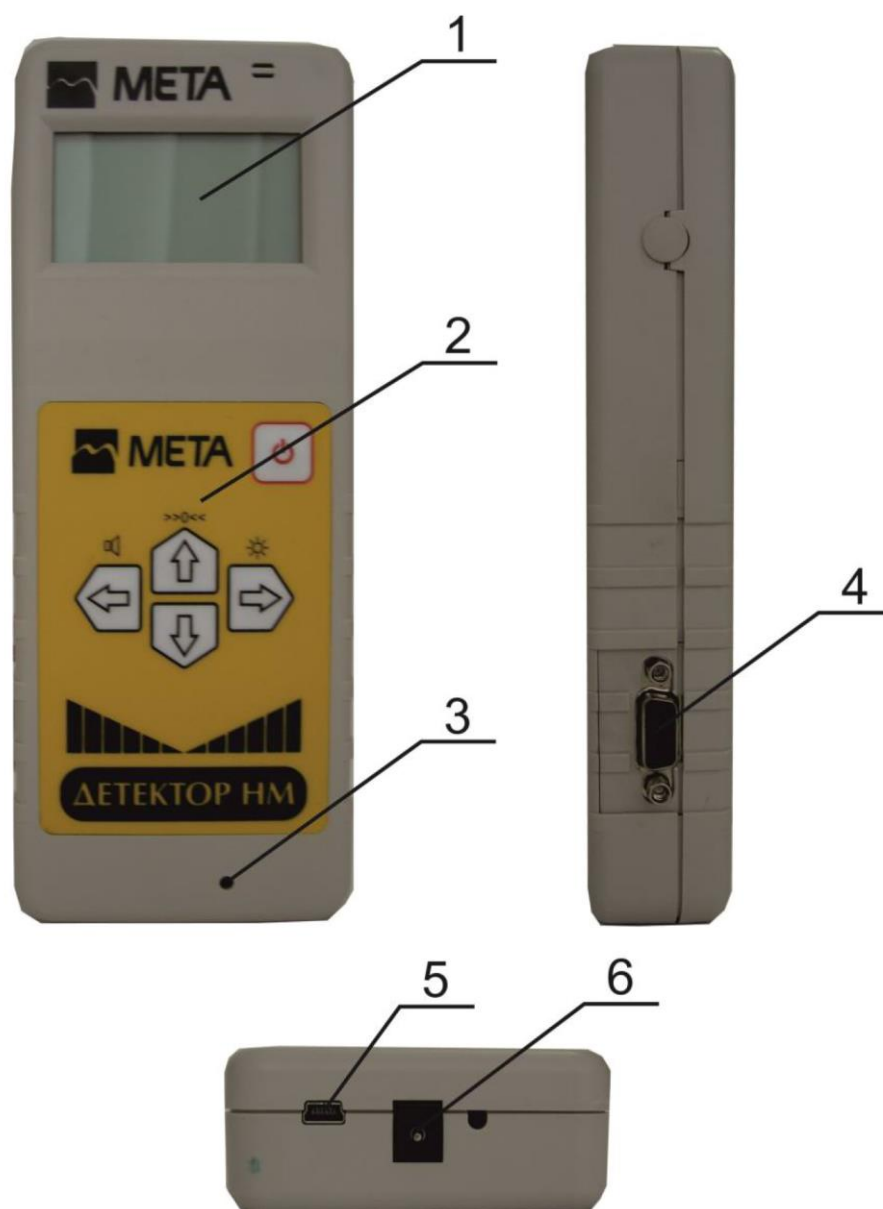


Рисунок 1.3 – Внешний вид прибора:

1 – индикатор прибора; 2 – кнопки управления прибором; 3 – индикатор зарядки; 4 – разъем для подключения датчика; 5 – разъем для подключения кабеля связи с ПЭВМ, 6 – разъем для подключения зарядного устройства

При перемещении датчика на участок с локальным нарушением структуры металла, например, заклепку, сигнал с его выхода меняется по амплитуде, что соответствует появлению полезного сигнала, который подается в схему обработки и индикации.

Внешний вид прибора приведен на рисунке 1.3.

Перед началом работы необходимо выполнить проверку работоспособности прибора по контрольной пластине, входящей в комплект поставки. Имитация дефекта выполнена в виде отверстия диаметром 6 мм, залитого припоем ПОС61 ГОСТ 21931-76.

Для проверки работоспособности необходимо по истечении 2 минут после включения прибора установить датчик на контрольную пластину вне зоны имитации дефекта 1 (рисунок 1.5) и выполнить калибровку прибора нажатием кнопки «◀0▶».

В процессе калибровки не допускается перемещение или отрыв датчика от исследуемой поверхности.

Во время калибровки на индикаторе появляется сообщение:

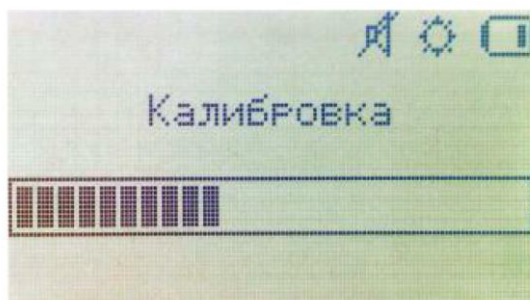


Рисунок 1.4 – Сообщение о калибровке прибора

В нижней части индикатора отображается прогресс-индикатор. А в верхней части горит знак калибровки.

Допускается отклонение оси датчика от перпендикулярного положения на угол не более $\pm 10^\circ$.

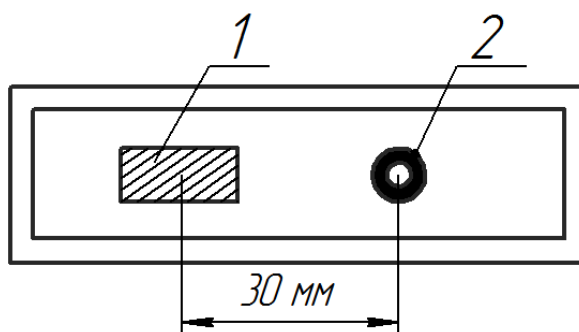


Рисунок 1.5 – Пластина для проверки работоспособности прибора:
1 – зона установки датчика для калибровки; 2 – имитация дефекта

Переместить датчик в зону имитации дефекта 2.

Если при этом на шкале появится набор символов « », то прибор исправен и готов к работе.

При необходимости проведения калибровки в верхнем правом углу индикатора появляется знак « 0 », после чего необходимо нажать кнопку « 0 ».

Поиск дефектов производится после калибровки прибора. При ее проведении датчик должен устанавливаться на поверхности детали в зоне, в которой дефект должен отсутствовать с большей долей вероятности.

Идентификация видов дефектов производится по расположению набора символов « » относительно нулевого значения « »

Если шкала заполняется слева – вкрапление цветного металла во фрагменты кузова, справа – сварной шов, стык двух поверхностей, а также при увеличении толщины лакокрасочного покрытия.

При обнаружении дефектов, скорость перемещения датчика по поверхности контролируемого изделия должна быть не более 0,1 м/с.

1.2. Оборудование и инструменты

- 1) Автомобильные детали, бывшие в эксплуатации.
- 2) Измерительный инструмент: штангенциркуль, микрометр и т.д.
- 3) Центра для измерения биения деталей, штатив магнитный.
- 4) Ветошь, ацетон, керосин, мел.
- 5) Набор для капиллярной дефектоскопии.
- 6) Дефектоскоп вихретоковый «Детектор-НМ».

1.3. Порядок выполнения лабораторных исследований

- 1) Изучить карту дефектации и ремонта исследуемой детали.
- 2) Подготовить таблицу для результатов дефектации.

Таблица 1.1 – Результаты проведения дефектации

Номер (обозначение) дефекта по карте дефектации	Номинальный размер, мм	Допустимый размер, мм	Допустимая погрешность измерений	Модель инструмента	Результаты измерений, мм
1	2	3	4	5	6

3) Из таблиц 1.2 и 1.3 определить допустимые погрешности измерений и выбрать измерительный инструмент.

Таблица 1.2 – Рекомендуемые значения погрешностей, допускаемых при измерении отклонений формы и расположения поверхностей

Допуск формы или расположения, мкм	Погрешность измерения, мкм	Допуск формы или расположения, мкм	Погрешность измерения, мкм
0,1	0,04	40	12
0,12	0,04	50	15
0,16	0,06	60	18
0,2	0,07	80	20
0,25	0,09	100	25
0,3	0,1	120	30
0,4	0,14	160	40
0,5	0,18	200	50
0,6	0,2	250	50
0,8	0,3	300	60
1	0,35	400	80
1,2	0,4	500	100
1,6	0,6	600	120
2	0,7	800	160
2,5	0,9	1000	200
3	1	1200	240
4	1,4	1600	320
5	1,8	2000	400
6	2	2500	500
8	3	3000	600
10	3,5	4000	800
12	4	5000	1000
16	6	6000	1200
20	7	8000	1600
25	9	10000	2000
30	9	12000	2400

Примечание: Числовые значения допусков соосности, симметричности, пересечения осей, позиционных допусков, допусков формы заданного профиля или заданной поверхности приведены в радиусном выражении.

Таблица 1.3 – Рекомендуемые значения погрешностей, допускаемых при измерении линейных размеров

Номинальный размер, мм	Квалитет																					
	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
	МКМ																					
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80
Свыше 3 » 6	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100
» 6 » 10	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120
» 10 » 18	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140
» 18 » 30	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180
» 30 » 50	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200
» 50 » 80	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240
» 80 » 120	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280
» 120 » 180	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320
» 180 » 250	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380
» 250 » 315	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440
» 315 » 400	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460
» 400 » 500	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500

- 4) Произвести внешний осмотр детали.
- 5) Измерить отклонения формы детали.
- 6) Провести исследование скрытых дефектов методом красок.
- 7) Изучить принцип действия вихретокового дефектоскопа и провести дефектацию деталей.
- 7) Произвести измерение размеров и контроль формы деталей.

1.4. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения (ответы на контрольные вопросы).
- 2) Карта дефектации и ремонта заданной детали.
- 3) Таблица 1.1 с результатами измерений.
- 4) Схемы проведения измерений.
- 5) Выводы (сделать заключение о техническом состоянии детали).

1.5. Контрольные вопросы

- 1) Правила составления карт дефектации и ремонта.
- 2) Как изменяется износ деталей во времени?
- 3) Что такое предельный размер?
- 4) Что такое допустимый размер?
- 5) В каком порядке проводится дефектация деталей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 РАЗРАБОТКА РЕМОНТНОГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Цель работы: – изучение правил оформления ремонтных чертежей;
– получить практические навыки в оформлении ремонтных чертежей

2.1 Теоретический раздел

Понятие и правила составления ремонтных чертежей регламентируются ГОСТ 2.604–2000.

Ремонтными считаются чертежи, предназначенные для ремонта деталей, ремонта сборочных единиц, сборки и контроля отремонтированного изделия, вновь изготавливаемых дополнительных деталей и деталей с ремонтными размерами.

Ремонтными называются размеры, установленные для ремонтируемой детали или для изготовления новой детали взамен изношенной, отличающиеся от аналогичных размеров детали по рабочему чертежу.

Ремонтные размеры делятся на категорийные и пригоночные.

Категорийными называются ремонтные окончательные размеры детали, установленные для определенной категории ремонта.

Пригоночными называются ремонтные размеры детали, установленные с учетом припуска на пригонку детали „по месту”.

При выполнении ремонтных чертежей руководствуются следующими правилами.

При выполнении ремонтных чертежей руководствуются следующими правилами.

1) На ремонтных чертежах указывают только те размеры, предельные отклонения, натяги, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены при ремонте изделия.

2) На изделия, которые при ремонте не могут быть разъединены (неразъемные соединения, выполненные клепкой, сваркой и т.п.), допускается не выпускать самостоятельные чертежи на отдельные детали. Указания по ремонту таких изделий приводят на ремонтном сборочном чертеже изделия, в которое входят ремонтируемые детали, с добавлением изображений и данных, поясняющих сущность ремонта.

3) На ремонтных чертежах (за исключением чертежей на вновь изготавливаемые детали и сборочные единицы) изображают только те виды, разрезы и сечения, которые необходимы для проведения ремонта детали или сборочной единицы.

4) На ремонтных чертежах предельные отклонения линейных размеров указываются числовыми значениями или буквенными обозначениями с последующим указанием в скобках их цифрового значения, например: « $\varnothing 12 \begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}$ » или « $\varnothing 12e8 \begin{pmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{pmatrix}$ ».

5) На ремонтных чертежах поверхности, подлежащие обработке при ремонте, выполняют основной сплошной толстой линией, остальная часть изображений – сплошной тонкой линией.

Если у отдельных элементов ремонтируемой детали меняется конфигурация, то измененную часть детали показывают на чертеже сплошной основной линией, а неизмененную часть – сплошной тонкой линией (рисунок 2.1).

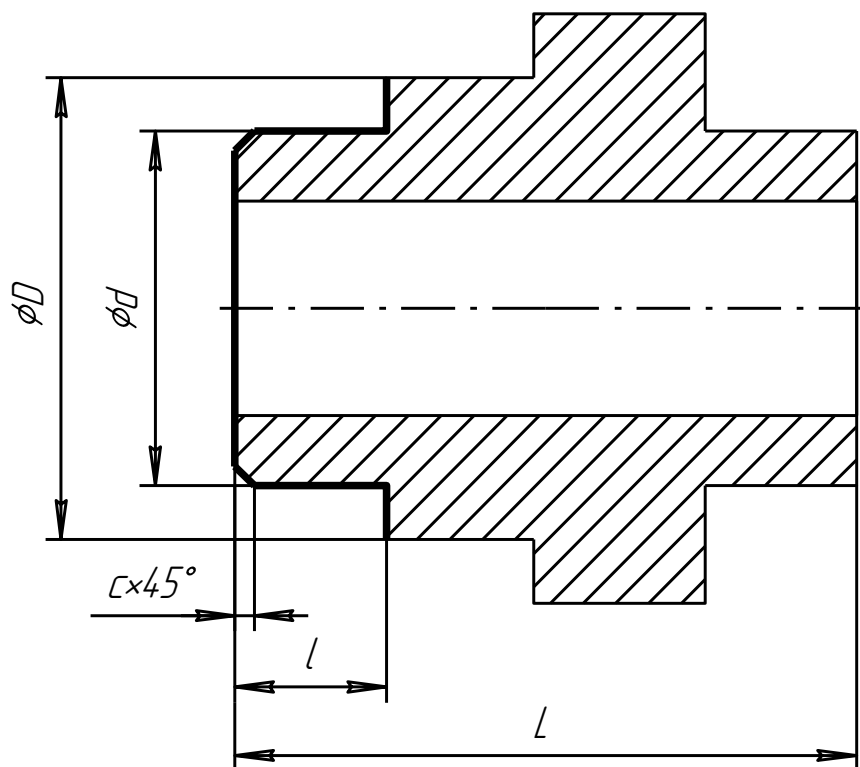


Рисунок 2.1 – Пример выполнения чертежа с изменяемой конфигурацией

6) На чертеже детали, ремонтируемой сваркой, наплавкой, нанесением металлопокрытий и т.п., рекомендуется выполнять изображение подготовки соответствующего участка детали к ремонту (рисунок 2.2).

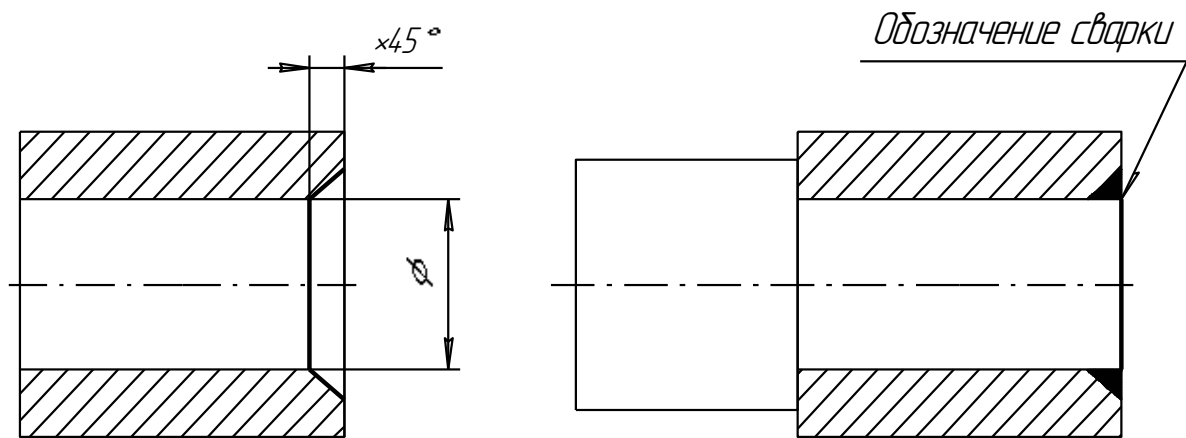
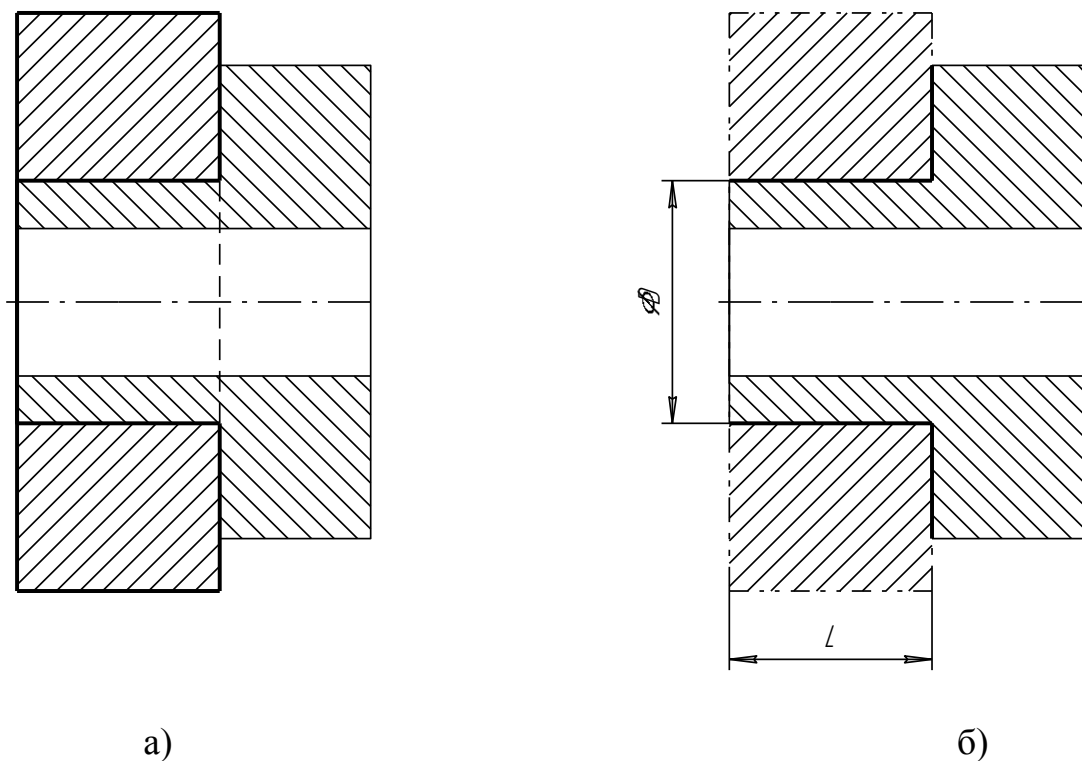


Рисунок 2.2 – Пример выполнения чертежа привариваемой детали

7) При ремонте изделия наплавкой, заливкой (при помощи сварки, пайки и т.п.) на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материала, используемого при ремонте, а также обозначение стандарта на материал.

8) Если при ремонте детали удаляют изношенную часть и заменяют ее новой (рисунок 2.3,а.). то удаляемую часть изображают тонкой штрих-пунктирной линией с двумя точками (рисунок 2.3,б.). Новую часть детали выполняют на отдельном ремонтном чертеже.



а)

б)

Рисунок 2.3 – Пример оформления чертежа удаляемой части чертежа

9) На ремонтном чертеже детали, для которой установлены пригоночные размеры, при необходимости указывают установочные базы для пригонки детали „по месту”.

10) На ремонтных чертежах категорийные и пригоночные размеры, а также размеры детали, ремонтируемой снятием минимально необходимого слоя материала, проставляют буквенными обозначениями, а их числовые величины и другие данные указывают на линиях-выноски (рисунок 2.4) или в таблице (рисунок 2.5). Таблицу помещают в правой верхней части чертежа.

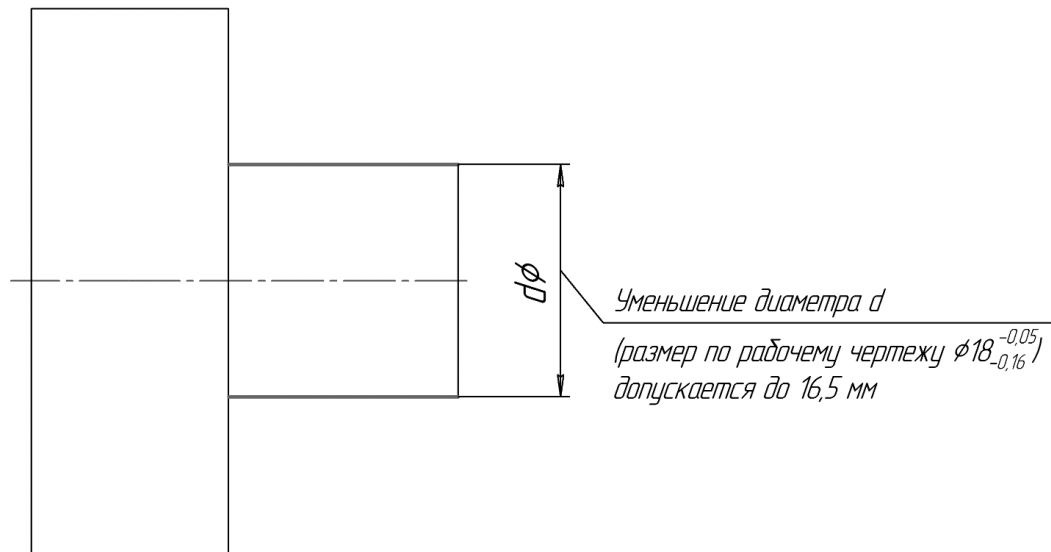


Рисунок 2.4 – Пример указания пригоночного размера

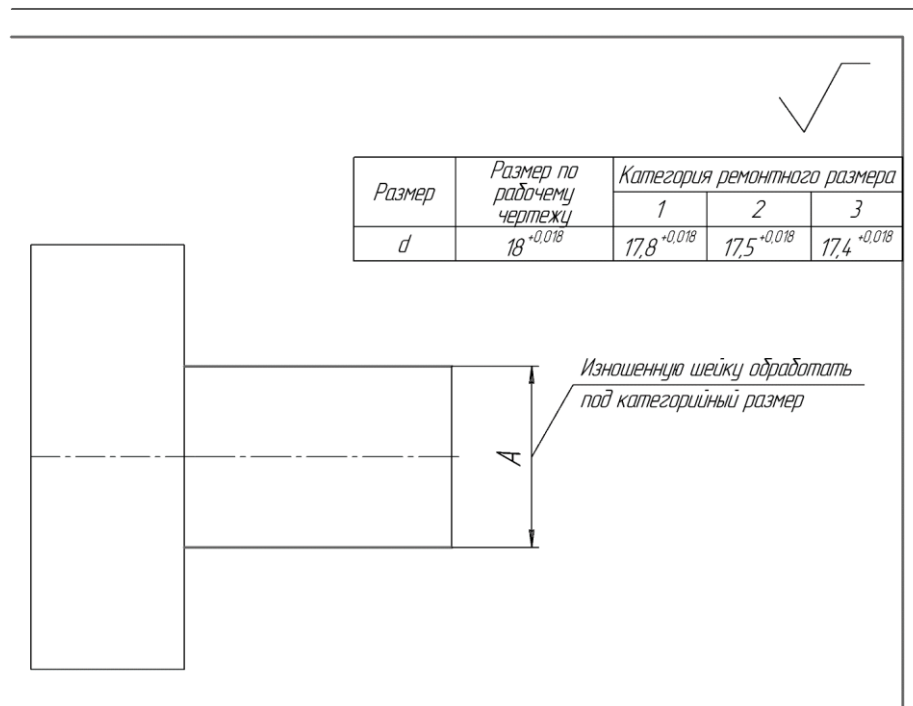


Рисунок 2.5 – Пример указания категорийного размера

11) На ремонтных чертежах в сопряженных изделиях с категорийными размерами сохраняется характер сопряжения (качества точности, посадки, шероховатость и др.), предусмотренный в рабочих чертежах.

12) На ремонтных чертежах деталей и сборочных единиц для определения способа ремонта помещают технологические требования и указания, которые являются единственными для восстановления эксплуатационных характеристик изделия

Технологические требования, относящиеся к отдельному элементу детали или сборочной единицы, помещают на ремонтном чертеже, как правило, рядом с соответствующим элементом или участком детали или сборочной единицы.

Эти требования допускается не указывать, если они изложены в руководстве по ремонту или в технических условиях на ремонт.

13) На ремонтном чертеже одновременно допускается указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали с соответствующими разъяснениями на чертеже. На каждый принципиально отличный вариант ремонта детали или сборочной единицы выполняют отдельный чертеж.

14) Если при ремонте детали в нее вводят дополнительные детали (втулку, стопорный винт и т.п) или монолитную деталь при ремонте заменяют деталью, состоящей из нескольких составных частей, то ремонтный чертеж выполняют как сборочный.

15) На ремонтных чертежах деталей содержание графы «Материал» основной надписи должно соответствовать содержанию аналогичной графы рабочего чертежа детали. Обозначение отмененных стандартов на материалы не указывают.

В ремонтных чертежах на вновь изготавливаемые изделия в этом случае указывают обозначение материала по действующему стандарту.

16) Предельные отклонения размеров 14—17 квалитетов проставляют на ремонтных чертежах с округлением до десятых долей миллиметра.

17) Ремонтную спецификацию допускается выполнять на поле чертежа в бумажной форме на каждый вид изделия (сборочная единица, комплекс, комплект).

18) В раздел "Материалы" ремонтной спецификации вносят материалы, необходимые для ремонта изделия и его комплектов, поставляемых непосредственно с изделием.

Обозначение ремонтного чертежа получают добавлением к номеру рабочего чертежа букв (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Обозначения ремонтных чертежей

Вид чертежа	Обозначение
Ремонтный чертеж детали	Р
Ремонтный чертеж сборочной единицы	РСБ
Ремонтный чертеж детали i-й категории	P2 (P3 и т.п.)
Ремонтный чертеж детали с несколькими категорийными размерами	$\frac{P1}{P3}$
Ремонтный чертеж детали с несколькими поверхностями с категорийными размерами	$\frac{P1}{P3} K$
Чертеж с пригоночным размером	П
Чертеж дополнительной (новой) детали	по правилам рабочих чертежей
Чертеж дополнительной (новой) детали, требующей пригонки	НП

2.2 Порядок проведения работы

По карте дефектации, разработанной в практической работе №1, разработать ремонтный чертеж детали. Примеры ремонтных чертежей показаны в приложении Б.

2.3 Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения (основные правила оформления ремонтных чертежей).
- 2) Ремонтный чертеж детали.
- 3) Выводы

2.4 Контрольные вопросы

- 1) Назначение ремонтных чертежей.
- 2) Особенности указания отклонений формы на ремонтных чертежах.
- 3) Особенности оформления ремонтных чертежей деталей восстанавливаемых с помощью постановки ремонтной детали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ПРИПУСКОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: освоение методики расчета толщины слоя наносимого материала на изношенные поверхности деталей.

3.1 Теоретический раздел

От правильности выбора межоперационного припуска на обработку во многом зависит экономичность технологического процесса. Величина межоперационного максимального припуска ограничивается экономическими соображениями, а величина минимального не должна быть меньше суммы всех погрешностей предыдущего перехода. Причем за предыдущий переход можно принимать получение заготовки, эксплуатацию детали, восстановление детали, механическую обработку и т. п.

К погрешностям перехода относятся микронеровности, глубина поврежденного слоя, пространственные погрешности (биение, непараллельность и т. п.) и погрешность установки. Учесть все эти погрешности для различных способов устранения дефектов в настоящее время не представляется возможным в связи с тем, что нет достаточных статистических материалов.

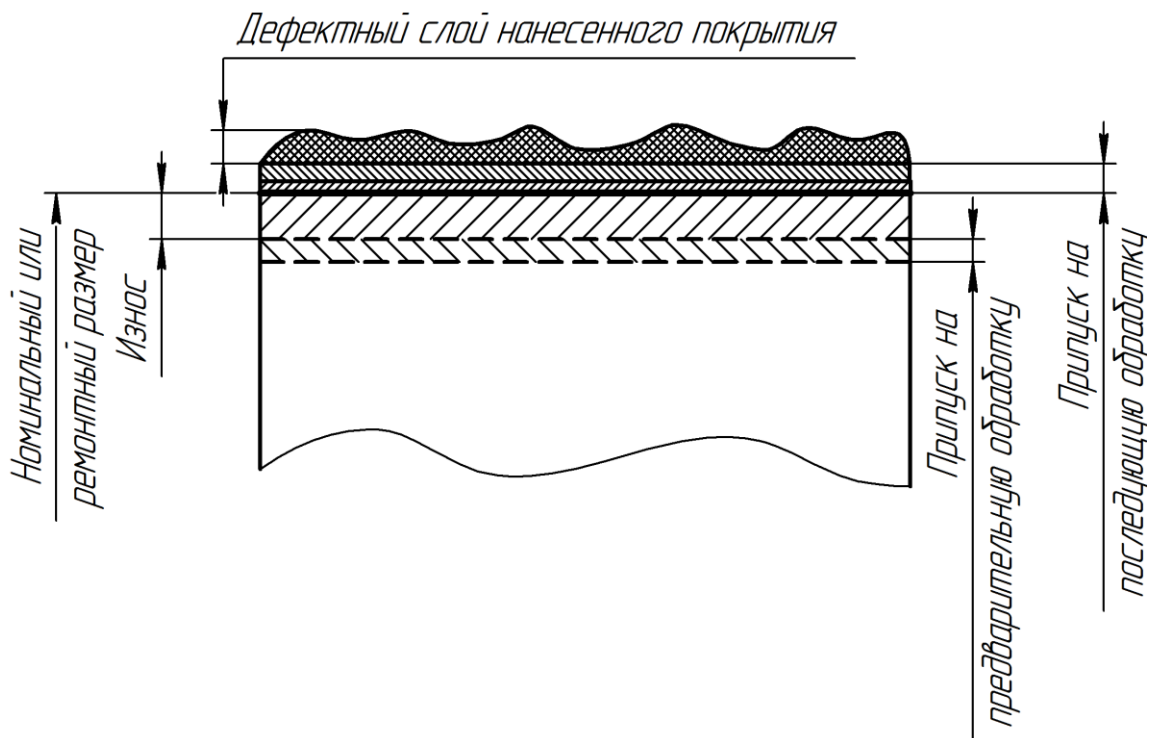


Рисунок 3.1 – Схема расчета толщины наносимого слоя

Толщину наносимого слоя $A_{\text{сл}}$ (рисунок 3.1) выбирают с учетом износа деталей Δ_H и припуска Z_0 на механическую обработку:

$$A_{\text{сл}} = \Delta_H + Z_0. \quad (3.1)$$

При восстановлении механическая обработка может производиться и до нанесения слоя (с целью подготовки поверхности, исправления погрешности формы).

Для ремонтной детали на i -ю операцию минимальный припуск $Z_{\min_i}$ целесообразно определять по методике В. М. Кована [4] (формулы 3.2, 3.3, таблица 3.1).

Для обработки с односторонним припуском (обработка плоскостей):

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (3.2)$$

Для тел вращения

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3.3)$$

где $R_{Z_{i-1}}$ – глубина видимых дефектов поверхностного (задилов, выкрашивания, коррозии), а при их отсутствии величина шероховатости поверхности, соответствующая классу ее чистоты;

T_{i-1} – глубина повреждённого слоя. При механической обработке под ремонтный размер принимается только при наличии цветов побежалости на поверхности детали (возникают при нагреве поверхности детали свыше 200°C) и может быть принята равной 0,05 мм. Ориентировочные значения приведены в таблице 3.2.

ρ_{i-1} —пространственные отклонения. Для вала это биение, для втулки – разностенность; для корпусной детали непараллельность, перпендикулярность и т.п.).

ε_i – погрешность установки,

$$\varepsilon_i = \sqrt{\Delta_{\delta_i}^2 + \Delta_{\beta_i}^2 + \Delta_{\text{пр}_i}^2 + \Delta_{\phi_i}^2}, \quad (3.4)$$

Δ_{δ_i} – погрешность базирования;

Δ_{β_i} – погрешность закрепления;

$\Delta_{\text{пр}_i}$ – погрешность приспособления;

Δ_{ϕ_i} – погрешность формы ремонтируемой детали. Можно принимать по предельным отклонениям указанным в картах дефектации и ремонта.

Составляющие погрешности установки определяются по справочной литературе [4].

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$Z_{i\min} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
Обтачивания цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1})$
Суперфиниширование, полирование и раскатка (обкатка)	$2Z_{i\min} = 2R_{Zi-1} + 0,5T_i$
Обработка лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера черновой поверхности	$Z_{i\min} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + 0,25\rho_{i-1}$
Шлифование	
при наличии термообработки	$Z_{i\min} = R_{Zi-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$ $2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
при отсутствии термообработки	$Z_{i\min} = R_{Zi-1} + \rho_{i-1}$ $2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + \rho_{i-1})$

Таблица 3.2 – Глубина дефектного слоя для некоторых видов восстановления

Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм
1	2
Металлизация:	
плазменно-дуговая (МПД)	0,02...0,05
электродуговая (МЭ)	0,5...1,00
газовая (МГ)	0,02...0,05
высокочастотная (МВ)	0,025...0,05
Наплавка:	
электродуговая под слоем флюса (НФ)	0,2...0,5
электроимпульсная (НЭ)	0,2...0,4
вибродуговая (НВ)	0,2...0,5

Продолжение таблицы 3.2

1	2
ручная (электродами) (НР)	0,5...1,0
газовая (НГ)	0,25...0,5
Электролитическое осаждение:	
хромирование (Х)	0,02...0,03
железнение (Ж)	0,03...0,05
никелирование (Н)	0,02...0,03
Заливка жидким металлом (ЖМ)	1,0...2,5

При гальваническом методе ремонта детали припуск на обработку можно определить по эмпирическим формулам приведенным в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Минимальный припуск при гальванических методах восстановления

Вид обработки	Черновая обработка	Чистовая обработка
Бесцентровое шлифование	$2z = 0,05 + 0,9\delta$	$2z = 0,072 + 0,9\delta$
Круглое шлифование в центрах	$2z = 0,07 + 0,9\delta$	$2z = 0,099 + 0,9\delta$
Чистовое растачивание или внутреннее шлифование	$2z = 0,07 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\delta$	$2z = 0,099 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\delta$

В таблице 3.3 δ – допуск на выполнение предшествующей операции, мм. Принимается равным допуску на соответствующий диаметр по h10 для отверстия или по H10 для вала; d – диаметр восстанавливаемой поверхности, мм

При восстановлении способом пластического деформирования минимальный односторонний припуск на механическую обработку определить по таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Минимальный односторонний припуск на механическую обработку при восстановлении способом пластического деформирования, мм.

Масса детали, кг	Толщина (высота), длина или ширина детали, мм										
	0	50	120	180	260	360	500	630	800	1000	1250
	50	120	180	260	360	500	630	800	1000	1250	1600
Осаждение, дорнование, обжатие, вытягивание											
До 0,25	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6		
Свыше 0,25 до 0,63	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7		
» 0,63 » 1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9		
» 1,60 » 2,50	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0		
» 2,50 » 4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2		
» 4,00 » 6,30	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1
» 6,30 » 10,00	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
» 10,00 » 16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
» 16,00 » 25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6
» 25,00 » 40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8
» 40,00 » 63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
» 63,00 » 100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5
» 100,00 » 125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8
» 125,00 » 160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1
» 160,00 » 200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5
Объемное вдавливание											
До 0,25	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6						
Свыше 0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	0,8	2,1					
» 0,63 » 1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5				
» 1,60 » 2,60	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1			
» 2,50 » 4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8		
» 4,00 » 6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	
» 6,30 » 10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,8	4,2	4,7	5,4
» 10,00 » 16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	4,9	5,6
» 16,00 » 25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,6	5,1	5,8
» 25,00 » 40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	6,0
» 40,00 » 63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,7	5,1	5,6	6,3
» 63,00 » 100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,2	5,6	6,1	6,8
» 100,00 » 125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,5	5,9	6,4	7,1
» 125,00 » 160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,9	6,3	6,8	7,5
» 160,00 » 200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	6,6	7,0	7,5	8,2

При ремонте деталей способом постановки ремонтной детали припуск на обработку можно считать равным величине радиальной деформации втулки после ее запрессовки или напрессовки:

$$Z = \frac{pd^2}{4Eh} \left(1 - \frac{\mu}{2} \right), \quad (3.5)$$

где p – удельное контактное давление, МПа;

d – внутренний диаметр втулки, мм;

h – толщина втулки, мм;

E – коэффициент Пуассона;

μ – модуль упругости.

Удельное контактное напряжение

$$p = \frac{\delta_{\max} \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (3.6)$$

где $\delta_{\max}$ – максимальный натяг в соединении, мкм;

C_1 и C_2 – коэффициенты:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2, \quad (3.7)$$

d_1 – диаметр отверстия пустотелого вала, для цельного вала $d_1 = 0$;

d_2 – наружный диаметр напрессовываемой детали;

E_1, μ_1, E_2, μ_2 – модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов сопрягаемых деталей.

В тех случаях, когда разовая размерная обработка ремонтируемой детали недостаточна для получения требуемой точности, применяют последующие операции, припуски по которым определяются по справочной литературе [3, 4].

Результат расчета припусков оформляется в виде карты припусков.

3.2 Порядок проведения работы

- 1) Изучить примеры деталей с характерными износами.
- 2) Произвести измерения размеров, отклонений формы деталей.
- 3) Исследовать влияние погрешности формы и коэффициента уточнения на наследственность погрешности при обработке.

4) Произвести расчет припусков на обработку детали и толщину наносимого слоя при восстановлении.

3.3 Порядок проведения расчетов

1) Проанализировать требуемые параметры шероховатости, качество размера поверхности детали после ремонта и метод восстановления выбрать необходимую последовательность операций механической обработки.

2) Составить схему базирования и закрепления для заданной детали.

3) Записать для каждой операции значения Rz , T , ρ , ε , значение допуска на обработку.

Для обработанных поверхностей суммарное пространственное отклонение заготовки характеризуется остаточным отклонением расположения после обработки:

$$\rho_i = K_y \rho_{i-1}, \quad (3.8)$$

где K_y – коэффициент уточнения.

Таблица 3.5 – Значение коэффициента уточнения

Вид обработки	K_y
Черновое точение наплавленных поверхностей	0,06
Получистовое точение наплавленных поверхностей, смещение оси отверстия при рассверливании	0,05
Чистовое точение поверхностей 10-11 квалитетов	0,04
Двукратное обтачивание, или шлифование после механической обработки	0,02
Получистовая обработка отверстий	0,005
Развертывание отверстий	0,002

3) Рассчитать минимальный припуск для каждой операции. Расчет минимального припуска для первой операции производить по формулам (3.1-3.7, таблица 3.1). Значения минимального припуска для операций последующей механической обработки взять из справочной литературы [3, 4].

4) Для переходов, предшествующих последнему, записать наименьшие размеры, путем прибавления для валов и вычитания для отверстий расчетного наименьшего припуска, округляя в сторону увеличения до десятичного знака, с которым дан допуск на размер.

5) Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, путем прибавления допуска на обработку.

6) Записать предельные значения припусков Z_{max} как разность наименьших предельных размеров и Z_{min} как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов.

7) Определить общие припуски Zo_{max} и Zo_{min} , суммируя промежуточные припуски на обработку.

8) Проверить правильность расчетов по формуле:

$$Td_3 - Td_D = Zo_{max} - Zo_{min}. \quad (3.9)$$

Результаты расчетов свести в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Карта расчета припусков на обработку

Наименование поверхности, номинальный размер, допуск и предельные отклонения											
Маршрут обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск Z_{min} , мкм	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск Td , мкм	Округленные размеры, мм		Полученные предельные припуски, мм	
	Rz	h	Δ	ε				d_{max}	d_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Операция 1				—	—					—	—
Операция 2.											
...											

10) Рассчитать максимальный припуск:

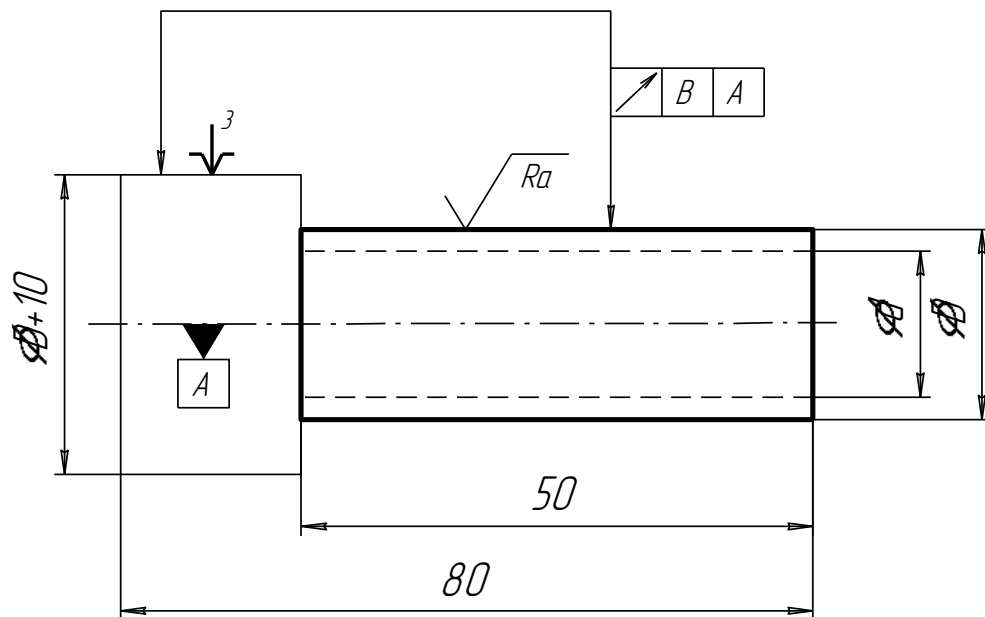
$$Z_{MAX} = Z_{MIN} + Td, \quad (3.10)$$

где Td – допуск на диаметр.

11) Определить минимальную и максимальную толщину наносимого покрытия по формуле (3.1).

3.4 Индивидуальные расчетно-практические задания

Расчеты рекомендуется проводить для технологического процесса восстановления, разрабатываемого в расчетно-графической работе или по условиям таблицы 3.6. В таком случае расчеты припусков проводится для детали, показанной на рисунке 3.2.



Материал Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 3.2 – Ремонтный чертеж детали и схема закрепления

Вариант задания выбирается по последнему номеру зачетной книжки из таблицы 3.7.

Таблица 3.7 – Варианты заданий

№ ЗК	Номиналь- ный диаметр D, мм (износ, мм)	Вид восстановле- ния*	Шерохова- тость Ra, мкм	Радиаль- ное биение B, мм	Простран- ственные от- клонения, ρ_{i-1} , мм	Внутрен- ний диа- метр втулки d, мм
0	20 d9 (0,8)	ЖМ	5,00	0,50	0,050	16
1	25 e8 (0,15)	МПД	4,00	0,45	0,045	20
2	30 f7 (1,0)	МЭ	3,20	0,40	0,040	26
3	35 g6 (0,8)	МВ	2,50	0,35	0,035	30
4	40 h6 (0,9)	НГ	2,00	0,30	0,030	36
5	45 js7 (1,2)	НР	1,60	0,25	0,025	40
6	50 k6 (0,6)	МВ	1,25	0,20	0,020	46
7	55 n6 (0,7)	Ж	1,00	0,15	0,015	50
8	60 p6 (0,3)	Х	0,80	0,10	0,010	54
9	65 r6 (1,1)	ЖМ	0,63	0,05	0,005	59

Примечание: * обозначение см. таблица А.1

3.5 Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Ремонтный чертеж детали, теоретическая схема базирования и закрепления.
- 3) Маршрут обработки поверхности.
- 4) Расчет припусков.
- 5) Расчет толщины покрытия.
- 6) Выводы по работе.

3.6 Контрольные вопросы

- 1) Особенности расчета межоперационных припусков при восстановлении деталей.
- 2) От чего зависит минимальная толщина наносимого слоя?
- 3) Как толщина наносимого слоя влияет на выбор способа восстановления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ПОСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ

Цель работы: - изучить примеры деталей, восстанавливаемых методом постановки дополнительной ремонтной детали (ДРД);
- изучить методику расчета размеров ДРД

4.1 Теоретический раздел

Этот вид ремонта применяется для ремонта деталей, имеющих износ посадочных поверхностей (картера коробки передач, ступицы, балки переднего моста и т. п.).

Примерный технологический маршрут этого ремонта заключается в следующем:

- механическая обработка изношенной посадочной поверхности;
- запрессовка или напрессовка ремонтной втулки на посадочную поверхность;
- обработка втулки под номинальный размер.

ДРД крепится к основной детали напрессовкой с гарантированным натягом, приваркой, стопорными винтами, клеевыми композициями, на резьбе.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, резьбовой втулки, зубчатого венца (рисунок 4.1).

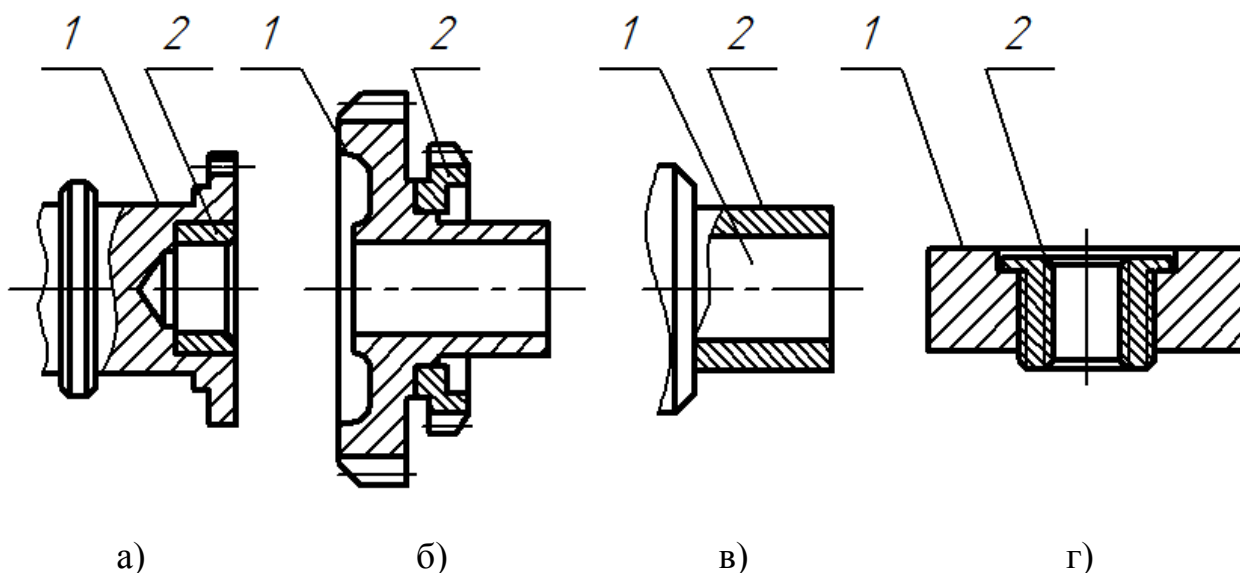


Рисунок 4.1 – Восстановление изношенных поверхностей постановкой
дополнительных деталей

а — отверстий; б — зубчатых венцов; в — шеек цапф; г — резьб;
1 — изношенная деталь; 2 — дополнительная деталь

Материал ремонтной втулки соответствует обычно материалу восстанавливаемой детали, исключение составляют только чугунные детали, для которых втулки изготавливаются из стали. При выборе материала и метода обработки ДРД следует учитывать условия их работы, необходимость обеспечения межремонтного ресурса. В связи с этим ДРД при необходимости подвергаются термической обработке до крепления ее к основной детали.

Для обеспечения прочной посадки ДРД, имеющих форму втулок, сопрягаемые поверхности должны быть обработаны по допускам посадок с натягом 7-8 квалитета точности с шероховатостью не ниже $R_a = 1,25 \dots 0,63$ мкм. Во избежание возникновения трещин в перемычках между отверстиями и задиров на сопрягаемых поверхностях последние смазывают машинным маслом или графитной смазкой. Для облегчения центрирования втулки при запрессовке ее кромка по наружному диаметру должна иметь фаску под углом $30\text{—}45^\circ$.

При оформлении ремонтных чертежей деталей восстанавливаемых ДРД чертеж выполняют как сборочный, с размещением спецификации на листе.

4.2 Лабораторное оборудование

Детали, станок токарно-винторезный, пресс гидравлический, динамометр ДОСМ, штангенциркуль, микрометр, машинное масло.

4.3 Порядок проведения теоретических расчетов

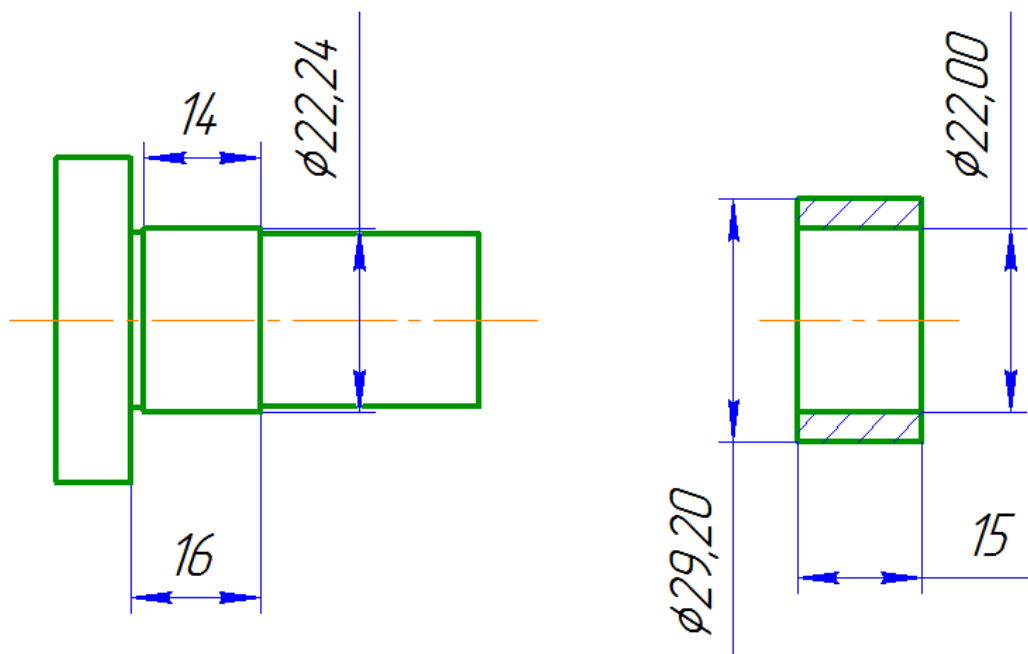
- 1) Подготовить таблицу для результатов измерений и вычислений.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и вычислений

Деталь	Материал	Размеры, мм				$\Delta_{\max}$, мкм	E, МПа	μ	C_1, C_2	p , МПа	$[\sigma]$, МПа	σ_T , МПа	δ_0 , мм	f	P, Н	Z, мм
		L	d_B, d_O	d_1, d_2	h											
Вал																
Втулка																

- 1) Заэскизировать детали. Измерить размеры деталей.

До запрессовки



После запрессовки

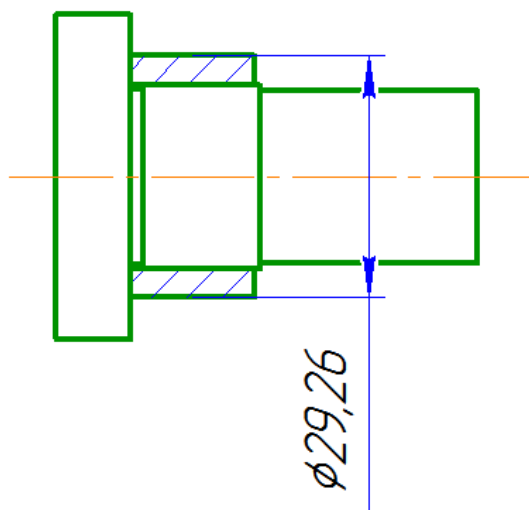


Рисунок 4.2 – Примеры эскизы деталей до и после запрессовки

2) Рассчитать натяг в соединении $\Delta_{\max}$, мкм

$$\Delta_{\max} = (d_B - d_O) \cdot 10^3, \quad (4.1)$$

где d_B , d_O – наружный диаметр вала и внутренний диаметр втулки, соответственно, мм.

3) Рассчитать удельное давление на поверхности контакта p , МПа

$$p = \frac{\Delta_{\max} \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (4.2)$$

где C_1 и C_2 – коэффициенты

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2, \quad (4.3)$$

d_1 – диаметр отверстия пустотелого вала, для цельного вала $d_1 = 0$;

d_2 – наружный диаметр напрессовываемой детали;

E_1, μ_1, E_2, μ_2 – модули упругости, МПа и коэффициенты Пуассона материалов сопрягаемых деталей.

Таблица 4.2 – Значения модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона μ при 20 °С

Материал	E , МПа	μ
Углеродистая сталь	$(2 \dots 2,1) \cdot 10^5$	0,24–0,28
Легированная сталь	$2,1 \cdot 10^5$	0,25–0,30
Чугун	$1,03 \cdot 10^5$	0,23–0,27
Бронза	$0,83 \cdot 10^5$	0,32–0,35
Алюминий и его сплавы	$0,74 \cdot 10^5$	0,33

4) Рассчитать минимально допустимую толщину детали

$$\delta_0 = \frac{p \cdot \sigma_T \cdot d}{2[\sigma]^2}, \quad (4.4)$$

где $[\sigma]$ – допускаемые напряжения материала втулки, МПа;

σ_T – предел текучести для материала втулки, МПа.

5) Рассчитать усилие запрессовки втулки P , Н

$$P = f \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (4.5)$$

где f – коэффициент трения в сопряжении:

сталь-сталь $f_T=0,06...0,22$; сталь-чугун $f_T=0,06...0,14$;

сталь-латунь $f_T=0,05...0,10$; сталь-алюминий и его сплавы $f_T=0,02...0,08$.

d — средний диаметр контактирующих поверхностей, мм;

L — длина запрессовки части детали, мм;

6) Рассчитать величину радиальной деформации втулки после запрессовки Z , мм

$$Z = \frac{pd^2}{4Eh} \left(1 - \frac{\mu}{2} \right), \quad (4.6)$$

где h – толщина втулки, мм;

Результаты расчетов занести в таблицу 4.2.

4.3 Порядок проведения экспериментальных исследований

1) Подготовить таблицу для результатов измерения

Таблица 4.3 – Результаты измерений

Перемещение L , мм									
Показание динамометра D , мкм									
Усилие напрессовки P , Н									
P , Н		d_{2H} , мм		Z , мм					
теоретическое	экспериментальное			теоретическое	экспериментальное				

2) Установить вал на опорную пластину пресса.

3) Установить втулку, динамометр и поджать их штоком пресса.

4) Увеличивая давление масла с помощью рычага насоса напрессовать втулку на вал. Записать показания динамометра, в зависимости от перемещения штока.

5) Зафиксировать максимальное значение усилие напрессовки.

6) Рассчитать усилие напрессовки

$$P = k_D \cdot D. \quad (4.7)$$

где k_d – коэффициент динамометра, Н/мкм.

7) Измерить диаметр втулки после напресовки, d_{2H} .

6) Рассчитать радиальное увеличение наружного диаметра втулки, мм.

$$Z = d_2 - d_{2H}. \quad (4.8)$$

7) Построить график зависимости $P = f(L)$.

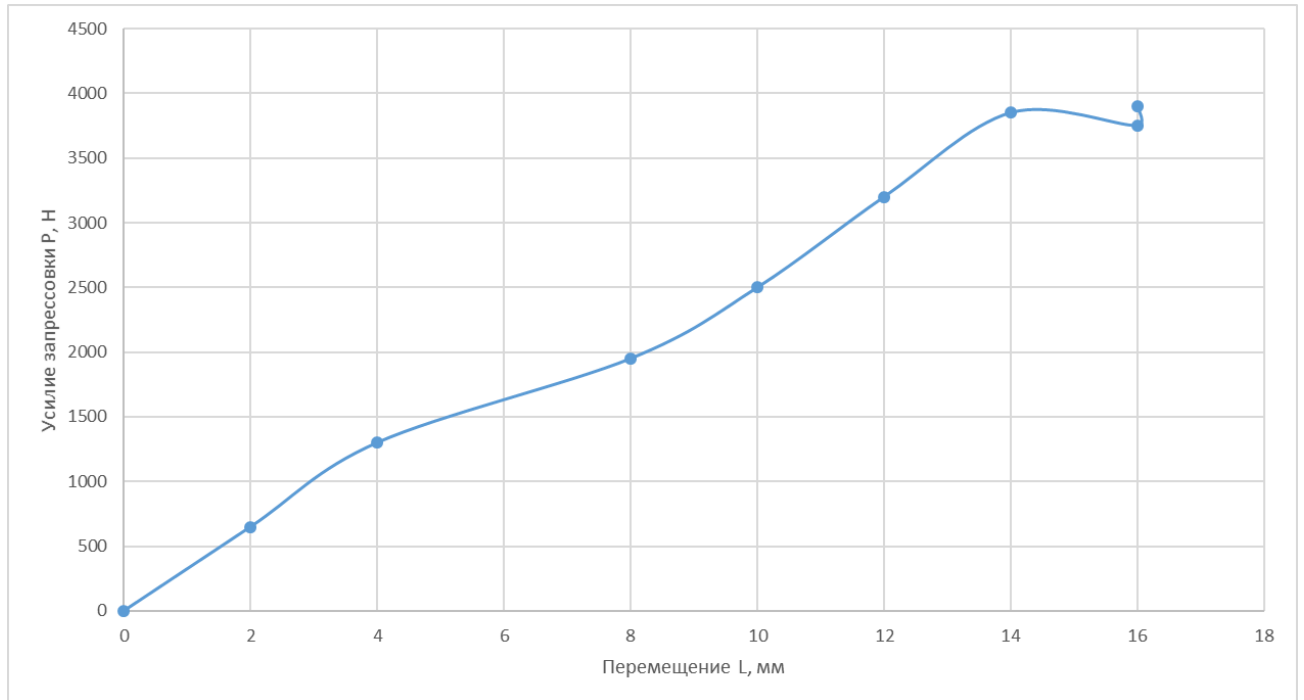


Рисунок 4.3 – Пример графика зависимости $P = f(L)$.

4.4 Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Эскиз деталей.
- 3) Результаты измерений и вычислений.
- 4) График $P = f(L)$.
- 5) Выводы. Сравнить данные, полученные теоретическим и экспериментальным путем.

4.5 Контрольные вопросы

- 1) Область применения восстановления способом постановки дополнительной детали.
- 2) Виды дополнительных ремонтных деталей.
- 3) Способы фиксации дополнительных деталей.
- 4) В каких случаях применяется механическая обработка дополнительных ремонтных деталей после установки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЕТ УСИЛИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Цель работы: изучить методику определения усилия деформации, при восстановлении размеров автомобильных деталей методами пластического деформирования

5.1 Теоретический раздел

На качество пластического деформирования влияет пластичность материала, температура нагрева, скорость деформации и схема главных напряжений.

Пластичность материала зависит во многом от химического состава и величины зерна металла. Добавление примесей ведет, как правило, к снижению пластичности металла. Неоднородность структуры металла и неравномерность примесей приводят также к снижению пластичности. Величина зерна металла оказывает влияние на пластичность в случае холодного деформирования детали. Чем меньше величина зерна, тем прочнее металл, а следовательно, ниже его пластичность. При горячем деформировании величина зерна не оказывает заметного влияния на пластичность, но оказывает влияние на прочность восстановленной детали. Величина зерна изменяется в зависимости от степени деформирования и температуры рекристаллизации. При какой-то определенной температуре и степени деформирования для данного материала восстанавливаемой детали размер зерна достигает максимального значения. В этом случае эту степень деформирования называют критической и ее следует избегать, так как она приводит к понижению прочности детали.

Холодным деформированием называется пластическая деформация детали, проходящая при температурах ниже температуры рекристаллизации и приводящая к упрочению металла (наклепу). Горячим деформированием называется пластическая деформация детали, проходящая при температурах выше температуры рекристаллизации и не приводящая к наклепу детали. Процесс изменения структуры металла в результате нагрева называется рекристаллизацией. Минимальной температурой рекристаллизации является температура, при которой заметно резкое падение твердости и повышение пластичности. Величину температуры рекристаллизации можно принять равной 0,4 от абсолютной температуры плавления материала,

Температура нагрева детали влияет на ее пластичность. Сопротивление деформированию стали, нагретой до температурыковки, в 10—15 раз меньше, чем сопротивление в холодном состоянии. Но нагрев детали до ковочных температур приводит к возникновению окалины, выгоранию углерода с поверхностного слоя, короблению детали. Поэтому для уменьшения влияния температуры стремятся, чтобы она была небольшой, но достаточной для деформа-

ции детали на требуемую величину. Нагрев детали до температурыковки целесообразен только для значительных пластических деформаций. Для углеродистых сталей целесообразен интервал 350...700 °С. Нагрев до 350 °С не увеличивает, а снижает пластичность детали, а нагрев свыше 700° С приводит к появлению окалины.

Скорость деформации в общем случае ведет к снижению пластичности и увеличению сопротивления деформированию. Влияние скорости деформации мало в условиях холодного деформирования и весьма ощутимо в условиях горячего деформирования.

Скорость деформирования (ν) — скорость поступательного движения рабочего органа машины (бабы молота, ползуна прессы и т. п.). Скорость деформации – изменение степени деформирования в единицу времени:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon}{t} = \frac{\Delta l}{l \cdot t} \quad (5.1)$$

где ϵ – относительная деформация;

Δl – абсолютное значение максимальной главной деформации;

l – начальный размер;

t – время.

Скорость деформации зависит от скорости деформирования, размеров деформируемой детали и вида процесса деформирования. При сжатии и растяжении можно считать, что

$$\dot{\epsilon} = \frac{\nu}{l} \quad (5.2)$$

Скорость деформирования для гидравлических прессов 0,001...0,1 м/с, для механических прессов — 0,25...0,50 м/с, для молотов (скорость в момент удара) – 4... 8 м/с.

5.2 Порядок выполнения расчетов

Для заданной автомобильной детали и поверхности, размер которой необходимо восстановить, рассчитать усилие деформации.

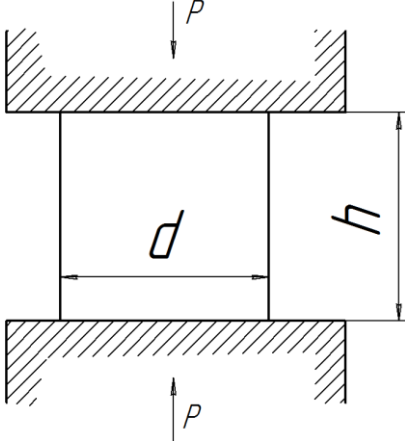
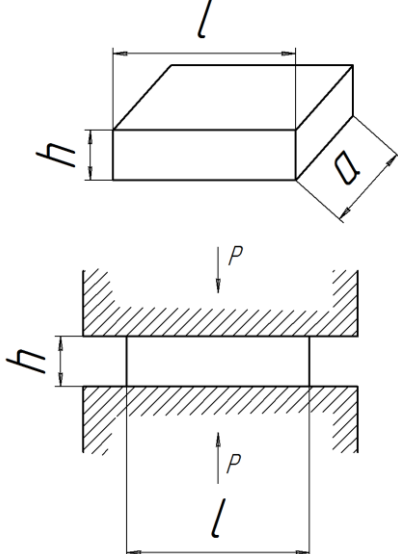
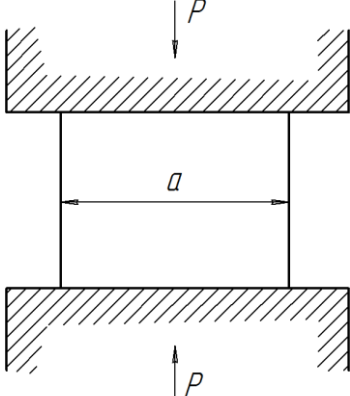
Ремонтные чертежи деталей, с указанием поверхностей выдаются преподавателем.

Проанализировав конструкцию детали, конфигурацию восстанавливаемой поверхности, выбрать из таблицы 5.1 метод пластического деформирования, обеспечивающий восстановление заданной поверхности.

В таблице 5.1 приняты следующие обозначения σ_s – предел текучести (приложение В). При горячем деформировании за величину σ_s может быть

принята величина временного сопротивления разрыву σ_B при данной температуре (таблицы 5.2–5.4); μ – коэффициент трения (таблица 5.5); k_M – коэффициент масштабности (таблица 5.6); k_C – коэффициент скорости (таблица 5.7);

Таблица 5.1 – Формулы для определения усилий, Н

Операция	Формулы	Эскиз
1	2	3
1) Объемное осаждение правильной призмы и цилиндра: горячее $\frac{d}{h} \geq 2$; $\mu \geq 0,2$ холодное $2 < \frac{d}{h} < 10$; $\mu \leq 0,15$ холодное и горячее $\frac{d}{h} \leq 2$	$P = \sigma_s \cdot m \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k_m \cdot k_c$ $m = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{d}{h} - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2$ $m = 2 \frac{h^2}{\mu^3 d^2} \left(d^{\frac{\mu d}{h}} - \frac{\mu d}{h} - 1 \right)$ $m = 1 + \frac{\mu d}{4 \cdot h}$	
2) Объемное осаждение полосы значительной длины: горячее $\frac{a}{h} \geq a$; $\mu \geq 0,2$ холодное $2 < \frac{a}{h} < 10$; $\mu \leq 0,15$ холодное и горячее $\frac{a}{h} \leq 2$	$P = \sigma_s \cdot m \cdot a \cdot l \cdot k_m \cdot k_c$ $m = 1,15 \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{a}{h} - \frac{1}{3} \cdot \frac{h}{a} \right)$ $m = 1,15 \frac{h}{\mu a} \left(l^{\frac{\mu a}{h}} - 1 \right)$ $m = 1,15 \left(1 + \frac{\mu}{h} \right)$	
3) Горячее объемное осаждение прямоугольной детали $1 < \frac{l}{a} < 5$	$P = \sigma_s \cdot m \cdot a \cdot k_m \cdot k_c$ $m = \beta \left(1 + \frac{1 - \frac{a}{3l}}{4} \cdot \frac{a}{h} \right)$ при $\frac{l}{a} = 1 \Rightarrow \beta = 1$ при $\frac{l}{a} = 5 \Rightarrow \beta = 1,15$	

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3
4) Объемное вытягивание на плоских бойках (горячее)	$P = \sigma_s \cdot m \cdot a \cdot k_m \cdot k_c$ $m = \beta \left(1 + \frac{1 - \frac{a}{3l}}{4} \cdot \frac{a}{h} \right)$ при $\frac{l}{a} = 1 \Rightarrow \beta = 1$ при $\frac{l}{a} = 5 \Rightarrow \beta = 1,15$	
5) Объемное вытягивание в вырезных (цилиндрических) бойках круглой детали	$P = \sigma_s \cdot m \cdot d \cdot l_0 \cdot k_m \cdot k_c$ $m = 1 + \frac{2}{3} \mu \frac{l_0}{d}$	
6) Объемное вытягивание в вырезных (цилиндрических) бойках круглой детали	$P = \sigma_s \cdot m \cdot d \cdot l_0 \cdot k_m \cdot k_c$ $m = 1 + \frac{1}{3} \mu \left(\frac{l}{s} + \frac{1}{d} \right)$	
7) Раздача (объемное дорнование)	$P = 1,15 \cdot \sigma_s \cdot \frac{\pi d^2}{4} \ln \frac{D}{d} \cdot k_m \cdot k_c$	

Таблица 5.2 – Временное сопротивление разрыву σ_s стали при температурековки

Временное сопротивление при нормальной температуре, МПа	Температура, °C					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	6,6	4,5	3,0	2,2	1,9	1,4
600	11,1	7,5	5,4	3,6	2,2	2,0
800	16,5	11,1	7,5	5,1	3,6	2,4
1000	23,0	15,9	10,9	6,8	5,0	3,0

Таблица 5.3 – Временное сопротивление разрыву σ_s , МПа

Марка стали	Температура, °C					Скорость	
	800	900	1000	1100	1200	деформирования, мм/мин	деформации $\cdot 10^3$, с ⁻¹
20	9,1	7,7	4,8	3,1	2,0	10	4
45	11,0	8,3	5,1	3,1	2,1	10	4
20X	10,7	7,5	5,3	3,8	2,5	10	4
40X	21,4	17,3	13,1	10,0	6,9	10	4
18ХГТ	14,0	9,7	8,0	4,4	2,6	10	4
12ХН3А	17,1	11,8	7,6	6,2	3,8	10	4
30ХГСА	7,4	4,2	3,6	2,2	1,8	1,1	0,4
ШХ15	–	–	4,3	3,0	2,1	16	7

Таблица 5.4 – Временное сопротивление разрыву для цветных металлов при температурековки, МПа

Марка	Температура, °C					
Медь и медные сплавы	700	750	800	850		
Медь	183	178	147	141		
Л96	225	209	194	187		
Л90	264	228	213	206		
Л80	280	269	251	231		
Л70	240	221	212	210		
ЛС62	275	263	202	121		
ЛС59	149	93	51	32		
Бронза*	Температура, °C					
	700	800	850	900		
БР АЖ9-4	50/57	36/38	23/23	10/10		
Бр Б2	100/100	36/46	27/38	–		
Бр ОФ 6,5-0,15	57/60	38/41	31/32	–		
Магниеые сплавы	Температура, °C					
	230-235	270-280	290-300	320-330	340-350	390-400
МА2	323	304	291	264	258	55
МА3	381	341	330	315	185	–

Примечание: числитель для литой бронзы, знаменатель – для прессованной

Таблица 5.5 – Коэффициент трения при пластическом деформировании

Деформация	Стали		Алюми- ний и его сплавы		Магний и его сплавы		Тяжелые цветные металлы и сплавы		Никель и простей- шие сплавы	
	Скорость деформирования, м/с									
<1	>1*	<1	>1*	<1	>1*	<1	>1*	<1	>1*	
При нагревании до температур**:										
$(0,8 - 0,95)T_{пл}$	0,40	0,35	0,50	0,48	0,40	0,35	0,32	0,30	0,28	0,25
$(0,5 - 0,8)T_{пл}$	0,45	0,40	0,48	0,45	0,38	0,32	0,34	0,32	0,26	0,22
$(0,3 - 0,5)T_{пл}$	0,35	0,30	0,35	0,30	0,33	0,24	0,26	0,24	0,24	0,20
Без нагрева с нали- чием смазки	0,06...0,12									

Примечания:

* также и при ударном воздействии;

** в случае применения смазок коэффициент уменьшать на 15...25%.

В таблице 5.5 $T_{пл}$ – абсолютная температура плавления, К. Температуры плавления некоторых металлов и сплавов приведены в приложении В.

Таблица 5.6 – Значение коэффициента масштабности

Объем поковки, $\cdot 10^{-6} \text{ м}^3$	0...25	25...100	150...1000	1000...5000	8000...10000	10000...15000
k_M	1	1,0...0,9	0,9...0,8	0,8...0,7	0,7...0,6	0,6...0,5

Таблица 5.7 – Значение коэффициента скорости

Отношение скоростей деформаций $\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_И}$	Температура деформации			
	$\frac{T}{T_{пл}} < 0,3$	$\frac{T}{T_{пл}} = 0,3...0,5$	$\frac{T}{T_{пл}} = 0,5...0,7$	$\frac{T}{T_{пл}} > 0,7$
10	1,05...1,1	1,1...1,15	1,15...1,3	1,3...1,5
100	1,1...1,22	1,22...1,32	1,32...1,7	1,7...2,25
1000	1,16...1,34	1,34...1,52	1,52...2,2	2,2...3,4
При переходе от скорости $\dot{\epsilon}_И = 0,1 \text{ с}^{-1}$ к ударной нагрузке	1,1...1,25	1,25...1,75	1,75...2,5	2,5...3,5

В таблице 5.7 T – абсолютная температура деформации, К; $\dot{\epsilon}$ – скорость деформации, с^{-1} ; $\dot{\epsilon}_H$ – скорость деформации при испытании образца (таблица 4.8), с^{-1} . Для гидравлических прессов $\dot{\epsilon} = 0,05 \dots 0,5 \text{ с}^{-1}$; для механических – $\dot{\epsilon} = 1,2 \dots 2,4 \text{ с}^{-1}$; для молотов $\dot{\epsilon} = 4,8 \dots 8,0 \text{ с}^{-1}$.

Таблица 5.8 – Примерные скорости деформации при испытании некоторых марок сталей

Марка стали	15	20	30	45	20Х	40Х	18ХГТ	12ХНЗА	30ХГСА
$\dot{\epsilon}_H, \text{с}^{-1}$	0,4	4							0,4

5.3 Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения (ответы на контрольные вопросы).
- 2) Эскиз детали.
- 3) Характеристика материала детали.
- 4) Расчет усилия деформации.
- 5) Выводы: провести обоснование выбора способа восстановления пластическим деформированием для заданной детали, обосновать выбранную температуру деформации.

5.4 Контрольные вопросы

- 1) От чего зависит пластичность материала?
- 2) Что такое холодное деформирование?
- 3) Что такое горячее деформирование?
- 4) Что такое скорость деформирования?
- 5) Что такое скорость деформации?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ НАПЛАВОЧНЫХ РАБОТ

Цель работы: – изучить способы автоматической наплавки металла;
– изучить методику технического нормирования автоматических
наплавочных работ

6.1 Теоретический раздел

При восстановлении наружных цилиндрических поверхностей, а также наружного диаметра шлицев применяются автоматические способы наплавки: под слоем флюса, в среде защитных газов, вибродуговая наплавка.

6.1.1 Автоматическая наплавка под слоем флюса

Сущность способа наплавки под флюсом (рисунок 6.1) заключается в том, что в зону горения дуги автоматически подаются сыпучий флюс и электродная проволока. Под действием высокой температуры образуется газовый пузырь, в котором существует дуга, расплавляющая металл. Часть флюса плавится, образуя вокруг дуги эластичную оболочку из жидкого флюса, которая защищает расплавленный металл от окисления, уменьшает разбрызгивание и угар.

Для наплавки под слоем флюса применяют устанавливаемые на токарных станках или специальных установках для наплавки.

Для наплавки низкоуглеродистых и низколегированных сталей используют проволоку из низкоуглеродистых (Св-08, Св-08А), марганцовистых (Св-08Г, Св-08ГА) и кремниймарганцовистых (Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС) сталей. Стали с большим содержанием углерода наплавляют проволокой Нп-65Г, Нп-80, Нп-3ОХГСА, Нп-40Х13 (ГОСТ 10543—98). Химический состав и твердость проволоки приведены в таблице 6.1. Применяются также наплавочные порошковые проволоки [3].

Флюсы подразделяют на плавные (ГОСТ 9087-81), керамические и флюсы-смеси.

Плавные флюсы АН-348А, АН-60, ОСУ-45, АН-20, АН-28 содержат стабилизирующие и шлакообразующие элементы, но в состав этих флюсов не входят легирующие добавки, что не способствует повышению прочности и износостойкости наплавленного металла.

Керамические флюсы АНК-18, АНК-19, ЖСН-1, кроме стабилизирующих и шлакообразующих элементов, содержат легирующие добавки — ферросплавы, которые при наплавке малоуглеродистой проволокой обеспечивают высокую твердость и износостойкость наплавленного металла.

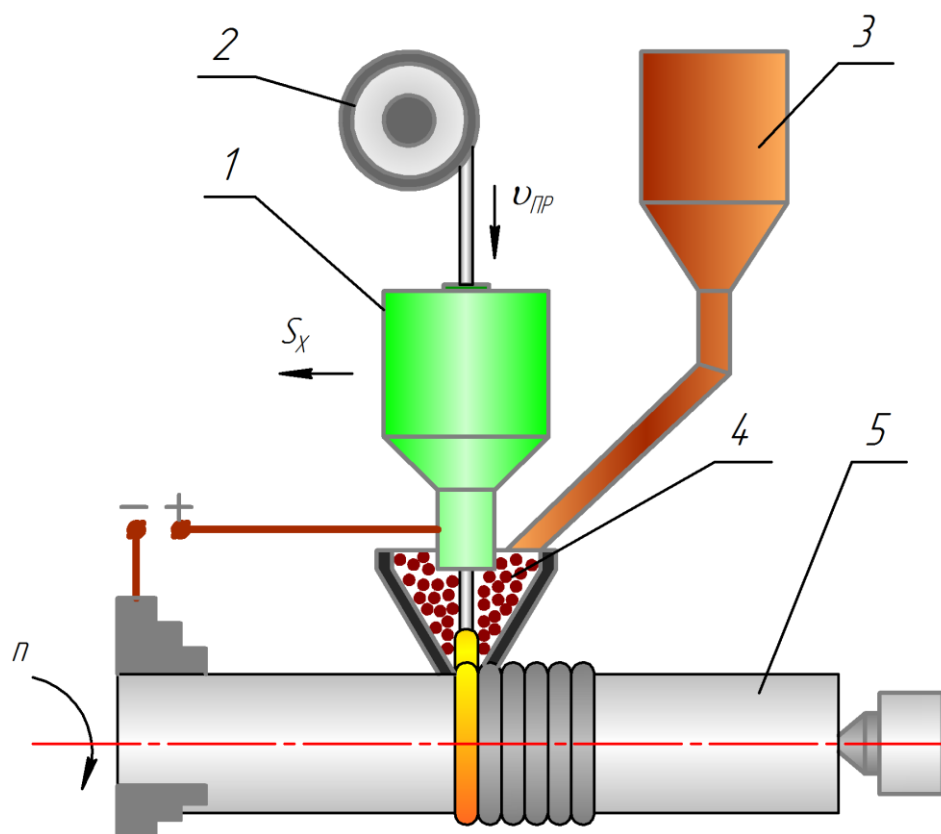


Рисунок 6.1 – Схема автоматической дуговой наплавки цилиндрических деталей под флюсом:

1 – патрон; 2 – кассета; 3 – бункер; 4 – флюс; 5 – деталь

Таблица 6.1 – Свойства проволок, применяемых при автоматической наплавке

Марка прово- локи	Химический состав, % (массовая доля)					Диаметр, мм	Рекомен- дуемые флюсы	Твер- дость слоя HRC ₃	Восстанав- ливаемые детали
	C	Mn	Si	Cu	Ni				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проволока стальная сварочная ГОСТ 2246-70									
Св-08	0,1	0,35- 0,60	0,03	0,15	0,3	1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2	АН-348А АН-60 АН-К-18	16 18 43	Из низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Св-08А	0,1	0,35- 0,6	0,03	0,12	0,25	1; 1,2; 1,6; 2; 2,5	АН-348А АН-60 АНК-18	18 20 43	
Св-10Г2	0,12	1,5- 1,9	0,06	0,2	0,3	1; 1,2; 1,6; 2; 2,5	АН-348А	21	

Продолжение таблицы 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
СВ-08ГС	0,1	1,4-1,7	0,6-0,85		0,25	1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5	АН-348А	20	Из низкоуглеродистых и низколегированных сталей	
СВ-08Г2С	0,11	1,8-2,1	0,7-0,95			1; 1,2; 1,4; 1,8; 2	АН-348А АН-60 АНК-18	20 30 45		
СВ-12ГС	0,14	0,8-1,1	0,6-0,9		0,3	1; 1,2; 1,4; 1,6; 2	АН-348А	22		
СВ-18ХГС	0,22		0,9-1,2	0,8-1,1		1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5	АН-348А В среде CO ₂	28 25		
Проволока стальная наплавочная ГОСТ 10543–98										
Нп-30	0,27-0,35	0,5-	0,17-				АН-348А	16...22	Оси, валы	
Нп-40	0,35-0,45		0,8					0,37		1,6; 2
Нп-50	0,45-0,55	0,5-0,8	0,17-0,37					1,6; 2	18...24	Опорные катки, поддерживающие ролики, натяжные колеса
Нп-65	0,6-0,7							1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2	22...30	
Нп-80 .	0,75-0,85							1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2	30...34	Коленчатые валы, крестовины карданных
Нп-65Г	0,6-0,7	0,9-1,2	0,3	1; 1,2; 1,4; 1,6; 2	25...32	передач, детали ходовой части				
Нп-30ХГСА	0,27-0,35	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	0,4	1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2		30...34	Шестерни	
Нп-40Х2Г2М*	0,35-0,43	1,8-2,3	0,4-0,7	1,8-2,3		2; 2,6		35...40		

Продолжение таблицы 6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нп-50ХФА**	0,46-0,54	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1		1; 1,2; 1,6; 1,8; 2		37...45	
Нп-Х20Н80Т	До 0,12	0,7	0,8	19-23	Основа	1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2		18...22	Клапаны двигателей
Нп-40Х13	0,3-0,45	0,8	0,8	10-12	0,6	1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2		40...45	Опорные катки, детали трансмиссии

Примечания: * содержится 0,8-1,2% Мо

** содержится 0,1-0,2% Мо

Флюсы-смеси состоят из флюса АН-348А с добавлением феррохрома, ферромарганца и графита. Смесь расстилают слоем 15...20 мм на листе, сушат 15...25 мин при температуре 100...120 °С, а затем просеивают через сито № 16 и высушивают при температуре 150...200 °С в течение 3...4 ч. Смешивая агломерат с флюсом в необходимом соотношении, получают легирующий флюс, применение которого позволяет получать наплавленный слой однородного химического состава, высокой твердости и износостойкости (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Твердость наплавленного металла в зависимости от содержания феррохрома во флюсе

Содержание, % (массовая доля)		Твердость HRC _Э наплавленного металла для электродной проволоки*	
агломерата феррохрома во флюсе	хрома в наплавленном металле	Сч-08	Нп-60
5	2	32/46,5	41,5/49,5
10	4	36,5/50,5	49,5/54,5
15	6	44,5/55,5	56/56
25	10	44,5/—	49,5/—
20	8	49,5/52	53,5/—

Примечание: * в числителе дроби — твердость наплавки без термической обработки; в знаменателе—после термической обработки

В качестве источников питания дуги используют преобразователи ПСГ-500, выпрямители ВС-300, ВДУ-504, ВС-600, ВДГ-301 с жесткой внешней характеристикой.

6.1.2 Автоматическая наплавка в среде углекислого газа

Наплавка в среде защитных газов отличается от наплавки пол флюсом тем, что в качестве защитной среды используется углекислый газ.

Для наплавки применяют следующее оборудование: наплавочные головки АБС, А-384, А-409, А-580, ОКС-1252М; источники питания ВС-200, ВСУ-300, ВС-400, ПСГ-350, АЗД-7,6/30; подогреватели газа; осушитель, заполненный силикагелем КСМ крупностью 2,8...7 мм; редукторы-расходомеры ДРЗ-1-5-7, или ротаметры РС-3, РС-3А, РКС-65, или кислородный редуктор РК-53Б.

При наплавке используют материалы: электродную проволоку СВ-12ГС, Св-0,8ГС, Св-0,8Г2С, Св-12Х13, Св-06Х19Н9Т, Св-18ХМА, Нп-30ХГСА; порошковую проволоку ПП-Р18Т, ПП-Р19Т, ПП-4Х28Г и др., подаваемую из кассеты в плавильную зону через мундштук с наконечником.

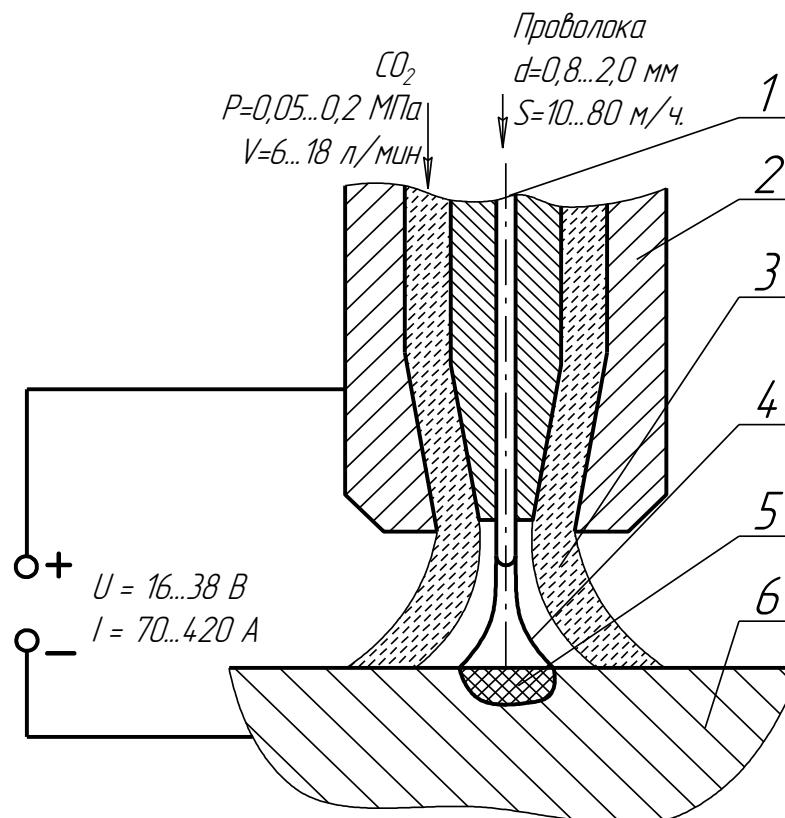


Рисунок 6.2 – Схема горения дуги в среде углекислого газа

- 1 – электрод; 2 – мундштук электрододержателя; 3 – струя защитного газа; 4 – электрическая дуга; 5 – наплавленный металл; 6 – деталь

6.1.3 Вибродуговая наплавка

Сущность процесса вибродуговой наплавки заключается в периодическом замыкании и размыкании находящихся под напряжением электродной проволоки и поверхности детали (рисунок 6.3).

На суппорте токарного станка закрепляют наплавочную головку (ОКС-6569 или ОКС-1252). Для питания дуги используют источники постоянного тока с жесткой внешней характеристикой (генераторы АНД-500/250, выпрямители ВС-300 и ВС-600, преобразователи ПД-305 и ПСГ-500).

Охлаждающая жидкость (4...6 %-ный раствор кальцинированной соды в воде) защищает металл от окисления.

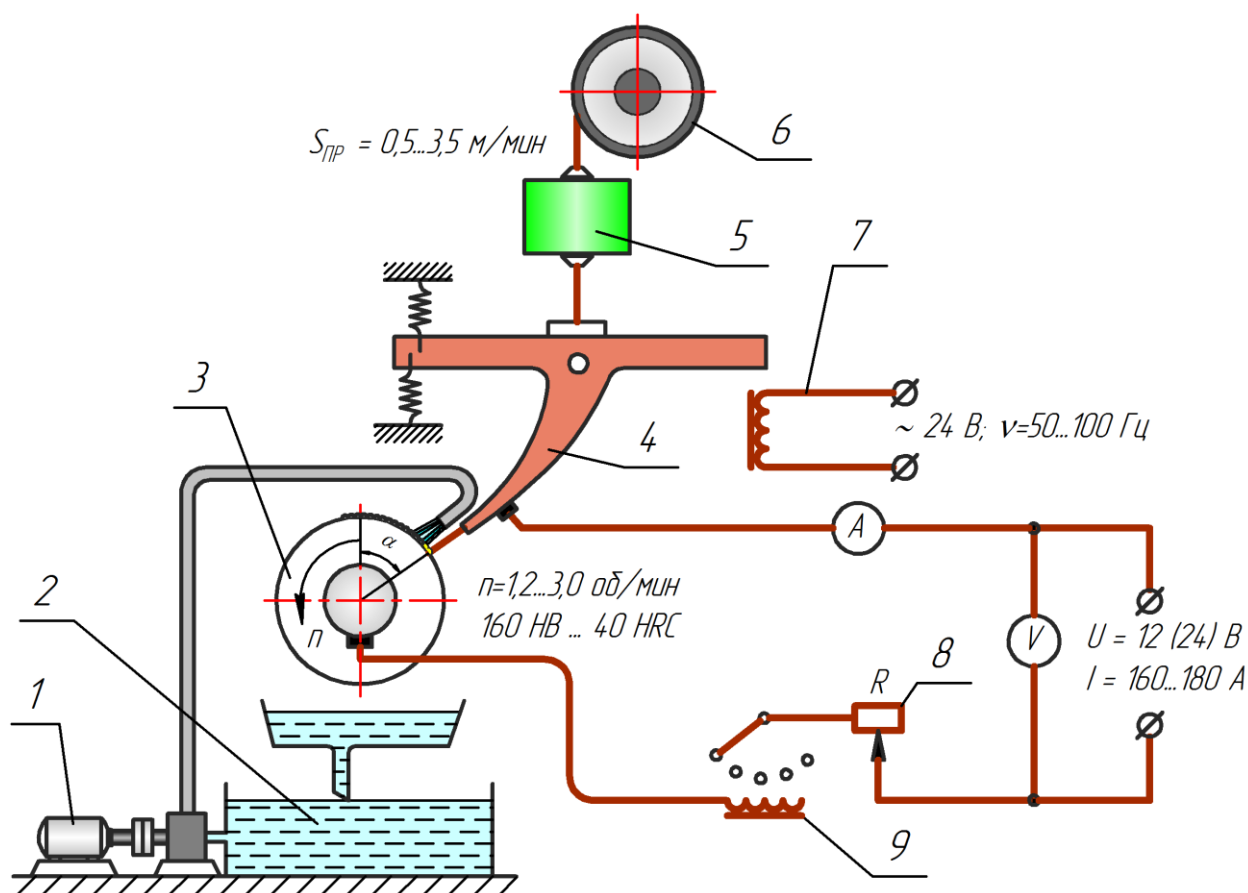


Рисунок 6.3 – Схема установки для вибродуговой наплавки:

- 1 – насос; 2 – бак; 3 – деталь; 4 – мундштук; 5 – механизм подачи;
6 – кассета; 7 – вибратор; 8 – реостат; 9 – дроссель

Структура и твердость наплавленного слоя зависят от химического состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. При наплавке проволокой Нп-80 (с содержанием углерода 0,75...0,85 %) валик в охлаждающей жидкости закаляется до высокой твердости и частично отпускается, образуя этим неоднородную структуру от мартенсита закалки до троостосорбита отпуска с твердостью 26...55 HRC_э. При наплавке низкоуглеродистой проволокой Св-08 получают твердость поверхности наплавки 14...19

HRC_Э. Основным показателем прочности наплавленной детали является сопротивление усталости, которое в основном зависит от трех параметров: количества охлаждающей жидкости, подаваемой в зону наплавки, шага и скорости наплавки.

6.2 Порядок выполнения расчетов

В данной работе необходимо рассчитать режимы наплавочных работ в зависимости от вида наплавки и заданной детали и произвести нормирование операции.

1) Выбор электродной проволоки и параметров установки проволоки.

Марку проволоки выбрать исходя из материала детали и способа восстановления пользуясь рекомендациями в разделе 6.1. Выписать свойства выбранной проволоки.

Таблица 6.3 – Параметры электродной проволоки наплавки под слоем флюса и в среде CO₂

Диаметр детали D , мм	Диаметр проволоки $d_{эл}$, мм		Смещение электрода от полюса e , мм
	под флюсом	в среде CO ₂	
10...20	—	0,8...1,0	4
40...50	1,6	1,0...1,2	4...5
50...70		1,2...1,4	5...6
70...90	2,0	1,4...1,6	6...7
90...100		1,6...2,0	7...8

Шаг наплавки под слоем флюса и в среде CO₂, мм/об.

$$S = (2,0...2,5)d_{эл} \quad (6.1)$$

Таблица 6.4 – Параметры электродной проволоки при вибродуговой наплавке

Диаметр детали D , мм	Толщина слоя t , мм	Диаметр проволоки $d_{эл}$, мм	Шаг наплавки S , мм	Амплитуда вибрации, мм	Угол подачи проволоки к детали, град
до 20	0,3	1,6	1	1,5	35
20...40	0,7		1,3	1,8	
40...60	1,1	2	1,6	2	45
60...80	1,5		1,8		
80...100	2,5	2,5	2...3		

Вылет электрода для наплавки под флюсом и в среде CO_2 :

$$h_{эл} = (10...12)d_{эл}, \quad (6.2)$$

для вибродуговой наплавки

$$h_{эл} = (5...8)d_{эл}. \quad (6.3)$$

2) Сила сварочного тока, А:

$$I = 0,785 \cdot d_{эл}^2 \cdot D_a, \quad (6.4)$$

где D_a – плотность тока, $\text{А}/\text{мм}^2$. Выбирается по номограмме (рисунок 6.4, а), в зависимости от вида наплавки и диаметра электродной проволоки.

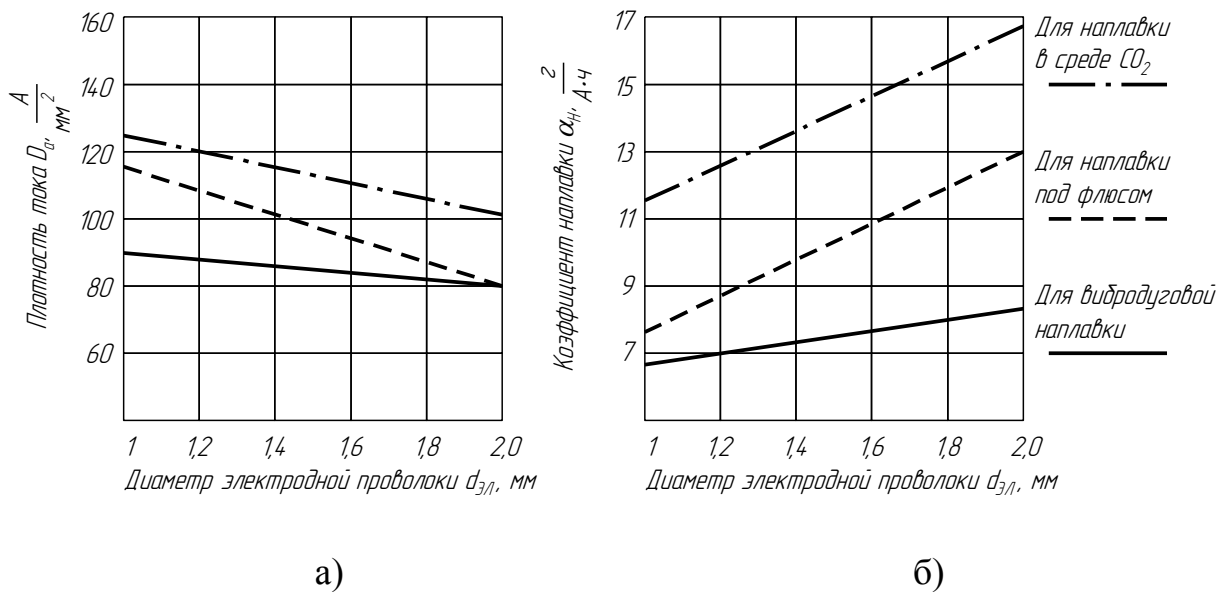


Рисунок 6.4 – Зависимость плотности тока (а) и коэффициента наплавки (б) от диаметра электродной проволоки

3) Масса расплавленного металла, г/мин:

$$G_{PM} = \frac{I\alpha_H}{60}, \quad (6.5)$$

где α_H – коэффициент наплавки, $\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$ (рисунок 6.4, б).

4) Объем расплавленного металла, м³/мин:

$$Q_{PM} = \frac{G_{PM}}{\rho} \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

где ρ – плотность расплавленного металла; принимается равной плотности расплавляемого металла (для стали $\rho = 7850$ кг/м³).

5) Скорость подачи электродной проволоки, м/мин:

$$v_{PP} = \frac{Q_{PM}}{0,785 \cdot d_{эл}^2} 10^6. \quad (6.7)$$

6) Скорость наплавки, м/мин

$$v_H = \frac{0,785 \cdot d_{эл}^2 \cdot v_{PP} \cdot K \cdot a}{t \cdot S}, \quad (6.8)$$

где t – толщина наплавляемого слоя, мм;

K – коэффициент перехода металла на наплавленную поверхность, т.е. коэффициент, учитывающий выгорание или разбрызгивание металла;

a — коэффициент неполноты наплавляемого слоя.

Таблица 6.5 – Значения коэффициентов K и a .

Вид наплавки	Коэффициенты	
	K	a
Вибродуговая наплавка в жидкости	0,73—0,92	0,79—0,95
Наплавка под слоем флюса	0,90—0,986	0,99—0,985
Наплавка в среде CO ₂	0,82—0,90	0,88—0,96

7) Частота вращения детали, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot v_H}{\pi \cdot D}. \quad (6.9)$$

Частоту вращения необходимо округлить до ближайшей частоты выбранного станка. После этого надо уточнить скорость подачи электродной проволоки.

8) Длина наплавки, м

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot S} \quad (6.10)$$

9) Основное время наплавки для тел вращения, мин

$$t_o = \frac{L}{nS} i, \quad (6.11)$$

где i – число слоев наплавки.

10) Подготовительно-заключительное время $t_{п.з.}$ определяется как сумма времени на выполнение технологических приемов (таблица 6.6).

11) Вспомогательное время, связанное с переходом (с длиной шва) t_{B1} , принимается для вибродуговой наплавки и в среде углекислого газа 0,7 (мин/1 м. пог. шва), для наплавки под слоем флюса – 1,4 (мин/1 м. пог. шва).

12) Вспомогательное время, связанное с деталью t_{B2} , определяется в зависимости от массы детали (таблица 6.7).

13) Оперативное время, мин:

$$t_{оп} = t_o + t_{B1}L + t_{B2} \cdot \quad (6.12)$$

14) Время на обслуживание рабочего места, мин:

$$t_{о.р.м} = (0,11...0,15)t_{оп} \cdot \quad (6.13)$$

15) Штучное время

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{о.р.м} \cdot \quad (6.14)$$

Таблица 6.6 – Подготовительно-заключительное время

Элемент работы	Время, мин при высоте центров станка	
	200	300
1	2	3
1) Установка детали в центрах или в цанговом патроне с затяжкой гайкой	8,0	11,0
2) То же, в самоцентрирующемся патроне или на планшайбе с креплением болтами и планками	9,0	12,0
3) То же, на планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	13,0	17,0
4) Установка подачи суппорта	1,0	1,0

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3
5) Смещение задней оси бабки для наплавки конуса	2,5	3,0
6) Установка силы тока на трансформаторах	0,8	0,8
7) Установка скорости наплавки рукояткой коробки скоростей	0,1	0,1
8) Установка скорости подачи электродной проволоки: заменой подающего ролика перестановкой сменных шестерен рукояткой коробки передач	1,3 4,2 0,1	1,3 4,2 0,1
9) Ручная заправка кассеты электродной проволокой массой, кг 8-12 18-20	5,4 7,2	5,4 7,2

Таблица 6.7 – Вспомогательное время на установку, крепление и снятие детали вручную при автоматической наплавке

Способ установки	Время, мин, при массе детали, кг							
	1-3	3-5	5-8	8-10	12-20	20-30*	30-50*	50-80*
1) В трехкулачковом патроне с ручным зажимом без выверки	0,29	0,34	0,38	0,46	0,56	2,00	2,20	2,50
2) То же, с выверкой по мелку	0,54	0,64	0,72	0,84	1,02	3,00	3,20	3,50
3) В трехкулачковом патроне с ручным зажимом с поджатием центром задней бабки	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	2,00	2,20	2,50
4) В цанговом патроне, крепление рукояткой рычага	0,18	—	—	—	—	—	—	—
5) То же, ключом	0,23	—	—	—	—	—	—	—
6) В центрах с надеванием хомутка	0,30	0,34	0,40	0,48	0,59	2,30	2,40	2,90
7) То же, без надевания хомутка	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34	2,00	2,10	2,30
8) На планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	0,37	0,43	0,47	0,51	0,60	2,00	2,10	2,30

Примечание: * при использовании подъемника

Для детали, технологический процесс восстановления которой разрабатывается в расчетно-графической работе, выбрать поверхность, которая может восстанавливаться способами автоматической дуговой наплавки.

Если такой поверхности нет, то по последней цифре номера зачетной книжки выбрать вариант задания из таблицы 6.8. Для заданной детали и способа восстановления произвести техническое нормирование операции.

Для выбранного способа наплавки разработать операционный эскиз (в том числе и поперечное сечение детали с расположением электродной проволоки, относительно поперечного сечения детали). Ориентировочно определить массу детали.

Толщину наплавляемого слоя A_{II} для детали из РГР принять по результатам расчета припуска на обработку из лабораторной работы №3 или ориентировочно, в зависимости от допустимого износа детали и минимального припуска на механическую обработку.

Таблица 6.8 – Варианты задания

№ вар	Размеры наплавляемой поверхности $D \times l$ мм	Материал	Способ закрепления	Толщина слоя t , мм	Способ наплавки
0	40x100	Сталь Ст 3	Цанга	1,2	под флюсом
1	50x110	Сталь 18ХН	3х кулачковый патрон	1,4	в среде CO_2
2	60x120	Сталь 45	Планшайба с болтами	1,5	Вибродуговая
3	70x130	Сталь 20	Центра	1,3	под флюсом
4	80x140	Сталь 35	Цанга	1	в среде CO_2
5	90x150	Сталь 20ХНМ	3х кулачковый патрон и центр	2,2	вибродуговая
6	100x180	Сталь 35ХГСА	Планшайба с центрирующим устройством	3	под флюсом
7	80x50	Сталь 40Х	Центра	2	в среде CO_2
8	60x50	Сталь 18ХН	3х кулачковый патрон	1,4	вибродуговая
9	120x200	Сталь Ст 3	Цанга	0,8	под флюсом

6.4 Содержание отчета

- 1) Ответы на контрольные вопросы.
- 2) Задание для расчета.
- 3) Схема выполнения заданной операции.
- 4) Выбор электродной проволоки.
- 5) Расчеты.
- 6) Выводы: дать краткую характеристику рассмотренного метода наплавки.

6.5 Контрольные вопросы

- 1) От чего зависит выбор материала электродной проволоки?
- 2) Для чего применяются флюсы при сварке и наплавке?
- 3) Какова область применения различных способов наплавки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы – изучение методики определения механических свойств сварного соединения;
– изучение методики определения качества сварной продукции.

7.1 Теоретический раздел

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений с помощью межатомных или межмолекулярных связей в пограничном слое изделий. Ее преимущества перед другими видами соединений привели к широкому применению в промышленности и на транспорте, обеспечили ведущее место среди технологических процессов обработки металлов.

Все существующие способы сварки могут быть разделены на сварку давлением (холодная, трением, ультразвуком, взрывом, контактная, газопрессовая) и плавлением (электродуговая, плазменная, электрошлаковая, газовая, лазерная, электронно-лучевая и др.).

В настоящее время из всех видов сварки наибольшее распространение получила сварка плавлением, в особенности электродуговая, которая широко используется при восстановлении деталей.

При выполнении ремонта сваркой ведется предварительный контроль, пооперационный контроль и контроль завершенной работы.

Предварительный контроль предусматривает проверку: сварочного оборудования, сборочно-сварочных, контрольно-измерительных приборов, инструментов, электродов, присадочных проволок, защитных газов и других материалов, используемых при сварке. К предварительному контролю относится также обеспеченность выполняемых работ всем необходимым по охране труда.

Пооперационный контроль включает: проверку подготовленной детали к ремонту сваркой, режимов сварки, правильности наложения швов, чистоты соединяемых поверхностей, зазоров между кромками, размеров перекрытий при сварке внахлестку, фиксации соединяемых деталей; контроль в процессе сварки за состоянием оборудования, качества и соответствия расходных материалов принятой технологии, исправности контрольно-измерительных приборов.

Контроль завершенной работы осуществляется различными способами, которые делятся на разрушающие с выводом из строя части сварного соединения и неразрушающие. Преимущественно применяют неразрушающие способы контроля (гидро- и пневмоиспытания натуральных изделий, магнитный, ультразвуковой, радиационные (рентгено- и гаммаграфический) методы контроля), однако иногда соединения целесообразно подвергать разрушению для получения более надежной и достоверной информации о них.

Необходимым и наиболее распространенным видом контроля при сварке является внешний осмотр соединения, осуществляемый невооруженным глазом и с помощью увеличительного стекла после тщательной очистки швов от шлака. Детали осматриваются как после прихваток, так и после наложения швов. Размеры швов замеряют специальными шаблонами и измерительными приборами непосредственно после сварки. Внешним осмотром при хорошем освещении объекта контроля выявляют: излом, неперпендикулярность осей и смещение кромок соединяемых элементов, несоответствие размеров и формы швов по высоте, катету и ширине шва, по равномерности усиления, чешуйчатости и т.п., трещины всех видов и направлений, наплывы, подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, непровары, пористость, отсутствие плавных переходов от одного сечения к другому и другие дефекты.

Для определения механических свойств сварного соединения одновременно с ремонтируемым изделием на тех же технологических режимах сваривают пробные образцы для испытания. Материал образцов должен соответствовать материалу ремонтируемой детали. Размеры и формы образцов, изготовленных для механических испытаний, регламентированы ГОСТ 6996—66.

Виды испытаний для определения механических свойств сварных соединений:

- а) испытание металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на статическое (кратковременное) растяжение;
- б) испытание металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на ударный изгиб (на надрезанных образцах);
- в) испытание металла различных участков сварного соединения на стойкость против механического старения;
- г) измерение твердости металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла;
- д) испытание сварного соединения на статическое растяжение;
- е) испытание сварного соединения на статический изгиб (загиб);
- ж) испытание сварного соединения на ударный разрыв.

7.2 Лабораторное оборудование

Маятниковый копер, твердомер, пресс гидравлический, испытываемые образцы сварных соединений.

7.3 Порядок выполнения экспериментальных исследований

7.3.1 Измерение твердости металла в различных участках сварного шва

Твердость измеряется в поперечном сечении образца.

Необходимо измерить твердость для соединений, полученных сваркой плавлением из сталей различных марок и других металлических конструкционных материалов толщиной не менее 1,5 мм по схеме на рисунке 7.1. Твердость измерять по Виккерсу (HV), Бринеллю (HB) или по Роквеллу (HRC), отдавая предпочтение замеру по Виккерсу.

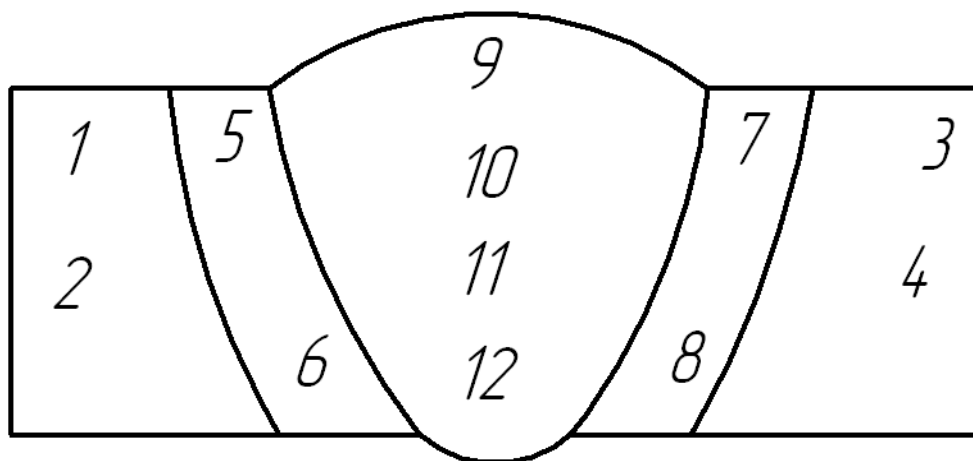


Рисунок 7.1 – Схема измерения твердости сварного соединения

Результаты измерений заносятся в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты измерений твердости металла различных участков сварного шва

№ п/п	Марка стали	Тип сварки	Тип шва	Твердость в различных точках сварного соединения											
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.

7.3.2 Испытание сварного соединения на статический изгиб

Испытуемый образец помещается на две расположенные параллельно опоры (рисунок 7.2), находящиеся на гидравлическом прессе. Образец медленно и непрерывно деформируется за счет приложения к его средней части по оси шва сосредоточенной нагрузки. Нагрузка прилагается перпендикулярно поверхности образца.

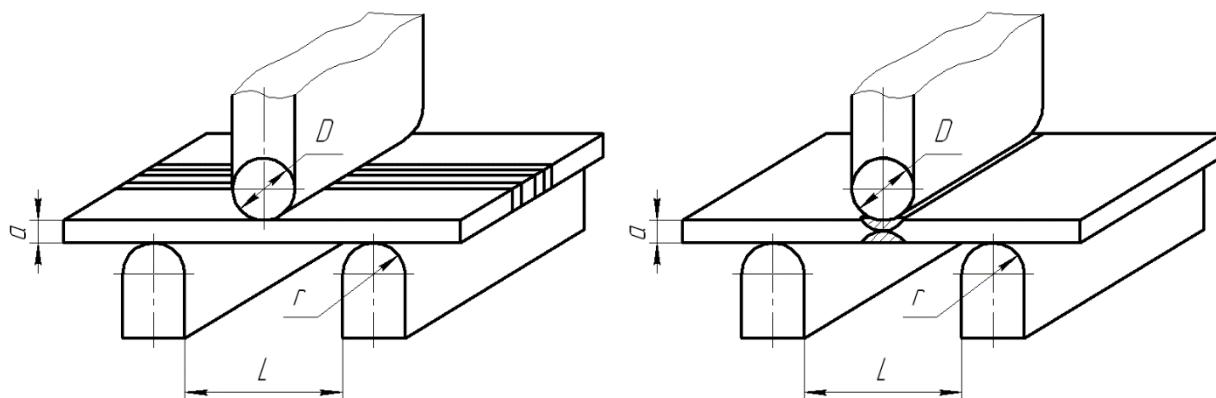


Рисунок 7.2 – Схема испытания сварного соединения на изгиб

Нагрузка на образец передается с помощью оправки. Диаметр ее устанавливается нормативно-технической документацией на контролируемое изделие.

При отсутствии в нормативно-технической документации соответствующих указаний диаметр закругленного конца оправки D выбирается таким, чтобы ширина L_s после испытания вписывалась в угол, не превышающий 90° (рисунок 7.3). Расстояние между опорами L должно быть не более чем $D+3a$.

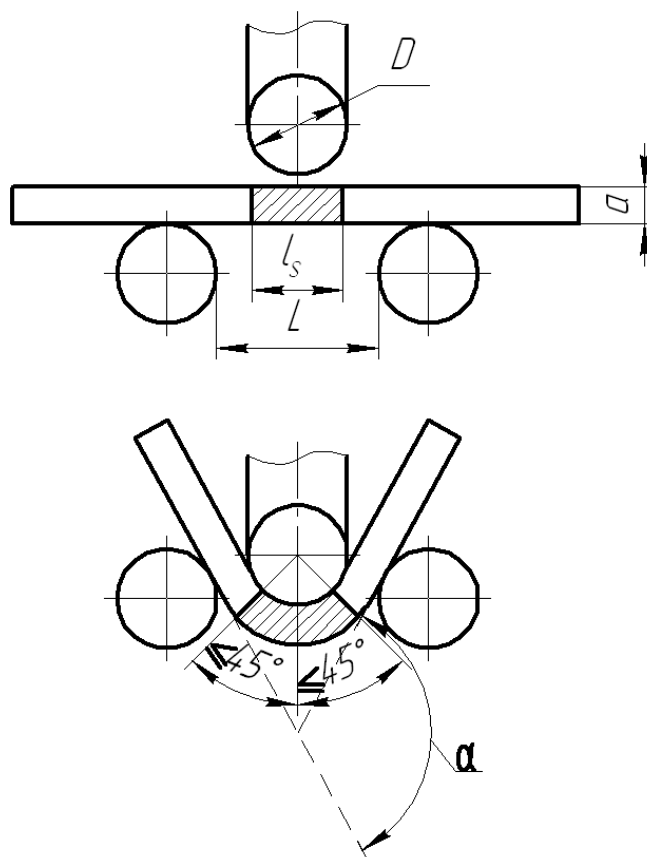


Рисунок 7.3 – Схема установки образца

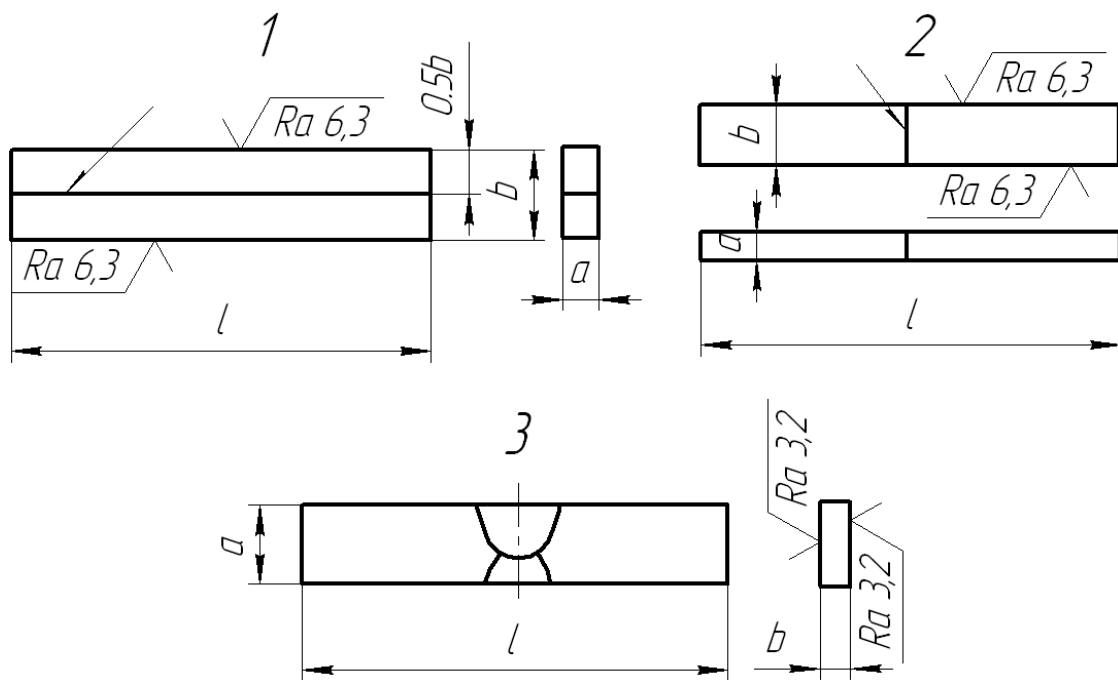


Рисунок 7.4 – Форма и тип плоских образцов для испытания

Таблица 7.2 – Размеры плоских образцов

Тип образца	Толщина основного металла и образца а, мм	Ширина образца b, мм	Общая длина образца l, мм
1	5	a+15	2.5D+80
	Свыше 5 до 509	a+20	
	До 25	$l_s + 10$, но не менее 20	Не более 250
2	До 50	1.5a, но не менее 10	2.5D+80
	До 25	Не менее 1.5a, но не менее 20 и не более 50	Не более 250
	До 10	20	3.0D+80
	Свыше 10 до 45	30	
3	До 40	0,7a, но не более 15	Не более 250

Результаты испытания заносятся в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Результаты испытания сварного соединения на статический изгиб

№ п/п	Марка стали	Тип сварки	Тип шва	a , мм	b , мм	l , мм	r , мм	D , мм	L , мм	L_s , мм	P , Н	α , °

7.3.3 Испытание сварного соединения на ударный разрыв

Испытание проводится для сварных стыковых соединений листов толщиной до 2 мм на маятниковом копре с приспособлением для закрепления плоских образцов. Форма и размеры образца должны соответствовать рисунку 8.5. При испытании материалов высокой прочности разрешается изменять конструкцию захватной части образца.

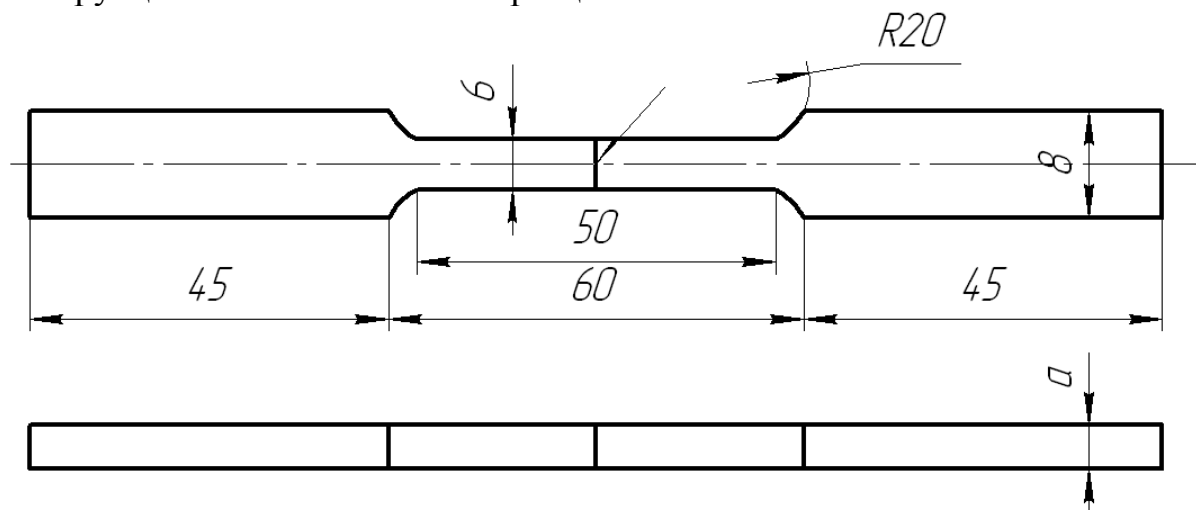


Рисунок 7.5 – Образец для испытания на сопротивление ударному разрыву

После испытания определить удельную ударную работу a_y , по формуле

$$a_y = \frac{A_y}{V}, \quad (8.11)$$

где A_y — работа удара, затраченная на разрыв образца, Дж;

V — объем расчетной части образца, равный произведению толщины основного металла на расчетную длину и ширину образца, см³.

Работа удара маятника, Дж

$$A_y = G_K \cdot R \cdot \cos \beta, \quad (8.12)$$

где G_K – вес маятника, Н;

R – длина маятника (расстояние от центра тяжести маятника до его оси вращения), м;

β – угол отклонения маятника после удара, °.

Результаты испытания заносятся в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Результаты испытания сварного соединения на ударный разрыв

№ п/п	Марка стали	Тип сварки	Тип шва	A_y , Дж	V , см ³	a_y , Дж/см ³

7.4 Порядок выполнения теоретических расчетов

Таблица 7.5 – Индивидуальное задание

№ вар.	Размеры свариваемых деталей, $s \times l$ мм	Свариваемый материал (марка стали)	Тип сварки	Тип сварного соединения
1	1x10	Ст3сп	Электродуговая	С2
2	1,5x15	10хснд	В среде углекислого газа	С4
3	2x20	18Г2АФД	Под слоем флюса	С5
4	2,5x25	35хгса	Электродуговая	С6
5	3x30	Сталь 45	В среде углекислого газа	С8
6	3,5x35	15Г2СФД	Под слоем флюса	С2
7	4x40	Сталь 30	Электродуговая	С4
8	3x45	Ст5сп	В среде углекислого газа	С5
9	3,5x50	Сталь 20	Под слоем флюса	С6
0	5,5x55	22Х2Г2АЮ	Электродуговая	С8

При ручной дуговой сварке (наплавке) к параметрам режима сварки относятся сила сварочного тока, напряжение, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока, полярность и др.

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения и положения шва в пространстве.

При выборе диаметра электрода для сварки можно использовать ориентировочные данные из таблицы 7.6.

Таблица 7.6 – Диаметр электродов для ручной дуговой сварки

Толщина листа s , мм	1-2		3	4-5	6-10	10-15	>15
Диаметр электрода, мм	1,6-2,0		2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0	>5

В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом 3–4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

Сварку в вертикальном положении проводят с применением электродов диаметром не более 5 мм. Потолочные швы выполняют электродами диаметром до 4 мм.

Сила сварочного тока, A , для дуговой сварки

$$I_{CB} = K \cdot d_э, \quad (7.1)$$

где K – коэффициент, равный 25-60 $A/мм$ (таблица 7.7);

$d_э$ – диаметр электрода, мм.

Таблица 7.7 – Зависимость коэффициента K от диаметра электрода $d_э$

$d_э$, мм	1-2	3-4	5-6
K , $A/мм$	25-30	30-45	45-60

Силу сварочного тока, рассчитанную по этой формуле, следует откорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения шва в пространстве.

Если толщина металла $S \geq 3d_э$, то значение I_{CB} следует увеличить на 10–15%. Если же $S \leq 1,5d_э$, то сварочный ток уменьшают на 10–15%. При сварке угловых швов и наплавке, значение тока должно быть повышено на 10–15%. При сварке в вертикальном или потолочном положении значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10–15%.

Для большинства марок электродов, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги $U_d = 22 \div 28$ В.

В основу выбора диаметра электродной проволоки при сварке в углекислом газе и слоем флюса положены те же принципы, что и при выборе диаметра электрода при ручной дуговой сварке (таблица 7.8).

Таблица 7.8 – Диаметр электродной проволоки сплошного сечения

Толщина листа, мм	1–2	3–6	6–24 и более
Диаметр электродной проволоки $d_э$, мм	0,8–1,0	1,2–1,6	2,0

Расчет сварочного тока, А, при сварке проволокой сплошного сечения производится по формуле

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot a}{4}, \quad (7.2)$$

где a – плотность тока в электродной проволоке, А/мм² (при сварке в среде CO₂ $a=110 \div 130$ А/мм², под слоем флюса $a=40 \div 50$ А/мм²)

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч (для сварки в углекислом газе)

$$V_{пп} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_э^2 \cdot \rho}, \quad (7.3)$$

где $\alpha_p = 3.0 + 0.08 \cdot \frac{I_{CB}}{d_э}$ – коэффициент расплавления проволоки в среде углекислого газа, $с/(А \cdot ч)$;

$\alpha_p = 7.0 + 0.04 \cdot \frac{I_{CB}}{d_э}$ – коэффициент расплавления проволоки при сварке под

флюсом для переменного тока, $с/(А \cdot ч)$;

$\alpha_p = 2.0 + \sqrt{\frac{I_{CB}}{d_э}}$ – для постоянного тока прямой полярности,

$\alpha_p = 10-12$ – для постоянного тока обратной полярности, $с/(А \cdot ч)$.

ρ – плотность металла электродной проволоки, г/см³ (для стали $\rho=7,8$ г/см³).

Расчет скорости сварки, м/ч

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{100 \cdot F_{шв} \cdot \rho}, \quad (7.4)$$

где α_H – коэффициент наплавки, $с/(А \cdot ч)$ (для дуговой сварки принимают из характеристики выбранного электрода по таблице 7.9);

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве) (таблица 7.10);

ρ – плотность металла электрода, г/см³.

Коэффициент наплавки для сварки в среде углекислого газа и под слоем флюса

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (7.5)$$

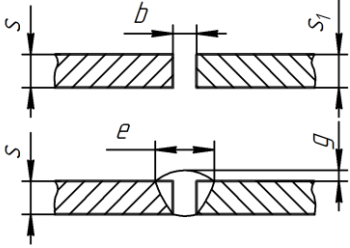
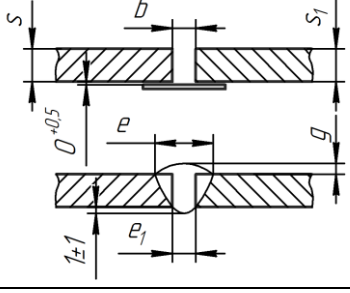
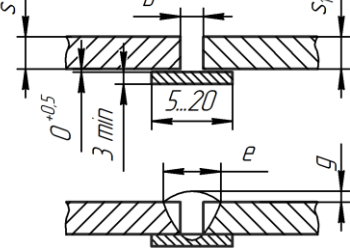
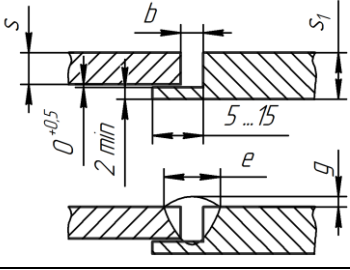
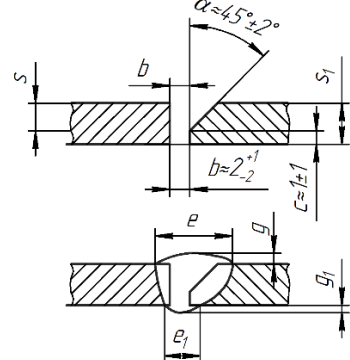
где ψ – коэффициент потерь металла на испарение, окисление и разбрызгивание. При сварке в CO_2 $\psi = 0,1 \dots 0,15$, при сварке под слоем флюса $\psi = 0,2 \dots 0,3$.

Таблица 7.9 – Значение α_H для различных типов электродов дуговой сварки

Тип электрода	Марка электрода	$\alpha_H, \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$
Э42	ВЦС-1/ВЦЦ-4	9,5-13,5/10,5
	ОММ-5	8,5-9
	АНО-1/АНО-5	15/11
	ОМА-2	7-9
Э42А	УОНИ-13/45	9,8
	СМ-11	9,5-10,5
	УП-1/45	9,9-10,3
Э46	МР-3	7,25
	ВСП-3	11,8
	АНО-3/АНО-4	8,5
	ОЗС-3/ ОЗС-4/ ОЗС-6/ ОЗС-12	15/8-9/8,5/7,5-8,5
Э50А	УОНИ-13/55	8-9
	ВСК-50	11
	УП-1/55	10
Э60А	УОНИ-13/65	8-9
Э70	К-70	7,8
Э85	УОНИ-13/85	9,8
	ЦЛ-18	9

Указанные в таблице электроды Э42, Э46 и Э42А предназначены для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей, Э50А — для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей, электроды, Э60А, Э70, Э85 — для сварки легированных сталей повышенной прочности.

Таблица 7.10 – Определение площади поперечного сечения шва для различных типов сварных соединений

Тип шва	Формула для расчета площади	Конструктивные элементы подготавливаемых кромок и сварного шва	$s=s_1$	b		e , мм, не более	g	
				Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.
C2	$F_{ш} = s \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g$		1,0–1,5	0	+0,5	6	1,0	±0,5
			1,5–3,0	1	±1,0	7	1,5	±1,0
			3,0–4,0	2	+1,0 -0,5	8	2,0	
C4	$F_{ш} = s \cdot b + 0,75 \times (e \cdot g + e_1 \cdot g_1)$		1,0–1,5	0	+0,5	6/4	1,0	±0,5
			1,5–3,0	1	±1,0	7/6	1,5	±1,0
			3,0–4,0	2	+1,0 -0,5	8/6	2,0	
C5	$F_{ш} = S \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g$		1,0–1,5	0	+0,5	6	1,0	±0,5
			1,5–3,0	1	±1,0	7	1,5	±1,0
			3,0–4,0	2	+1,0 -0,5	8	2,0	
C6	$F_{ш} = S \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g$		1,0–1,5	0	+0,5	6	1,0	±0,5
			1,5–3,0	1	±1,0	7	1,5	±1,0
			3,0–4,0	2	+1,0 -0,5	8	2,0	
C8	$F_{ш} = S \cdot b + 0,5 \cdot (S - c)^2 \times \operatorname{tg} \alpha + 0,75 \cdot e \cdot g + 0,75 \cdot e_1 \cdot g_1$		3–5	—	—	8	0,5	+1,5 -0,5
			5–8			14		
			8–11			18		
			11–14			22		

Масса наплавленного металла, г

$$G_H = F_{шв} \cdot l \cdot \rho, \quad (7.6)$$

где l – длина шва, см.

Время горения дуги, ч, (основное время)

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{CB} \cdot \alpha_H}. \quad (7.7)$$

Полное время сварки (наплавки), ч

$$T = \frac{t_0}{K_{II}}, \quad (7.8)$$

где K_{II} – коэффициент использования сварочного поста (для ручной дуговой сварки $K_{II}=0,5-0,55$, в среде углекислого газа $K_{II}=0.6-0.57$, при сварке под слоем флюса $K_{II}=0.6-0.7$).

Расход электродов (электродной проволоки), кг

$$G_M = G_H \cdot K_{\text{э}}, \quad (7.9)$$

где $K_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий расход электродов (электродной проволоки) на 1 кг наплавленного металла (таблица 7.11).

Расход электроэнергии, кВт ч

$$A = \frac{U_d \cdot I_{CB}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0), \quad (7.10)$$

где U_d – напряжение дуги, В;

η – КПД источника питания сварочной дуги (таблица 7.12);

W_0 – мощность, расходуемая источником питания сварочной дуги при холостом ходе, кВт;

Таблица 7.11 – Значение $K_{\text{э}}$ при различных способах сварки

Способы сварки	$K_{\text{э}}$
1	2
Ручная дуговая сварка электродами марок:	
- ВСЦ-3, ОЗЛ-4, КУ-2	1,4
- АН-1, ОМА-11, АНО-1	1,5
- УОНИ-13/45, ВСП-1, МР-1, АМО-5, ОЗС-3, АНО-3, ОЗС-6, УП-1/5	1,6
- МР-3, НИАТ-6, ЗИО-7, АНО-4, ОЗС-4, К-5А, УОНИ-13/55	1,7

Продолжение таблицы 7.11

1	2
- ОММ-5, СМ-5, ВСЦ-2, ЦЛ-11	1,8
- УТ-15, ЦТ-17	1,9
- ОЗА-1, ОЗА-2	2,3
Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая	1,02
Полуавтоматическая сварка под флюсом	1,03
Сварка неплавящимся электродом в инертных газах с присадкой:	1,1
- ручная	1,02
- автоматическая	
Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в инертных газах и в смеси инертных и активных газов	1,05
Автоматическая и полуавтоматическая сварка в углекислом газе и автоматическая сварка в смесях газов 50% (Ar+CO ₂)	1,1-1,15

Таблица 7.12 – Значение КПД источника питания сварочной дуги и мощности, расходуемой источником питания сварочной дуги при холостом ходе

Род тока	η	W_0 , кВт
Переменный	0,8 – 0,9	0,2 – 0,4
Постоянный	0,6 – 0,7	2,0 – 3,0

7.5 Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Схемы проведения испытаний.
3. Результаты испытаний (таблицы 7.1, 7.3, 7.4).
4. Теоретические расчеты.
5. Выводы по работе.

7.6 Контрольные вопросы

1. Виды контроля сварных соединений.
2. Способы осуществления контроля завершённой работы.
3. Что относится к неразрушающим способам контроля.
4. Виды испытаний для определения механических свойств сварных соединений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Цель работы: – изучить методику выбора условий технологического процесса при гальванических работах;

– изучить методику технического нормирования гальванических работ.

8.1 Теоретический раздел

8.1.1 Характеристика гальванических покрытий

Об износостойкости поверхностей чугуновых и стальных деталей можно судить с достаточной для практических целей точностью по величине поверхностной твердости таких деталей, которая лежит в пределах от 160...300 НВ для незакаленных поверхностей деталей и до 52...62 HRC – для закаленных.

Твердость гальванических металлопокрытий измеряется только с помощью приборов типа ПМТ-3 или твердомеров типа Виккерс вдавливанием алмазной пирамиды с углом при вершине 136° при нагрузках, исключающих искажение результатов из-за малой толщины покрытий, и лежит для хромовых покрытий в пределах $H_\mu = 400...1200 \text{ МПа} \cdot 10^{-1}$, для железных — в пределах $H_\mu = 120...700 \text{ МПа} \cdot 10^{-1}$. Для сопоставления микротвердости (HD) и твердостей по НВ и HRC можно использовать график приведенный на рисунке 8.1 [4, 5].

При наращивании гальванических хромовых и железных покрытий в них возникают внутренние растягивающие напряжения, восстановление деталей с применением таких покрытий ведет к снижению их усталостной прочности. Это снижение может быть ограничено величиной 15...30%. Длительная практика восстановления деталей хромированием и железнением (осталиванием) свидетельствует о допустимости такого снижения ввиду достаточных запасов соответствующей прочности деталей.

Таким образом, с точки зрения восстановления служебных свойств деталей можно считать, что гальваническое наращивание металлопокрытий как способ восстановления изношенных деталей автомобилей удовлетворяет требованиям ремонтного производства.

Что же касается затрат труда, материалов, энергии и денежных средств, то, как показывают соответствующие расчеты, при восстановлении деталей гальваническим наращиванием металлопокрытий они оказываются значительно ниже, чем при восстановлении этих же деталей широко распространенными способами наплавки (благодаря малым припускам на окончательную обработку, дешевизне применяемых материалов и оборудования, возможности одновременного наращивания покрытий на большое количество деталей).

К тому же, в отличие от наплавки, гальванические металлопокрытия не оказывают термического воздействия на восстанавливаемые детали.

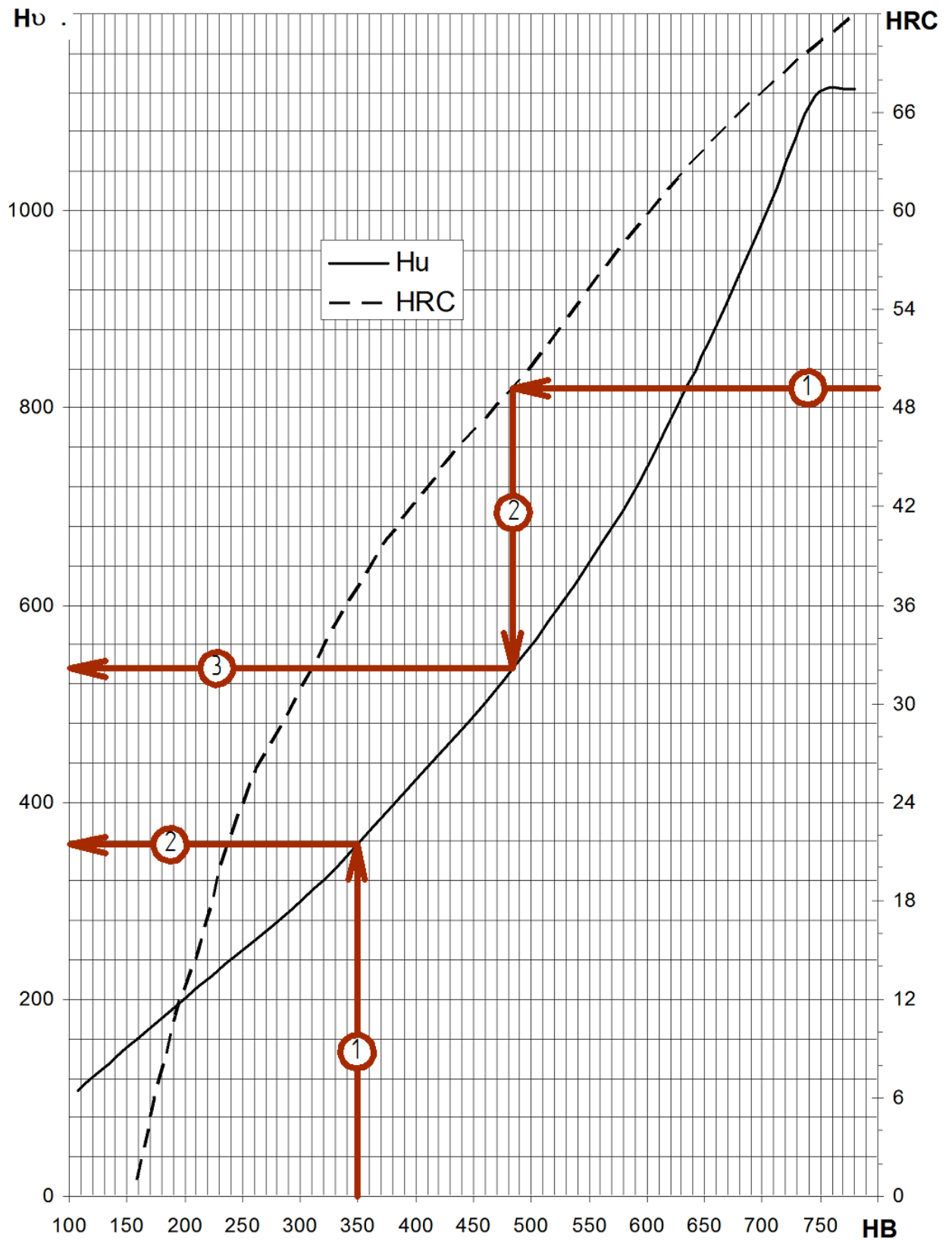


Рисунок 8.1 –График для сопоставления твердости материалов при измерении ее различными способами

В основе технологических расчетов при осуществлении гальванических процессов лежит закон Фарадея, согласно которому масса g вещества, выделившегося на электроде, прямо пропорциональна количеству электричества Q , прошедшего через электролит:

$$g = \alpha Q = \alpha \cdot I \cdot \tau, \quad (8.1)$$

где α — коэффициент пропорциональности — электрохимический эквивалент численно равен массе вещества, выделенного единицей количества электричества, г/А·ч;

I — сила тока, А;

τ — время, ч.

Поскольку в электролите, помимо ионов металла, могут присутствовать и другие положительно заряженные частицы (водород, гидроокиси металлов и др.) фактическое количество вещества, выделенное на отрицательном электроде (катоде), может быть меньше рассчитанного по закону Фарадея, так как часть тока электролиза может расходоваться на выделение других веществ. В практических расчетах фактический выход металла по току учитывается коэффициентом η , который определяется из соотношения

$$\eta = \frac{G_2 - G_1}{g}, \quad (8.2)$$

где G_1 и G_2 — масса детали соответственно до и после электролиза, г.

Основные характеристики технологического процесса — толщина покрытия h и длительность (экспозиция) наращивания T_o . Длительность наращивания (в минутах) равна:

$$T_o = \frac{6000 \cdot \rho_{\Pi} \cdot h}{\alpha \cdot \eta \cdot D_K}, \quad (8.3)$$

где ρ_{Π} — плотность металла покрытия, кг/м³;

D_K — катодная плотность тока, А/м²;

h — толщина слоя покрытия, мм.

Поскольку для каждого данного процесса (хромирования или оставивания) величины α и ρ_{Π} постоянны, а величина η для применяемых в практике значений D_K изменяется в относительно малых пределах, с достаточной для практики степенью точности можно принять:

$$\frac{1000 \cdot \rho_{\Pi}}{\alpha \cdot \eta} = \text{const} = U \Rightarrow T_o = U \frac{h}{D_K}. \quad (8.4)$$

Необходимые для технологических расчетов данные по процессам хромирования и осталивания приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Параметры технологических процессов хромирования и железнения (осталивания)

Наносимый металл	Атомная масса	ρ_{II} , кг/м ³	α , г/(А·ч)	η , %	$U \cdot 10^{-6}$, А·ч/м ³	h_{MAX} , мкм
Хром из электролитов:						
сернокислого	52,01	6900... 7100	0,323	11–15	1660	300
саморегулирующегося			–	17–20	1350	
тетрахроматного			0,324	28–32	720	
Железо из хлористого электролита	55,85	7700... 7800	1,042	75...96	100	1500

Структура технологического процесса восстановления деталей гальваническими методами приведена в таблице 8.2. В зависимости от разновидности технологического процесса некоторые операции имеют свои особенности.

Таблица 8.2 – Технологический процесс восстановления деталей

№	Операция	Содержание
005	Механическая обработка	Пескоструйная, шлифование и полирование
010	Очистка от окислов	Мягкой шкуркой и полирование кругами с полировальной пастой
015	Предварительное обезжиривание	Промывка в растворителях
020	Изоляция поверхностей не подлежащих обработке	Полимерными пленками, цапон-лаком и т.п.
025	Монтаж на подвесное приспособление	Обеспечение надежного электрического контакта с токопроводящей штангой
030	Окончательное обезжиривание с промывкой в воде	Электрохимическая обработка в щелочных растворах
035	Декапирование	Анодная обработка. Для удаления тончайших пленок, непосредственно перед нанесением покрытий
040	Нанесение покрытия	Электролиты чаще всего в своей основе содержат растворы солей осажденных металлов
045	Промывка и сушка	Удаление остатков электролита
050	Механическая обработка	Шлифование

8.1.2 Восстановление деталей с применением хромирования

Составы электролитов для хромирования приведены в таблице 8.3 [4].

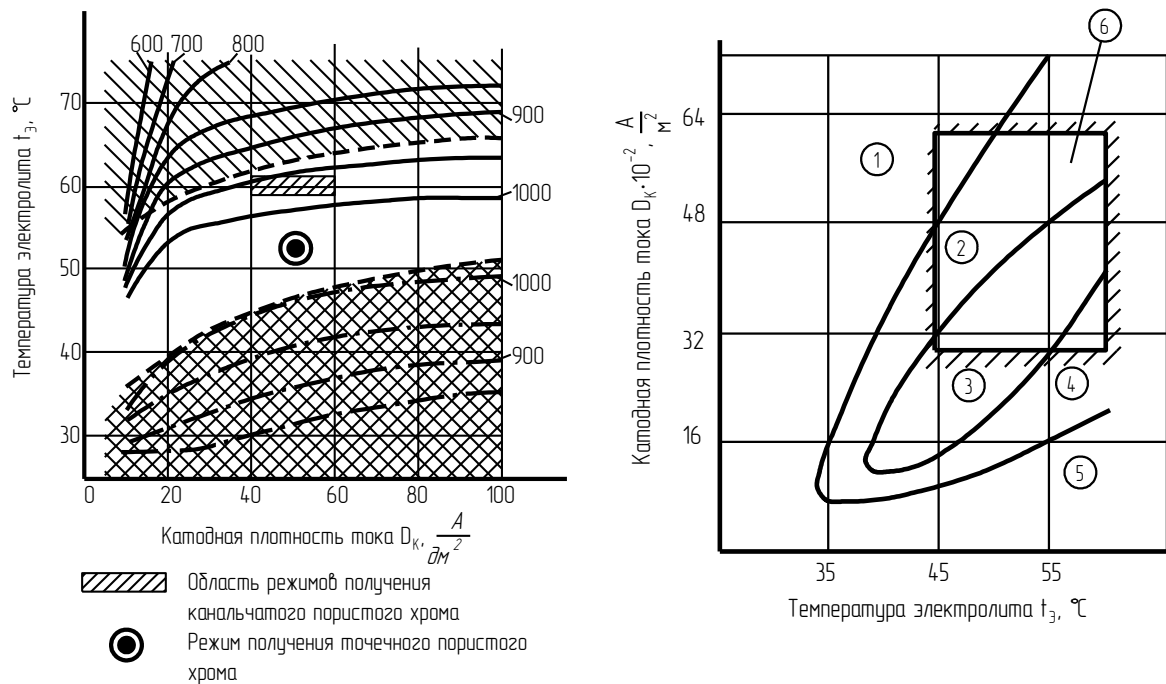
Таблица 8.3 – Электролиты для хромирования

Электролит	Концентрация компонентов, $\cdot 10^{-3}$ г/м ³			Параметры				
	CrO_3	H_2SO_4	прочие	$t_{\text{э}},$ °C	$D_k,$ А/м ²	$\eta,$ %	$H_{\mu},$ МПа $\cdot 10^{-1}$	$\nu^*,$ мкм/ч
1) Разбавленный	150	1,5	–	45– 60	0,3– 0,6	12– 14	700– 1000	18–36
2) Универсальный	250	2,5	–	45– 60	0,3– 0,6	8–13	700– 1000	15–30
3) Саморегулирующийся	250	–	Sr_2SO_4 – 6 K_2SiF_6 – 20	45– 70	0,5– 1	17– 20	950– 1000	40–90
4) Тетрахроматный	350– 400	2,0– 2,5	$NaOH$ – 40–60 сахар – 1– 2	17– 25	0,1– 0,8	28– 32	400– 600	15– 110
5) Тетрахроматный саморегулирующийся	300– 400	–	$CaCO_3$ – 50–60 $CaSO_4$ – 12–14 MgO – 1	25– 27	60– 120	30– 35	1200– 1240	85– 170

Примечание: * ν – скорость осаждения электролита

Наиболее распространенным является универсальный электролит. Зависимости качества покрытий от основных условий ведения процесса показаны на рисунке 8.2. Цифры на кривых – микротвердость H_{μ} МПа $\cdot 10^{-1}$.

Зависимость качества покрытий получаемых при саморегулирующемся электролите показаны на рисунке 8.3.



1 – матовые хрупкие осадки; 2 – матово-блестящие осадки; 3 – блестящие твердые осадки; 4 – молочно-блестящие осадки; 5 – молочные мягкие осадки; 6 – рабочая зона

а)

б)

Рисунок 8.2 – Графики выбора режимов хромирования для универсального электролита

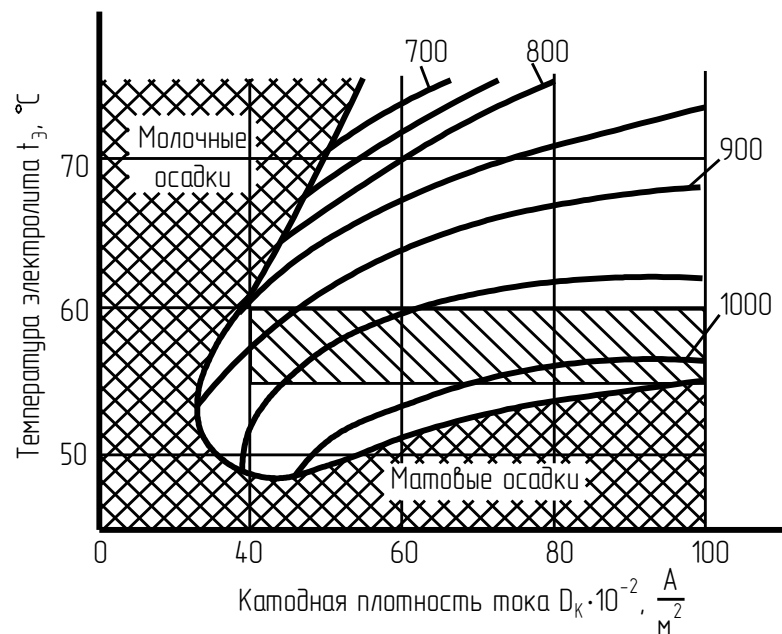
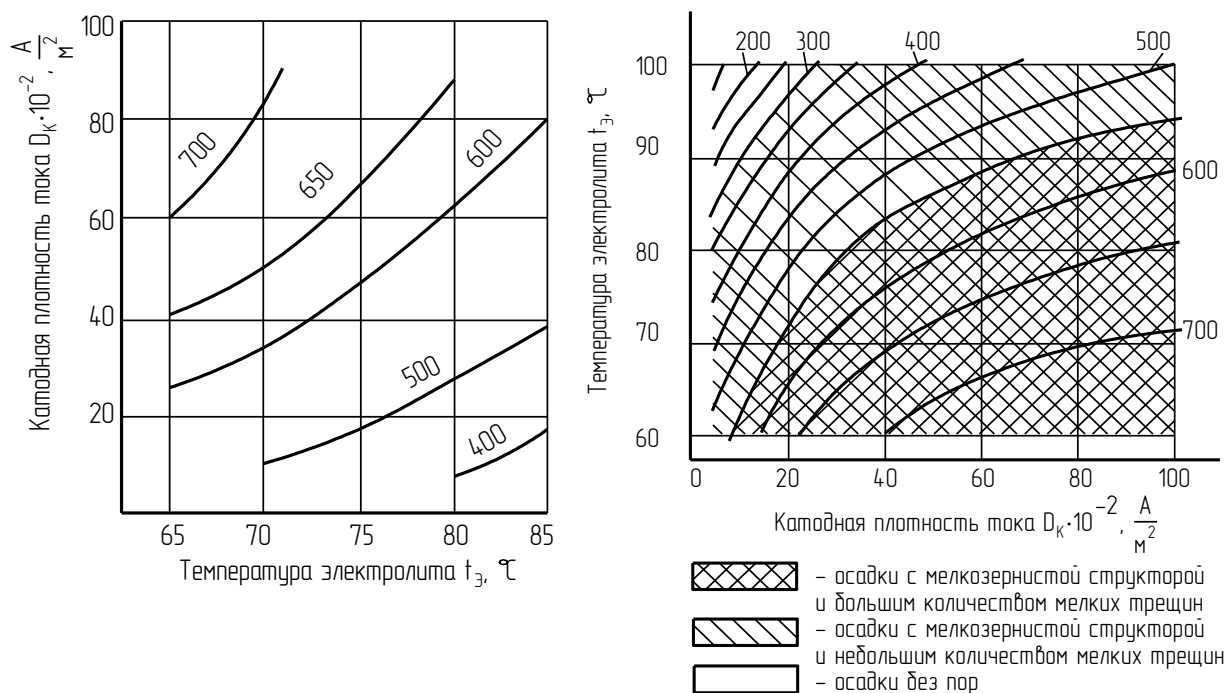


Рисунок 8.3 – График для выбора режимов хромирования из саморегулирующегося электролита

8.1.3 Восстановление деталей с применением осталивания

Зависимости качества покрытий от основных условий ведения процесса показаны на рисунке 8.4.



а)

б)

Рисунок 8.4 – График для выбора условий электролиза, обеспечивающих получение железных покрытий заданной твердости

Рассчитанные на основе этих уравнений количества материалов, необходимых для приготовления 1 кг хлористого железа ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Расход материалов для приготовления хлористого железа

Материалы	Расход на приготовление 1 кг хлористого железа, кг, при вариантах	
	1 вариант	2 вариант
Железо Fe (малоуглеродистая сталь)	0,281	0,187
Железо хлорное $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	—	0,453
Соляная кислота HCl *	36,7/а	18,3/а

Примечание: * а – содержание хлористого водорода в торговой соляной кислоте, %

При практических расчетах величину « a » можно определять из соотношения

$$a = 197 \left(\frac{\rho_{HCl}}{1000} - 1 \right), \quad (8.5)$$

где ρ_{HCl} – плотность кислоты, кг/м³.

Для приготовления электролита и ведения процесса осталивания используется соляная кислота химически чистая ГОСТ 3118–77 ($\rho_{HCl}=1190$ кг/м³) или техническая ГОСТ 857–95 ($\rho_{HCl}=1150–1170$ кг/м³). Кислота с ингибиторами коррозии для этих целей непригодна.

8.1.3 Техническое нормирование гальванических работ

К особенностям нормирования гальванических работ относится большая продолжительность основного времени, в период которого происходит осаждение наращиваемого металла, и большое количество вспомогательных (подготовительных и завершающих) работ перед загрузкой и после выгрузки деталей из основной ванны.

Рабочий может выполнять вспомогательные работы для следующей партии деталей (очистку, изоляцию, монтаж на подвески и их демонтаж, обезжиривание и промывку) во время процесса осаждения металла на детали первой партии, т. е. в пределах цикла гальванопокрытия имеется перекрываемое и неперекрываемое время.

Этот процесс может быть назван многоагрегатной работой, при которой один рабочий или бригада обслуживает несколько агрегатов, в данном случае ванн. Причем в ванну загружается значительное количество деталей (которое зависит от величины ванны и размера деталей). Исходя из этого, при нормировании гальванических работ учитывают: количество ванн, которое обслуживает один рабочий или бригада рабочих; количество деталей, одновременно загружаемых в ванну, колокол или барабан; полное и частичное перекрытие времени выполнения дополнительных операций основным временем (временем осаждения металла). А потому норма времени при нормировании гальванических работ на одну деталь определяется не сложением отдельных элементов времени (основного, вспомогательного, оперативного и др.), а расчетом по специальной методике[4].

На рисунке 8.5 показана структура времени при проведении гальванических работ. В таблице 8.5 приведены типовые технологические процессы нанесения износостойких гальванических покрытий.

При расчете норм времени основное время ванны покрытия T_0 и основное время дополнительных процессов (сушка в печи, выдержка в ванной при нейтрализации и т.п.) продолжительностью более 3 минут в итоге не включается.

Неперекрываемое время	Время проведения вспомогательных работ по электролитическому обезжириванию, декапированию, травлению на аноде, промывке в горячей и холодной воде перед загрузкой в ванн покрытия	Время на загрузку и выгрузку деталей в основную ванну	Время осаждения металла			Время проведения мелких работ (промывка деталей после выгрузки из ванны покрытия и т.п.)
	$\sum t_{оп.н}^1$ – оперативное неперекрываемое время перед загрузкой детали в ванну	$t_{в.н}$ – вспомогательное неперекрываемое время	T_0 – основное неперекрываемое время			$\sum t_{оп.н}^2$ – оперативное неперекрываемое время перед загрузкой детали в ванну
Перекрываемое время			Время проведения работ по очистке в венской извести и мойке деталей, изолированию непокрываемых поверхностей, монтаж и демонтаж, промывка, нейтрализация и сушка после выгрузки из ванны	то же	то же	то же
			$\sum t_{оп.п} + \sum t_{в.п}$ – сумма перекрываемого оперативного и вспомогательного времени	1	2	3

Рисунок 8.5– Структура распределения времени работы по гальваническому наращиванию

Таблица 8.5 – Типовые технологические процессы гальванических металлопокрытий

Операции и переходы	Время, мин					
	износостойкое хромирование		хлористое осталивание (вариант 1)		хлористое осталивание (вариант 2)	
	перекр.	перекр.	перекр.	перекр.	перекр.	перекр.
1	2	3	4	5	6	7
1) Протереть детали ветошью, смоченной в керосине	+		+		+	
2) Зачистить покрываемые поверхности наждачной шкуркой и обдуть воздухом	+		+		+	
3) Смонтировать детали на подвеску	+		+		+	
4) Изолировать места, не требующие покрытия	+		+		+	
5) Обезжирить детали венской известью или электролитически на аноде	+		+		+	
6) Промыть в холодной проточной воде	+		+		+	
7) Травить электролитически на аноде в основном электролите						+
8) Промыть в холодной проточной воде						+
9) Промыть и прогреть в горячей воде $t=50-60^{\circ}\text{C}$		+				
10) Обработать (очистить) на аноде в 30%-ном растворе серной кислоты				+		+
11) Промыть в холодной проточной воде				+		+
12) Промыть в горячей воде $t=50-60^{\circ}\text{C}$				+		+
13) Завесить в основную ванну		+		+		+
14) Выдержать в канне без тока		+		+		+
15) Включить ток и постепенно увеличить плотность тока до расчетной величины				+		+
16) Травить электролитически на аноде		+				
17) Нанести слой металла		+		+		+
18) Выгрузить детали из ванны		+		+		+
19) Промыть в дистиллированной воде		+				
20) Промыть в холодной проточной воде		+		+		+
21) Промыть в горячей воде $t=80-90^{\circ}\text{C}$		+		+		+

Продолжение таблицы 8.5

1	2	3	4	5	6	7
22)Нейтрализовать в 10%-ном растворе соли			+		+	
23)Промыть в горячей воде $t=80-90^{\circ}\text{C}$			+		+	
24)Сушить в сушильном шкафу	+		+		+	
25)Демонтировать детали с подвески и снять изоляцию	+		+		+	
Итого	$\sum t_{оп.п} + \sum t_{в.п}$	$\sum t_{в.н} + \sum t_{оп.н}$	$\sum t_{оп.п} + \sum t_{в.п}$	$\sum t_{в.н} + \sum t_{оп.н}$	$\sum t_{оп.п} + \sum t_{в.п}$	$\sum t_{в.н} + \sum t_{оп.н}$

Учитывая особенности гальванического наращивания деталей, для расчета нормы времени необходимо иметь следующие данные: детально разработанный технологический процесс с точным указанием вспомогательных, подготовительных и завершающих процесс переходов; размеры поверхностей зачистки, изоляции и покрытия; продолжительность основного времени, затраты времени на выполнение вспомогательных работ, обеспечивающих основную работу; продолжительность подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные потребности рабочего; коэффициент использования ванны; количество ванн, одновременно обслуживаемых одним рабочим или бригадой и т.д [4].

8.2 Порядок выполнения расчетов

1) Из таблицы 8.1 выписать основные параметры технологических процессов.

2) Из таблиц 8.3 и 8.4 выписать состав и параметры электролитов.

3) По требуемой твердости покрытия для заданного электролита выбрать катодную плотность тока и температуру электролита по рисункам 8.2–8.4 (для хромирования в универсальном электролите и остаивания выбрать параметры по разным графикам и сопоставить результаты).

4) По формуле (8.3) рассчитать основное время покрытия (экспозицию). При нанесении покрытия в колоколе или барабане рассчитанное время увеличить на 25%.

5) Определить основное время для дополнительных операций по подготовке поверхности деталей под покрытие и после покрытия.

6) Пользуясь таблицей 8.5 составить технологический процесс и записать его в таблицу 8.7. Для каждой операции записать необходимые переходы и время в соответствующий столбец, руководствуясь рекомендацией таблицы 8.5. Нормы времени и состав переходов по операциям выбирать по таблицам 8.8 – 8.13.

Таблица 8.6 – Основное время при выполнении дополнительных работ

Хромирование		Осталивание	
Наименование работ	$T_{од}$, мин	Наименование работ	$T_{од}$, мин
1) Электролитическое обезжиривание на катоде	3,0	1) Электролитическое травление на аноде в основном электролите	2,0—5,0
2) То же, на аноде	2,0	2) Обработка (очистка) на аноде в 30%-ном растворе серной кислоты	0,4
3) Декапирование	0,5	3) Промывка (прогрев) в горячей воде	0,4
4) Прогревание в ванне хромированием перед покрытием	3,0	4) Выдержка в ванне без тока	0,5
5) Выдержка на аноде	0,25	5) Включение и постепенное увеличение плотности тока до расчетной величины	5,0—10,0
6) Сушка	10	6) Нейтрализация в содовом растворе	10,0
		7) Сушка	10,0

Таблица 8.7 – Технологический процесс

Операции	Время, мин		
	на переход	перекрывае- мое	неперекрывае- мое
(название)	(содержание)		
Итого			

Пример расчета норм времени приведен в приложении Г.

Таблица 8.8 – Время передвижения рабочего и перемещения деталей в процессе работы на тележке

Расстояние перемещения, м (до)	Время передвижения рабочего в процессе работы, мин	Масса деталей на подвеске, кг (до)			
		5	10	15	20
		Время на перемещение одной подвески, мин			
1	2	3	4	5	6
1	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
2	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
3	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12
4	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16

Продолжение таблицы 8.8

1	2	3	4	5	6
5	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20
6	0,12	0,15	0,18	0,20	0,24
7	0,14	0,18	0,21	0,25	0,26
8	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
9	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36
10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40

Комплекс приемов.

- 1) Пройти без груза от одного места работы к другому.
- 2) Переместить детали или подвески (корзины или ведра) с деталями от одного места работы к другому.

Таблица 8.9 – Погрузка и разгрузка тележки или навеска подвесок с деталями на штангу загрузочной платформы и их снятие

Масса одной подвески с деталями или одной детали соответствующей массы, кг (до)	Количество рабочих для навески или снятия подвески с деталями	Время на одну подвеску с деталями или одной детали соответствующей массы, мин
5	1	0,15
15	1	0,18
20	1	0,20

Комплекс приемов.

- 1) Взять детали и положить на тележку или подвеску с деталями и навесить на штангу загрузочной платформы.
- 2) Выгрузить детали или снять подвеску с деталями со штанги загрузочной платформы и положить на стол.

Таблица 8.10 – Классификация деталей по группам сложности

Группы сложности	Детали
1	2
I группа	Простые по форме детали, преимущественно тела вращения, без ступенчатых переходов на покрываемых поверхностях с одной неразрывной поверхностью обработки, а также мелкие крепежные детали, например: клапаны, толкатели, валики, винты, болты, гайки, шайбы
II группа	Простые по форме детали, преимущественно тела вращения, с двумя обрабатываемыми поверхностями со ступенчатыми или конусными переходами от одной поверхности к другой, например: полуосевые трубы, валы коробки передач, ведущие валы задних мостов

Продолжение таблицы 8.10

1	2
III группа	Детали с рельефной поверхностью или с большим количеством ступенчатых переходов и с большим количеством обрабатываемых поверхностей, например: буфера автомобилей и автобусов, ручки дверные, коленчатые и кулачковые валы, различные картеры

Таблица 8.11 – Время на загрузку деталей в ванну и выгрузку их, мин

Тип подвески	Масса детали или подвески с деталями, кг (до)							
	1,0	3,0	4,0	5,0	7,5	10,0	14,0	20
Отдельные детали или подвески с деталями	0,15	0,17	0,19	0,20	0,23	0,26	0,30	0,35
В корзине или ведре	0,13	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,30

Комплекс приемов.

1) Загрузить деталь или подвеску с деталями в ванну и навесить их на штангу.

2) Снять деталь или подвеску с деталями со штанги и выгрузить их из ванны.

Нормативы, приведенные в таблице 8.11, предусматривают передвижение рабочего от одного рабочего места к другому до 1,5 м.

Таблица 8.12 – Время на загрузку деталей в ванну, выгрузку их и промывку ручную, мин

Тип подвески	Масса детали или подвески с деталями, кг (до)							
	1,0	3,0	4,0	5,0	7,5	10,0	14,0	20
Отдельные детали или подвески с деталями	0,20	0,22	0,25	0,30	0,32	0,37	0,42	0,48
В корзине или в ведре	0,22	0,24	0,27	0,32	0,35	0,39	0,44	0,50

Комплекс приемов.

1) Загрузить деталь или подвеску с деталями в ванну.

2) Промыть детали трехразовым погружением в воду.

3) Выгрузить деталь или подвеску с деталями из ванны.

При промывке деталей двухразовым погружением в воду табличное время умножается на коэффициент 0,7, а при промывке деталей одноразовым погружением — на коэффициент 0,4.

Таблица 8.13 – Время на загрузку деталей в колокол, барабан и выгрузку их, мин

Содержание работы	Масса загружаемых деталей, кг (до)							
	1,0	2,5	5,0	7,0	10,0	18,0	22,0	30,0
Колокол								
Загрузка: – взять корзину с деталями и засыпать в колокол (высыпать детали из колокола в корзину); – залить (вылить) раствор.	0,70	0,80	0,85	0,90	1,05	1,20	–	–
Выгрузка: – установить (поднять и опустить); – включить (выключить) вращение; – включить (выключить) ток.	1,00	1,10	1,20	1,25	1,40	1,55	–	–
Барабан								
Загрузка: – открыть (закрыть) дверцу барабана; – взять корзину с деталями и засыпать их в барабан (высыпать детали из барабана в корзину).	–	–	0,65	0,70	0,80	0,85	1,00	1,05
Выгрузка: – опустить (поднять) барабан в ванну; – включить (выключить) вращение; – включить (выключить) ток	–	–	0,85	0,95	1,05	1,20	1,35	1,50

При выгрузке деталей из колокола без опрокидывающего механизм табличные данные умножаются на коэффициент 2,0

Таблица 8.14 – Время на загрузку деталей в сушильный шкаф и выгрузку их, мин

Операция	Масса детали или подвески с деталями, кг (до)										
	0,1	0,35	1,0	3,0	4,0	5,5	7,0	9,0	12	15	20
Загрузка	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,35	0,40	0,45	0,48
Выгрузка	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30

Комплекс приемов.

- 1) Открыть (закрыть) шкаф.
- 2) Взять деталь или подвеску с деталями и установить в шкаф (вынуть деталь или подвеску с деталями из шкафа и отложить).

Длительность сушки в шкафу 10...15 мин при температуре $t = 150^{\circ}\text{C}$.

Таблица 8.15 – Время на протирку деталей ветошью, смоченной в керосине, мин

Обрабатываемая поверхность детали, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности			Обрабатываемая поверхность детали, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности		
	I	II	III		I	II	III
0,20	0,043	0,053	0,060	4,0	0,180	0,230	0,280
0,25	0,045	0,055	0,065	5,0	0,200	0,250	0,300
0,40	0,050	0,060	0,075	6,0	0,250	0,300	0,350
0,50	0,060	0,070	0,085	8,0	0,280	0,350	0,409
0,60	0,065	0,080	0,090	10,0	0,300	0,400	0,450
0,80	0,070	0,090	0,110	13,0	0,350	0,450	0,500
1,0	0,080	0,110	0,130	15,0	0,400	0,500	0,600
1,3	0,100	0,120	0,140	20,0	0,450	0,600	0,700
1,5	0,110	0,130	0,150	25,0	0,500	0,650	0,750
2,0	0,130	0,160	0,180	30,0	0,600	0,750	0,850
2,5	0,150	0,170	0,210	40,0	0,700	0,850	1,00
3,0	0,160	0,200	0,230	50,0	0,800	0,950	0,20

Комплекс приемов.

- 1) Взять деталь и ветошь.
- 2) Протереть поверхность детали ветошью.
- 3) Отложить ветошь и деталь.

При протирке деталей в опилках время умножается на коэффициент 0,6.

Время на протирку 1 кг мелких деталей (шайб, винтов, гаек и пр) в опилках равно 0,5 мин.

Таблица 8.16 – Время на зачистку покрываемых поверхностей наждачной шкуркой, мин

Площадь зачистки, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности			Площадь зачистки, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности		
	I	II	III		I	II	III
1	0,05	0,06	0,07	20	0,48	0,58	0,66
3	0,11	0,13	0,15	25	0,55	0,66	0,76
7	0,18	0,22	0,25	30	0,64	0,77	0,88
10	0,23	0,28	0,32	35	0,75	0,90	1,03
12	0,29	0,35	0,40	40	0,84	1,00	1,15
14	0,32	0,38	0,44	50	1,1	1,32	1,51
17	0,40	0,48	0,55				

Комплекс приемов.

- 1) Взять деталь и шкурку.
- 2) Нарезать шкурку на части.
- 3) Зачистить поверхности.
- 4) Отложить деталь.

Таблица 8.17 – Время на обдувку деталей сжатым воздухом, мин

Обрабатываемая поверхность, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности			Обрабатываемая поверхность, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Группа сложности		
	I	II	III		I	II	III
0,10	0,018	0,022	0,026	2,5	0,083	0,110	0,140
0,13	0,020	0,025	0,030	3,0	0,093	0,110	0,140
0,16	0,023	0,027	0,033	4,0	0,110	0,130	0,150
0,20	0,025	0,030	0,035	5,0	0,120	0,150	0,170
0,25	0,028	0,035	0,041	6,0	0,140	0,160	0,190
0,30	0,031	0,037	0,045	7,0	0,150	0,170	0,210
0,40	0,036	0,043	0,050	8,0	0,170	0,200	0,240
0,50	0,040	0,046	0,056	10,0	0,190	0,230	0,280
0,60	0,043	0,052	0,063	13,0	0,230	0,270	0,320
0,80	0,050	0,060	0,073	16,0	0,260	0,300	0,370
1,00	0,056	0,066	0,080	20,0	0,300	0,360	0,430
1,3	0,063	0,073	0,090	25,0	0,360	0,430	0,500
1,6	0,070	0,082	0,100	30,0	0,400	0,460	0,560
2,0	0,076	0,098	0,110	40,0	0,460	0,600	0,660
				50,0	0,530	0,660	0,800

Комплекс приемов.

- 1) Взять шланг и деталь, включить воздух.
- 2) Обдуть деталь
- 3) Выключить воздух.
- 4) Отложить шланг и деталь.

Таблица 8.18 – Время на монтаж деталей на подвеску и демонтаж их, мин

Масса деталей, кг (до)	Количество деталей на подвеске, шт (до)								
	1	2	3	5	10	20	40	70	>70
Крепление на крючки, штыри, кольца, в отверстия на один контакт									
0,10	0,155	0,135	0,130	0,125	0,115	0,110	0,105	0,100	0,090
0,40	0,195	0,165	1,60	0,150	0,140	0,135	0,125		
1,5	0,230	0,200	0,190	0,180	0,170				
5,0	0,240	0,210	0,190						
9,0	0,275	0,240							
13,0	0,335								
20,0	0,465								
Крепление на крючки, штыри, кольца, в отверстия на два контакта									
0,1	0,235	0,205	0,195	0,185	0,175	0,170	0,155	0,145	0,140
0,4	0,290	0,245	0,235	0,225	0,210	0,200	0,190		
1,5	0,345	0,300	0,285	0,270	0,255				
5,0	0,60	0,310	0,290						
9,0	0,410	0,360							
13,0	0,50								
20,0	0,70								
Крепление на резьбе									
0,10	0,500	0,400	0,380	0,360	0,340	0,320	0,300	0,290	0,270
0,70	0,600	0,520	0,500	0,480	0,465	0,450			
3,0	0,760	0,650	0,600	0,580					
Крепление цанговым зажимом									
0,10	0,170	0,151	0,145	0,140	0,130	0,139	0,115	0,110	0,100
0,70	0,230	0,210	0,195	0,180	0,175	0,160	0,150	0,140	0,130
3,0	0,280	0,240	0,230	0,220					
Крепление на пружинный контакт (с центрами)									
0,10	0,250	0,200	0,190	0,180	0,170	0,160	0,150	0,145	0,135
0,70	0,300	0,260	0,250	0,240	0,230	0,220			
3,0	0,380	0,320	0,310	0,290					
Крепление на проволоку через отверстие одной закруткой									
0,10			0,13	0,125	0,120	0,115	0,105	0,100	0,09
0,30		0,145	0,140	0,135	0,130	0,125	0,115	0,110	0,105
0,50	0,200	0,170	0,165	0,155	0,150	0,540	0,130	0,125	
0,80	0,250	0,190	0,185	0,175	0,165	0,160	0,150		
1,5	0,270	0,230	0,220	0,210	0,200	0,190			
3,0	0,300	0,270	0,260	0,250					
5,0	0,370	0,310	0,300						
0,0	0,400	0,370							
13,0	0,470								
20,0	0,540								

Продолжение таблицы 8.18

Крепление на проволоке через отверстие двумя закрутками									
0,10			0,155	0,150	0,140	0,135	0,125	0,120	0,110
0,30		0,175	0,170	0,160	0,155	0,150	0,140	0,130	0,125
0,50	0,240	0,210	0,200	0,190	0,180	0,170	0,160	0,150	
0,80	0,290	0,230	0,220	0,210	0,200	0,190	0,180		
1,5	0,320	0,280	0,260	0,250	0,240	0,230			
3,0	0,360	0,330	0,310	0,300					
5,0	0,450	0,370	0,360						
9,0	0,500	0,430							
13,0	0,550								
20,0	0,650								

Комплекс приемов.

- 1) Взять подвеску и навесить на штангу.
- 2) Взять проволоку (при креплении на проволоку).
- 3) Взять деталь, навесить на контакты подвески или укрепить связку деталей на подвеску.
- 4) Снять деталь с подвески или освободить деталь от проволоки и отложить.
- 5) Снять подвеску со штанги и отложить.

Таблица 8.19 – Время на изоляцию непокрываемых поверхностей деталей, мин

Площадь изолируемых поверхностей, $\cdot 10^{-2}$ м ²	Изоляция пленкой пластафилата	Изоляция чехлами	Изоляция цапон-лаком окунанием	Изоляция цапон-лаком кистью
0,5	1,15	0,10	0,10	0,45
1,0	1,21	0,11	0,11	0,60
1,5	1,27	0,15	0,11	0,75
2,0	1,31	0,18	0,14	0,85
2,5	1,36	0,20	0,15	0,88
3,0	1,40	0,25	0,15	0,90
3,5	1,50	0,30	0,16	1,00
4,0	1,90		0,18	1,15
4,5	2,90		0,22	1,20
5,0	3,00			1,25
5,5	3,30			1,30
6,0	4,50			1,35

Комплекс приемов.

- 1) Взять деталь с тележки и положить на монтажный стол.
- 2) Взять пленку пластификата или кисть и нож.
- 3) Изолировать деталь или окунуть в растворенный цапон-лак.
- 4) Сушить деталь после изоляции цапон-лаком. Длительность сушки 10 мин.
- 5) Вырезать покрываемые поверхности на деталях после изоляции цапон-лаком окунанием.
- 6) Отложить деталь, кисть, нож.

Для нормирования работы по изоляции поверхностей цапон-лаком окунанием время дано на один слой. Кроме того, добавить время вырезки на деталь и очистки от изоляции покрываемых поверхностей от 0,10 до 0,20 мин.

При изоляции неудобных мест к нормам вводится коэффициент 1,2.

При снятии изоляции к нормам вводится коэффициент 0,8.

Таблица 8.20 – Время на обезжиривание деталей венской известью, мин

Обрабатываемая поверхность детали, $\cdot 10^{-2}$ м ²	Группа сложности			Обрабатываемая поверхность детали, $\cdot 10^{-2}$ м ²	Группа сложности		
	I	II	III		I	II	III
0,2	0,14	0,18	0,21	5,0	0,97	1,27	1,50
0,4	0,15	0,20	0,23	6,0	1,12	1,45	1,72
0,6	0,17	0,23	0,25	8,0	1,41	1,83	2,16
0,8	0,20	0,25	0,30	10,0	1,61	2,18	2,55
1,0	0,23	0,29	0,33	12,0	1,90	2,50	2,94
1,2	0,24	0,30	0,36	14,0	2,15	2,80	3,30
1,5	0,25	0,31	0,32	16,0	2,39	3,12	3,68
1,7	0,38	0,48	0,57	18,0	2,60	3,42	4,00
2,0	0,50	0,65	0,75	20,0	2,80	3,68	4,32
2,2	0,56	0,72	0,84	23,0	3,15	4,10	4,83
2,5	0,57	0,75	0,87	25,0	3,33	4,35	5,12
2,7	0,58	0,76	0,90	30,0	3,72	4,86	5,72
3,0	0,66	0,87	1,00	40,0	4,20	5,50	6,48
4,0	0,82	1,08	1,25	50,0	4,50	6,00	6,98

Комплекс приемов.

- 1) Взять деталь со стола и уложить для протирки.
- 2) Взять щетку со стола и обмакнуть в венскую известь.
- 3) Протереть места детали, подвергающиеся гальваническому наращиванию.
- 4) Отложить щетку на стол.
- 5) Взять деталь со стола и опустить на стол.
- 6) Взять шланг, открыть зажим и промыть деталь.
- 7) Закрыть зажим, отложить шланг на место.
- 8) Взять деталь и положить на монтажный стол.

Таблица 8.21 – Время на полирование деталей, мин

Обрабатываемая поверхность детали, $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Сталь			Чугун, цинк и цинковые сплавы			Медь, алюминий и их сплавы		
	группа сложности								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0,10	0,27	0,32	0,38	0,31	0,38	0,4,3	0,19	0,22	0,26
0,35	0,34	0,41	0,48	0,39	0,48	0,55	0,24	0,28	0,33
1,1	0,43	0,50	0,60	0,50	0,60	0,70	0,30	0,36	0,42
1,6	0,55	0,70	0,80	0,65	0,80	0,90	0,39	0,47	0,55
2,5	0,70	0,85	1,0	0,80	1,0	1,15	0,50	0,60	0,70
3,7	0,90	1,1	1,3	1,05	1,3	1,5	0,65	0,75	0,90
5,6	1,2	1,4	1,7	1,35	1,65	1,9	0,80	1,0	1,15
8,5	1,5	1,8	2,1	1,75	2,1	2,5	1,05	1,3	1,5
13	1,95	2,4	2,7	2,3	2,7	3,2	1,35	1,65	1,9
19	2,5	3,0	3,5	2,9	3,5	4,0	1,75	2,1	2,5
29	3,2	3,8	4,4	3,7	4,4	5,1	2,2	2,7	3,1
44	4,1	4,9	5,7	4,7	5,7	6,6	2,9	3,4	4,0

Комплекс приемов.

- 1) Взять деталь и поднести к кругу.
- 2) Полировать поверхность, периодически нанося слой пасты.
- 3) Отложить деталь после обработки (расстояние до 1,5 м).

Оборудование — шлифовально-полировальный станок, круг войлочный, шерстяной или фетровый. Паста — крокусная, известковая или хромовая.

8.4 Расчетно-практическое задание

Задание выполняется для детали, технологический процесс восстановления которой разрабатывается в РГР или по последней цифре номера зачетной книжки выбрать исходные данные.

Таблица 8.22 – Варианты задания

№	Метод*	Толщина слоя, мкм	Тип детали	Требуемая твердость	Масса, кг	Площадь $\cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	
						покрываемая	изолируемая
1	2	3	4	5	6	7	8
0	X, B	100	Клапан	200HB	0,3	0,1	1,0
1	O1, B	1000	Ось	45HRC	2	0,2	0,9
2	O2, K	800	Полуось	300HB	5	0,3	0,8
3	X, B	150	Картер	48HRC	20	0,4	0,7
4	O1, K	1200	Вал кулачковый	220HB	2	0,5	0,6
5	O2, B	900	Втулка	350HB	0,1	0,6	0,5

Продолжение таблицы 8.22

1	2	3	4	5	6	7	8
6	X, К	200	Вал КПП	55HRC	1,5	0,7	0,4
7	O1, В	1300	Шестерня	320HB	6	0,8	0,3
8	O2, Б	1100	Болт	50HRC	0,01	0,9	0,2
9	X, В	250	Труба полуосевая	360HB	8	0,1	1,1

Примечание: * вид процесса: X – хромирование; O1 – осталивание по первому варианту; O2 – осталивание по второму варианту; емкость для осаждения: В – ванна; Б – барабан; К – колокол.

8.5 Содержание отчета

- 1) Основные теоретические сведения.
- 2) Исходные данные для расчета.
- 3) Расчеты по нормированию.
- 4) Результаты расчетов в виде таблицы 8.7.
- 5) Выводы.

8.6 Контрольные вопросы

- 1) В чем заключается восстановление деталей гальваническими методами?
- 2) Как измеряется твердость гальванических покрытий?
- 3) Основные характеристики гальванических процессов.
- 4) Особенность технического нормирования гальванических работ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Цель работы: – изучить методику выбора метода восстановления;
– провести сравнительный анализ методов восстановления.

9.1 Теоретический раздел

На основе данных конструкторской документации и результатов ускоренных испытаний деталей данного наименования для запускаемых в производство автомобилей, а кроме того, на базе априорной информации решается вопрос о возможности устранения тех или иных дефектов, т. е. производится классификация дефектов на устранимые и неустраняемые.

Выбор способов устранения дефектов проводится на основании следующих критериев [6].

1) Критерий применимости позволяет из существующих способов устранения дефекта выбрать те, которые лучшим образом соответствуют данной детали, а также отбросить методы, применение которых невозможно.

Этот критерий описывается логической функцией:

$$K_M = \varphi \left(M_D; \Phi_D; D_D; I_D; H_D; \sum_{i=1}^m T_i \right) \neq 0, \quad (9.1)$$

где M_D – материал детали;

$\Phi_D; D_D$ – форма и диаметр восстанавливаемой поверхности детали;

I_D – величина износа детали, подлежащей восстановлению;

H_D – величина и характер воспринимаемой деталью нагрузки;

$\sum_{i=1}^m T_i$ – сумма технологических особенностей способа, определяющих область его рационального применения.

Для выбора методов восстановления по данному критерию необходимо проанализировать данные параметры и выбрать возможные методы восстановления.

При этом при возможности применения значению аргумента присваивается единица, при невозможности применения – ноль. При наличии хотя бы одного нуля метод считается неприменимым.

2) Критерий долговечности определяет работоспособность восстанавливаемых деталей. Он выражается через коэффициент долговечности, под которым понимается отношение долговечности восстановленной детали к долговечности новой детали данного наименования.

Капитальный ремонт подвижного состава, агрегатов и узлов предназначен для восстановления их технической исправности и близкого к полному (не менее 80%) восстановления ресурса и безотказности в работе. Поэтому в качестве технического критерия целесообразности восстановления автомобильных деталей резонно принять численное значение коэффициента долговечности, определяемое как соотношение ресурсов аналогичных восстановленной и новой деталей, большее или равное 0,8, т. е.

$$K_d = \frac{L_B}{L_H} \geq 0,8 \quad (9.2)$$

где L_B — обеспечиваемый ресурс восстановленной детали, км;

L_H — ресурс аналогичной новой детали, км.

При таком значении коэффициента долговечности восстановленная деталь обеспечит послеремонтный ресурс того агрегата, в конструкцию которого она входит. На основании результатов многочисленных исследований и производственных данных известно, что послеремонтный ресурс восстановленных деталей определяется тремя факторами: износостойкостью восстановленных рабочих поверхностей, усталостной выносливостью детали и прочностью сцепления наросшего слоя с ее основным металлом. Указанные параметры можно оценить с помощью коэффициентов, аналогичных по структуре коэффициенту долговечности, т. е. как соотношение износостойкости и усталостной выносливости восстановленных деталей и аналогичных показателей одноименных новых деталей. Коэффициент сцепляемости можно определить как соотношение прочности на отрыв наросшего на данную деталь слоя к прочности, заведомо обеспечивающей при любых условиях эксплуатации стабильность наросшего слоя, за значение которой целесообразно принять для стальных деталей 490 МПа. Таким образом,

$$K_d = f_1(K_H; K_B; K_{CC}), \quad (9.3)$$

где $K_H; K_B; K_{CC}$ — коэффициенты износостойкости, усталостной выносливости, сцепляемости соответственно (таблица 9.1).

Численные значения коэффициента долговечности, как правило, определяются наименьшим численным значением одного из коэффициентов, находящихся в правой части равенства (9.2), так как значение именно этого коэффициента определяет ресурс восстановленной детали. Однако, во-первых, ряд способов восстановления (ремонтных размеров, пластического деформирования, электрохимической обработки) не связан с наращиванием компенсирующего износ слоя; в этом случае значение коэффициента сцепляемости можно условно принять равным единице.

Таблица 9.1 – Характеристики основных способов восстановления

Показатель	1	Сварка ручная			Наплавка механизированная		
		электродугуговая	газовая	аргоннодугуговая	под флюсом	вибродугуговая	в CO ₂
Условное обозначение метода	2	РНЭ	РНГ	АДН	НСФ	ВДН	НУГ
K _и ¹⁾	3	0,8-1,0	0,8-1,0	0,80-0,85	0,90-1,10	0,8-1,00	0,8-1,0
K _в ¹⁾	4	0,65-0,7	0,65-0,7	1,0	0,80-0,85	0,55-0,65	0,8-0,85
K _с ¹⁾	5	0,8-1,0	0,8-1,0	0,80-0,85	1,00	0,8-1,00	1,00
Расчетная толщина покрытия, мм	6	5,0	3,0	4,0	3...4	2...3	2...3
Расход материалов, кг/м ²	7	48	38	36	38	31	30
Расходы на ремонтные материалы Мр, %	8	7,8	14,4	26,0	6,5	2,2-2,5	12,6 (5 ³⁾)
Трудоемкость восстановления ч/м ²	9	60	72	56	30	32	28
Энергоемкость восстановления, кВт • ч/м ²	10		80	520	286	234	256
Производительность процесса, м ² /ч	11	0,016	0,014	0,018	0,033	0,031	0,036

Примечания:

¹⁾ Максимальные значения коэффициентов относятся к деталям не воспринимающим знакопеременные, значительные ударные нагрузки, работающим в условиях жидкого трения.

²⁾ Максимальное значение для резьбовых вставок

³⁾ Значение для малоуглеродистой проволоки

⁴⁾ Значение для пластинирования стальной лентой

Продолжение таблицы 9.1

1	Электролитические покрытия		Пластическое деформирование	Обработка под ремонтный размер	Постановка дополнительной детали
	хромирование	осталивание			
2	X	O	ПД	РР	ДД
3	1,0-1,1	0,80-0,85	0,9-1,0	0,90-1,0	0,8-1,0(1,2 ²⁾)
4	0,8-1,0	0,85-0,90	1,0	0,90-1,0	0,90-1,0
5	1,0	0,50-0,80	1,00	1,00	1,00
6	0,3	0,5	2,0	0,2	5,0
7	21	23	–	–	8,0 (7,6 ⁴⁾)
8	3,0-9,3	0,3-0,5	–	–	–
9	54,6	18,6	36,2	16,7	148
10	324	121	126	121	121
11	0,018	0,054	0,028	0,06	0,007

Во-вторых, известен ряд автомобильных деталей, не подверженных значительным знакопеременным нагрузкам и практически никогда не выходящих из строя по причине усталостных напряжений; по отношению к таким деталям, если даже K_b имеет при использовании данного способа низкое значение, за коэффициент долговечности может быть принято минимальное значение, определенное для двух других коэффициентов.

3) Техничко-экономический критерий является функцией двух аргументов:

$$K_{TЭ} = f_2(K_{II}; Э), \quad (9.4)$$

где K_{II} – коэффициент производительности способа;

Э – показатель экономичности способа.

Данный критерий позволяет выбрать из нескольких способов удовлетворяющих первым критериям наиболее экономичный способ.

4) Экономический критерий.

Производство новых деталей и их восстановление в определенных границах представляют собой альтернативу. Если те или иные детали можно и целесообразно восстанавливать, то производить их в качестве запасных частей не нужно, за исключением небольшого резерва для компенсации деталей, выбраковываемых в порядке исключения по аварийным повреждениям. И наоборот, если детали с обеспечением необходимого качества восстанавливать невозможно или нецелесообразно, их необходимо производить как запасные части. Рассматриваемый критерий предназначен для принятия именно такого альтернативного решения.

В принципе, себестоимость восстановления одноименных деталей должна быть меньше себестоимости их производства на автозаводе, причем не менее, чем на ту величину, на которую по Положению допускается снижение ресурса капитально отремонтированных узлов и агрегатов (т. е. на 20%). Соответственно

$$C_B \leq 0,8C_H, \quad (9.5)$$

где C_B, C_H — себестоимости восстановления и производства на автозаводе аналогичных деталей.

Однако указанную зависимость неудобно использовать в практических целях, так как определение C_B и C_H связано с составлением трудоемких калькуляций себестоимости, которые к тому же не могут быть достаточно точными, поскольку зависят от сильно различающегося технического и технологического уровней конкретных предприятий.

Поэтому приближенно вопрос о целесообразности восстановления деталей того или иного наименования может быть решен на основе зависимости, предложенной М. А. Масино, основанной на среднестатистических данных по отрасли [7]:

$$M_p \leq 0,8МП \pm K \cdot D_H, \quad (9.6)$$

где M_p — расходы на ремонтные материалы в % от полной себестоимости восстановления деталей C_B ;

$МП$ — расходы на материал и полуфабрикаты в % от полной себестоимости изготовления деталей C_H .

В среднем для грузовых автомобилей можно принимать 70...75%, для легковых принимает более низкое значение. Более высокие значения принимаются для деталей с меньшим объемом механической обработки.

D_n – расходы на заработную плату в % от полной себестоимости изготовления деталей C_n . Данные расходы будут зависеть от конкретного производства (от степени механизации и автоматизации, годовой программы и т.д.) и для ориентировочных расчетов можно принимать 4...7,5%. Более высокие значения принимаются для сложных деталей.

K – коэффициент, зависящий от соотношения процентов накладных расходов при производстве и при восстановлении деталей данного наименования. Данный коэффициент лежит обычно в пределах -9...6. Так как современная экономическая обстановка характеризуется небольшими объемами производства, то наиболее вероятные значения данного коэффициента будут лежать в пределах -9...1, причем значение будет уменьшаться при увеличении серийности восстановления и уменьшении серийности производства.

Характеристики основных способов восстановления приведены в таблице 9.1.

9.2 Порядок проведения работы

- 1) Для заданных методов восстановления выписать основные характеристики из таблицы 9.1.
- 2) Заэскизировать деталь по заданию преподавателя и дать её краткую характеристику.
- 3) Оценить критерии применимости, долговечности, технико-экономический и экономический критерии.
- 4) Произвести анализ критериев и выбрать метод восстановления.
- 5) Разработать маршрутный технологический процесс с применением выбранных методов восстановления.

9.3 Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Эскиз детали.
- 3) Характеристика методов восстановления.
- 4) Определение критериев.
- 5) Выводы (объяснить выбор метода восстановления)

9.4 Контрольные вопросы

- 1) Что оценивает критерий применимости?
- 2) Как определяется критерий долговечности?
- 5) Что оценивает технико-экономический критерий?
- 6) Что оценивает экономический критерий?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дехтеринский Л. В. Капитальный ремонт автомобилей : справочник / Л. В. Дехтеринский, Р. Е. Есенберлин, К. Х. Акмаев и др.; под. ред. Р. Е. Есенберлина. – М.: Транспорт, 1989. – 335 с. – Текст : непосредственный.
2. Митрохин, Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 264 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1931508> (дата обращения: 26.01.2025). — Режим доступа: по подписке. — DOI 10.12737/1009392. - ISBN 978-5-16-014871-7. - Текст : электронный.
3. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М.: Машиностроение, – 1989. – 480 с. – Текст : непосредственный.
4. Малышев А. Г. Справочник технолога авторемонтного производства / В. Ф. Борщов, Ф. П. Верещак, В. И. Гусев ; под общ. ред. А. Г. Малышева. – М. : Транспорт, 1977. – 432 с. – Текст : непосредственный.
5. Серебrenицкий П. П. Общетеchnический справочник / П. П. Серебrenицкий. – СПб.: Политехника, 2004. – 445 с. – Текст : непосредственный.
6. С. И. Румянцев. Ремонт автомобилей : учебник / Румянцев С. И., Борщов В. Ф., Боднев А. Г. и др.: Под ред. С. И. Румянцева. – М. : Транспорт, 1981. – 462 с. – Текст : непосредственный.
7. Звягин А. А. Автомобили ВАЗ: изнашивание и ремонт / А А. Звягин, М. А. Масино, А. М. Мотин. – Л. : Политехника, 1991. – 255 с. – Текст : непосредственный.
8. Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с. – Текст : непосредственный.
9. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей. Практикум : учебное пособие / А. В. Коломейченко, В. Н. Логачев, Н. В. Титов, И. Г. Голубев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 160 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092481> (дата обращения: 25.01.2025). — Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-9729-1369-5. - Текст : электронный.
10. Виноградов, В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебное пособие / Виноградов В. М., Черепяхин А. А., Солдатов В. Ф. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2019. - 346 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1036600> (дата обращения: 26.01.2025). — Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-906818-48-5. - Текст : электронный.

Рисунок А.1 – Карта дефектации и ремонта коленчатого вала двигателя

Карта дефектации и ремонта

ВУД 2025.291.66.01
Муфта выключения сцепления
Обозначение и наименование изделия
Количество на изделие, шт 1

1
№ позиции

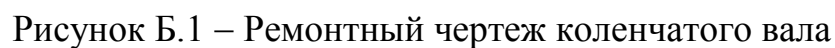
ВУД 2025.291.66.00СБ
№ эскиза

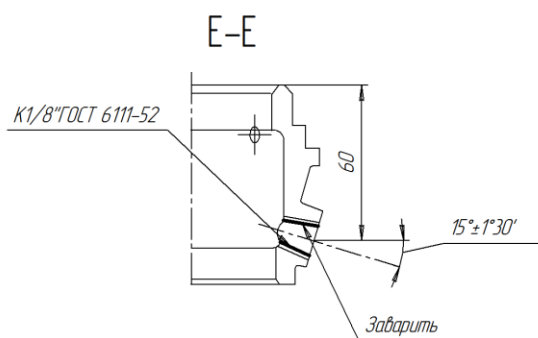
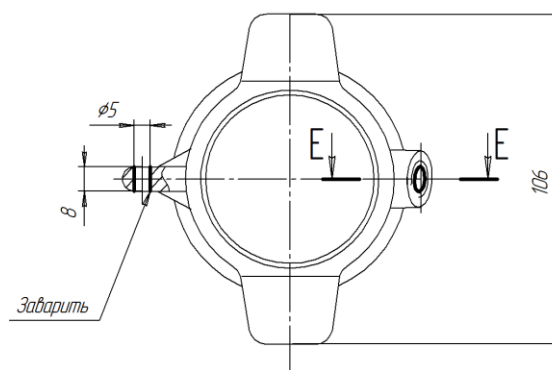
ВУД 2025.291.02.00 КД
№ карты

Обозн.	Возможный дефект	Метод установления дефекта	Средство измерения	Заключение и рекомендуемые методы ремонта	Требования после ремонта
1	Трещины или обломы, кроме поверхностей, указанных в п. 3	Осмотр		Замена	Трещины и обломы на рабочих поверхностях не допускаются
2	Износ отверстия под направляющую	Измерение	Калибр-пробка	Ремонт. Железнить	Номинальный размер $\phi 55^{+0,12}$ Допустимый без ремонта $\phi 55,2^{+0,12}$ Шероховатость – Ra1,25 мкм Отклонение от цилиндричности не более 0,03 мм Отклонение от соосности поверхностей А и Б не более 0,3 мм
3	Обломы и трещины на ушках под натяжную пружину	Осмотр		Ремонт. Забарить	Номинальный диаметр отверстия под пружину $\phi 5$
4	Износ опорных торцов	Измерение	Штангенциркуль ШЦЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89	Ремонт. Забарить	Размер $a=30,75\pm 0,25$ мм, допустимый 30,4 мм. Шероховатость поверхностей В, Г и Е Rz20 мкм. Твердость поверхностей В, Г не менее 35HRC, на глубину 1,2 мм Отклонение поверхностей В и Г от нахождения в одной плоскости, перпендикулярной к оси детали не более 0,15 мм на радиусе 40 мм.
5	Износ шейки под подшипник	Измерение	Микрометр МК Ц 100 ГОСТ 6507-90	Ремонт. Железнить	Номинальный размер $\phi 70^{+0,03}_{-0,01}$ Допустимый без ремонта $\phi 70,01$ Шероховатость, Ra1,25 мкм. Радиальное биение поверхности Д относительно поверхности Б 0,1 мм, не более.
6	Срыв или износ резьбы К 1/8"	Проверка	Проверить новым щупером	Ремонт. Забарить	Новый щупер должен плотно вкручиваться и не наблюдаться подтеков масла

ВУД 2025.299.02.00 КД	
Муфта выключения сцепления Карта дефектации и ремонта Копировал	СевНТ Кафедра ПуТ гр. 31/8-23-1а Формат А2

Рисунок А.2 – Карта дефектации и ремонта муфты выключения сцепления





1. Указанные поверхности закалить ТВЧ 1...2 мм, HRC 35 min.
 2. Острые кромки притупить. Фаска 0,5x45°.
 3. Неуказанные предельные отклонения размеров – по 114, прочих – Js14.
 4. Отклонение поверхностей В и Г от нахождения в одной плоскости, перпендикулярной к оси детали не более 0,15 мм на радиусе 40 мм.
 5. Отклонение от цилиндричности поверхностей А и Б 0,3 мм не более.
 6. Отклонение от соосности поверхностей А и Б 0,3 мм не более.
 7. Радиальное биение поверхности Д относительно поверхностей А и Б 0,1 мм не более.
- * – Размеры для справок.
** – Размеры для контроля.

						ВУД 2025. 291. 66. 01 Р				
						Муфта выключения сцепления Ремонтный чертёж		Лист	Масса	Масштаб
										2:1
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата					Лист	Листов	
Разраб.	Шабрин							СевЧ		
Упр.	Овсыняков							Кордатура Лист ар. 31/Б-23-1-а		
Технотр.								Формат А2		
Исполн.						СЧ45 ГОСТ 1412-85				
Упр.						Копировал				

Рисунок Б.2 – Ремонтный чертеж муфты выключения сцепления

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)
Физические свойства материалов

Таблица В. 1 – Значения модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона μ при 20°C

Материал	E , МПа	μ
Углеродистая сталь	$(2 \dots 2,1) \cdot 10^5$	0,24–0,28
Легированная сталь	$2,1 \cdot 10^5$	0,25–0,30
Чугун	$1,03 \cdot 10^5$	0,23–0,27
Бронза	$0,83 \cdot 10^5$	0,32–0,35
Алюминий и его сплавы	$0,74 \cdot 10^5$	0,33

Таблица В. 2 – Температуры плавления металлов

Материал	T
Литейные стали	≈ 1350
Конструкционные стали	≈ 1500
Углеродистая сталь	1510–1535
Легированная сталь	1400–1520
Чугун	1150–1200
Медь	10830
Бронза	900–960
Латунь	
Л63	905
Л90	1045
ЛС59	900
ЛС74	965
Алюминий	660
Алюминиевые сплавы	540–560
Магниеые сплавы	598–638

Таблица В.3 – Значения коэффициента линейного расширения для некоторых материалов

Материал	$\alpha \cdot 10^3, 1/^\circ\text{C}$		Материал	$\alpha, 1/^\circ\text{C}$	
	нагрев	охлаждение		нагрев	охлаждение
Сталь	11	–8,5	Бронза	17	–15
Чугун серый	10	–8	Латунь	18	–16
Ковкий чугун	10	–8	Алюминий и сплавы	22	–18
Медь	16	–14	Магниеые сплавы	26	–21

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Пример расчета норм времени для гальванических работ

Требуется определить трудоемкость восстановления изношенных поверхностей поворотной цапфы осталиванием на 0,5 мм на сторону.

Масса детали – 4 кг; площадь покрываемых поверхностей (2 шейки) – 1,2 дм²; площадь изолируемых поверхностей: фланца – 2,0 дм² и конуса – 1,5 дм².

Длительность осаждения металла $T_o = 56,0$ мин.

Одновременно загружается 16 деталей.

Таблица Г.1 – Расчет норм времени для железнения (по II варианту)

Операции	Переходы	Табл.	Время, мин	
			перекрыва- емое	неперекры- ваемое
1	2	3	4	5
1) Протирка деталей ветошью, смоченной в керосине. Общая площадь, обрабатываемая ветошью, 5 дм ²	Нагрузить и разгрузить тележку с деталями	8.9	0,15·16=2,4	—
	Подвезти детали на расстояние 10 м	8.8	0,2+0,25·16=4,2	—
	Протереть детали ветошью, смоченной в керосине	8.15	0,23 · 16=3,68	—
	Итого		10,28	—
2) Зачистка покрываемых поверхностей наждачной шкуркой и обдувка воздухом	Зачистить покрываемые поверхности наждачной шкуркой	8.16	0,06 · 16= 0,96	—
	Обдуть всю деталь воздухом	8.17	0,15 · 16=2,4	—
	Итого		3,36	—
3) Изоляция мест, не требующих покрытия	фланца (2дм ²)	8.19	0,18 · 16 =2,88	—
	конуса (1,5 дм ²)		0,15 · 16=2,40	—
	Итого		5,28	—
4) Монтаж деталей на подвеску	Смонтировать детали на подвеску на резьбе	8.18	0,76 · 16=12,10	—
	Итого		12,10	—
5) Обезжиривание деталей венской известью	Подвести деталь на расстояние 2 м	8.8	0,04+0,05 · 16=0,84	—
	Обезжирить детали венской известью	8.20	0,30 · 6=4,8	—
	Итого		5,64	—

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
6) Промывка в холодной проточной воде	Промыть в холодной проточной воде	8.12	$0,25 \cdot 16=4,0$	—
7) Электролитическое травление на аноде в основной ванне	Загрузить и выгрузить детали из ванны	8.11	—	$0,19 \cdot 16=3,04$
	Выдержать детали в ванне	8.6	—	3,00
	Итого		—	7,04
8) Промывка в холодной проточной воде	Промыть в холодной проточной воде	8.12	—	$0,25 \cdot 16=4,0$
9) Обработка (очистка) на аноде в 30%-ном растворе серной кислоты	Загрузить и выгрузить детали из ванны	8.11	—	$0,19 \cdot 16=3,04$
	Выдержать детали в ванне	8.6	—	0,40
	Итого		—	3,08
10) Промывка в, холодной проточной воде	Промыть в холодной проточной воде	8.12	—	$0,25 \cdot 16=4,0$
11) Промывка и подогрев в горячей воде 50–60 °С	Промыть в горячей воде 50–60 °С	8.12	—	$0,25 \cdot 16=4,0$
	Выдержать детали в ванне	8.6	—	0,40
	Итого			4,04
12) Нанесение слоя металла	Загрузить и выгрузить детали из ванны	8.11	—	$0,19 \cdot 16=3,04$
	Выдержать в ванне без тока	8.6	—	0,40
	Включить ток и постепенно увеличить плотность тока до расчетной величины	8.6	—	5,0
	Итого		—	8,54
13) Нанести металл			—	(56,00)
14) Промывка в холодной проточной соде	Промыть в холодной проточной воде	8.12	—	$0,25 \cdot 16=4,0$
15) Промывка в горячей воде 80—90 °С	Промыть в горячей воде 80—90 °С	8.12	—	$0,25 \cdot 16=4,0$
16) Нейтрализация в 10%-ном растворе соды	Загрузить и выгрузить детали из ванны	8.11	$0,19 \cdot 16=3,04$	—
	Выдержать детали в ванне	8.6	(10,00)	—
	Итого		3,04	—

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
17) Промывка в горячей воде 80–90 °С		8.12	$0,25 \cdot 16=4,0$	—
18) Сушка в сушильном шкафу	Загрузить детали в шкаф	8.14	$0,27 \cdot 16= 4,32$	—
	Выдержать детали в шкафу	8.6	(10,00)	—
	Выгрузить детали из шкафа	8.14	$0,16 \cdot 16+2,56=5,12$	—
	Итого		9,44	—
19) Демонтаж с подвески	Нагрузить и разгрузить тележку с деталями	8.9	$0,15 \cdot 16=2,40$	—
	Переместить детали на расстояние 5 м	8.8	$0,1+13 \cdot 16=2,18$	—
	Демонтировать детали с подвески; время учтено при монтаже на подвеску	8.8	—	—
	Итого		4,58	—
20) Снятие изоляции		8.19 пр. 3.	$5.28 \cdot 0,8 =4,32$	—
21) Транспортирование деталей в кладовую	Нагрузить и разгрузить тележку с деталями	8.9	$0,15 \cdot 16=2,4$	—
	Переместить детали на расстояние 10 м	8.8	$0,2+25 \cdot 16=4,2$	—
	Итого		6,60	—
Всего			70,08	38,42

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

*Методические указания
к лабораторным работам*

Составители: **Огрызков** Сергей Витальевич,
Кияшко Лариса Александровна, **Чуйко** Иван Юрьевич

В авторской редакции

Изд. № 19/2025. Объем 6,75 п.л. Усл. печ. л. 6,28. Уч. изд. л. 6,615.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»