

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Пособие

для студентов специальности 6-05-0715-07

«Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» профилизации «Техническая эксплуатация
автомобилей и автосервис»

*Второе издание,
исправленное и дополненное*

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2024

УДК 629.33.02.083.5:658.51 (075.8)

ББК 30.83я73

Л172

С о с т а в и т е л и:

В. А. Лойко, К. В. Буйкус

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технологии и организация технического сервиса»
УО «БГАТУ»

(зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент *В. Е. Тарасенко*);
ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт порошковой
металлургии им. академика О. В. Романа» НАН Беларуси
канд. техн. наук, доцент *А. И. Шевцов*

Л172 Восстановительные технологии: пособие для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» профилизации «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис» / сост.: В. А. Лойко, К. В. Буйкус. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : БНТУ, 2024. – 67 с.
ISBN 978-985-31-0091-4.

В пособии даны теоретический и практический материалы для проведения практических занятий по восстановительным технологиям. Приведены содержание, последовательность и методика расчета основных показателей при выборе способа, технологических режимов операций восстановления и норм времени, порядок выполнения практических работ.

Пособие предназначено для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» профилизации «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис» и может быть рекомендовано магистрантам, аспирантам технических вузов, специалистам предприятий технического сервиса и инженерно-техническим работникам.

УДК 629.33.02.083.5:658.51 (075.8)

ББК 30.83я73

ISBN 978-985-31-0091-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1. Разработка вариантов маршрутов восстановления и маршрутного технологического процесса	5
Практическая работа № 2. Обоснование и выбор способа восстановления детали	12
Практическая работа № 3. Разработка ремонтного чертежа	21
Практическая работа № 4. Техническое нормирование технологических операций наплавки и напыления	32
Практическая работа № 5. Техническое нормирование технологических операций нанесения гальванических покрытий	43
Практическая работа № 6. Техническое нормирование технологических операций механической обработки	49
Практическая работа № 7. Разработка планировки и организация рабочих мест	57
Практическая работа № 8. Расчет себестоимости восстановления детали	62
Литература	67

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологические процессы технической эксплуатации, ремонта и восстановления деталей и наличие высококвалифицированных кадров обуславливают научно-технический прогресс в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автомобилей.

Мобильность автомобильного транспорта делает его необходимым и приоритетным в условиях Беларуси, а обеспечение работоспособности и увеличение срока службы автомобилей – важнейшими задачами в области технической эксплуатации и восстановления деталей. Производство запчастей является весьма затратным по материально-энергетическим и производственным ресурсам, в то время как восстановление изношенных деталей способствует ресурсосбережению и сохранению экологии.

Настоящее пособие содержит теоретический и методический материалы для проведения практических занятий по восстановительным технологиям. Приведены содержание, порядок выполнения практических работ, даны последовательность и методика расчета основных показателей при выборе способа, технологических режимов операций восстановления и норм времени. В ходе выполнения практических работ студенты закрепляют и углубляют теоретические знания и получают практические навыки по технологиям восстановления деталей автомобилей.

В каждой работе предусматриваются:

- тема занятия;
- цель работы;
- основные положения и сведения с методическими выкладками;
- порядок выполнения работы;

В объем самостоятельной работы перед занятием входит подготовка исходных данных, расчетных формул, эскизов, таблиц для очередной работы, проработка конспектов и настоящего пособия, соответствующей дополнительной литературы. Объем и порядок самостоятельной работы студентов устанавливает преподаватель на предыдущем занятии. В зависимости от конкретных условий могут быть приняты и другие организационные решения проведения работ.

Практическая работа № 1

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ МАРШРУТОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы

1. Дать характеристику детали, разработать технические требования на ее дефектацию.
2. Приобрести практические навыки по формированию маршрутов восстановления и разработке маршрутного технологического процесса.

Основные положения

Характеристика детали и технические требования на ее дефектацию. Общие сведения о детали получают из ее рабочего чертежа, и они включают в себя: эскиз детали с указанием мест расположения дефектов; основные размеры детали; материал и твердость основных поверхностей. Возможные дефекты детали выявляют на основе опыта эксплуатации и ремонта автомобилей (агрегатов), а также в результате специальных научно-исследовательских работ.

При рекомендации способов устранения дефектов опираются на богатый опыт, накопленный отечественными и зарубежными ремонтными предприятиями, и на рекомендации по рациональному их выбору. Характеристика детали включает:

- наименование и номер детали по каталогу;
- назначение детали, ее конструктивные особенности и местонахождение в узле;
- марку материала детали и номер стандарта;
- химический состав и механические свойства материала детали;
- вид термической обработки подлежащих восстановлению поверхностей, глубину обработки и твердость;
- возможность обработки материала детали резанием, давлением, сваркой или иными методами;
- габаритные размеры: длину, диаметр (ширину и высоту), массу детали.

Эти данные имеются в руководствах по капитальному ремонту агрегатов автомобилей, рабочих чертежах деталей, учебниках по устройству автомобилей.

Исходным документом для разработки технологического процесса восстановления детали является «Карта технических требований на дефектацию детали» (табл. 1.1), в которой приводятся чертеж, общие сведения о детали, перечень возможных ее дефектов, способы их выявления, номинальные и допустимые без ремонта размеры отдельных поверхностей и рекомендуемые способы устранения дефектов.

Таблица 1.1

Форма карты технических требований на дефектацию детали

Карта технических требований на дефектацию детали						
Деталь (сборочная единица)						
Эскиз детали				Номер детали (сборочной единицы):		
				Материал:		
				Твердость:		
Позиция на эскизе	Возможные дефекты	Коэффициент повторяемости дефекта	Способ установления дефекта и средства контроля	Размер, мм		Заключение (с указанием возможных способов восстановления или браковать)
				по рабочему чертежу	допустимый без ремонта	
10	28	10	35	25	25	42

В результате контроля детали должны быть разделены на три группы: годные детали, характер и износ которых находятся в пределах, допускаемых техническими условиями (детали этой группы используются без ремонта); детали, подлежащие восстановлению, дефекты которых могут быть устранены освоенными на ремонтном предприятии способами; негодные детали. Результаты сортировки деталей учитываются в дефектовочных ведомостях, которые являются исходным справочным материалом (информацией) для определения или корректирования коэффициентов годности ($K_{Г}$), сменности ($K_{С}$) и восстановления ($K_{В}$), а их анализ служит основанием

для принятия решений по планированию, организации материально-технического снабжения и т. д. Коэффициент восстановления (K_B) характеризует часть деталей одного наименования, которые необходимо восстанавливать:

$$K_B = \frac{N_B}{N},$$

где N_B – число деталей, пригодных для восстановления.

$$N_\Gamma + N_H + N_B = N,$$

$$K_\Gamma + K_C + K_B = 1,$$

где N_Γ , N_H , N_B – количество годных, подлежащих замене на новые и пригодных для восстановления деталей в партии.

Обработка информации, отраженной в дефектовочных ведомостях, позволит определить маршрутные коэффициенты восстановления деталей, так как:

$$N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_i + \dots + N_N = N_B;$$

$$K_{B1} + K_{B2} + K_{B3} + \dots + K_{Bi} + \dots + K_{BN} = K_B;$$

$$K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_i + \dots + K_N = K_B;$$

$$K_i = \frac{N_i}{N_B} + \frac{N_i}{K_{BN}} = \frac{K_{Bi}}{K_B},$$

где N_i – число восстанавливаемых деталей одного наименования по i -му маршруту;

$$K_{Bi} = \frac{N_i}{N};$$

K_i – маршрутный коэффициент для i -го процесса восстановления деталей одного наименования;

i – номер маршрута восстановления данной детали ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

Технические требования на дефектацию деталей изложены в виде карт (табл. 1.1), в которых по каждой детали приводят следующие сведения: общие сведения о детали; перечень возможных ее дефектов; способы выявления дефектов; допустимые без ремонта размеры детали и рекомендуемые способы устранения дефектов.

Для полного представления о дефектах детали, точности восстанавливаемых поверхностей, а также определения способов восстановления выполняется ремонтный чертеж, в который входит «Таблица дефектов детали».

Под *маршрутной* понимается технология, составленная на комплекс дефектов с учетом строгой последовательности выполнения технологических операций при кратчайшем движении детали по цехам и участкам.

При разработке маршрутов восстановления детали необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- сочетание дефектов в каждом маршруте должно быть действительным и базироваться на результатах исследования закономерностей появления дефектов данной детали;

- маршрут должен предусматривать технологическую взаимосвязь сочетаний дефектов со способами восстановления, ибо выбор рационального способа восстановления детали зависит от сочетания дефектов;

- количество маршрутов восстановления детали должно быть минимальным (не более пяти), так как большое количество маршрутов затрудняет производственный процесс, усложняет технологическую документацию и производственный учет. Уменьшение количества маршрутов может быть достигнуто путем объединения вариантов сочетаний, отличающихся между собой наличием незначительных по трудоемкости дефектов; включением в состав маршрута восстановления взаимосвязанных соосных поверхностей; включением во все рекомендуемые маршруты операций, обеспечивающих повышение качества восстановления деталей (правка погнутости, калибровка резьбы, зачистка заусенцев и др.);

- количество маршрутов восстановления детали должно быть экономически целесообразным и учитывать технологическую необходимость восстановления отдельных поверхностей.

По результатам разработки данного вопроса составляется карта, характеризующая содержание маршрутов восстановления детали (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Форма таблицы маршрутов восстановления

Номер маршрута	Номера дефектов, входящих в маршрут	Наименование дефектов, входящих в состав маршрута	Маршрутный коэффициент восстановления
1			
2			
3			

При разработке технологического процесса восстановления детали необходимо:

- произвести анализ возможных способов восстановления детали по каждому из дефектов, входящих в данный маршрут, и выбрать рациональные способы;
- по каждой операции подобрать необходимое оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент;
- определить техническую норму времени на выполнение основных операций;
- технологический процесс восстановления детали представить в виде карты (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Форма карты технологического процесса восстановления детали

Наименование детали:						
Материал детали:						
Твердость рабочих поверхностей:						
Суммарное время восстановления:						
Наименование дефектов и операционный эскиз	Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологическая оснастка	Режущий и измерительный инструмент	Профессия и разряд рабочего	Штучное время, мин
120	15	195	70	60	30	30

Порядок выполнения работы

1. По заданной преподавателем детали провести анализ конструкции, условий ее работы в сборочной единице и выявить возможные дефекты и места их расположения.

2. Используя рабочий чертеж детали и справочную литературу, проанализировать материал, термообработку и твердость рабочих поверхностей.

3. Разработать карту дефектации по форме, приведенной в табл. 1.1.

4. Составить маршруты восстановления по форме табл. 1.2.

5. Предложить несколько вариантов технологии восстановления детали для маршрута, включающего наиболее вероятное сочетание дефектов по форме табл. 1.3.

№ 017/13-017-01

Технологический процесс восстановления

Наименование детали: кожух полуоси ведущего моста
 Материал детали: Сталь 40Х ГОСТ 1050-60
 Твердость рабочих поверхностей НРС 28-37
 Суммарное время восстановления: 100,5 мин.

Наименование дефектов и эскизы	Наименование и содержание операций	Оборудование	Технологическая оснастка	Режущий и измерительный инструмент	Профессия и разряд работы	Штучное время, мин
	Нормализация.	Печь сопротивления Теракс-НО-2.5.3.8.2.0/1280	Твердомер Роквелла 20...70 НРС ГОСТ 23677-79	Термист 4	1,2	
	Токарная 1.Проточить резьбовой конец кожука до 82мм по всей длине 2.Проточить посадочную шейку до 90мм, шейку под подшипник до 89мм	Токарно-винторезный станок 16К20	Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	Проходной резец П15К6. ГОСТ 18869-95 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	Токарь 2	2,68
	Наплавляющая Зачистить шлицы до металлического блеска 1.Наплавить шлицевые зубья до толщины 8 мм 2.Наплавить резьбовой конец кожука до 88мм 3.Наплавить посадочную шейку до 94мм, шейку под подшипник до 93мм.	Переоборудованный токарный станок с пониженной частотой вращения шпинделя	Головка для вибродуговой наплавки А-580М Выпрямитель ВС-300	Пилынка ПЛХГГА Штамповщик ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	Сварщик, 4	62,7
	Токарная 1.Проточить резьбовой конец кожука до 85 мм по всей длине 2.Проточить шлицевую поверхность до 90 мм 3.Нарезать резьбу М8х2	Токарно-винторезный станок 16К20	Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	Проходной резец П15К6. ГОСТ 18869-95 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	Токарь 2	10,35
	Шлифрезерная 1. Фрезеровать впадины шлицевых зубьев с поворотом головки на следующий зуб, выдержав полный профиль заготовленный шлицев, толщину зуба по делительной окружности 7,23 мм	Консольно-фрезерный широкоуниверсальный 6Т82Ш	Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89	Фреза дисковая модульная ГОСТ 28527-90	Фрезеровщик 3	10,66
	Термообработка ТВЧ 1.Калилть шлицы, посадочную шейку и шейку под подшипник	Установка ТВЧ	Индуктор ПЦ-135 Центра ГОСТ 13214-79	Термометр Рокавелла 20...70 НРС ГОСТ 23677-79	Термист 4	1,6
	Шлифовальная Шлифовать шейку в номинальные размеры: шейку под подшипник до 90 мм посадочную шейку до 91 мм	Станок конглошлифовальный 3А423	Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	Круг 940С1-С2Х ПП600х 63х305 24А40ПС16К 50мс тпл А, МК 25-50	шлифовальщик 3	9,3
	Контрольная Произвести контроль восстанавливаемых поверхностей	Стоп контроллера	Подставка, ГОСТ 311.211.41-83	Микрометр 25...50 ГОСТ 6507-78 Калибр-кольца на размер 3; 5 и 6 мм	Контролер 3	2,0

Рис. 1.1. Пример выполнения карты технологического процесса восстановления
кожуха полуоси автомобиля МАЗ

Практическая работа № 2

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Цель работы

Приобрести практические навыки выбора оптимального технологического процесса восстановления деталей.

Основные положения

Обоснование и выбор возможных способов восстановления проводится с использованием рекомендаций (табл. 2.1–2.3). Для удобства пользования табл. 2.2 технологическим процессам восстановления присвоены цифры-коды:

- 1 – наплавка под слоем флюса + шлифование;
- 2 – наплавка под слоем флюса + точение, закалка ТВЧ и шлифование;
- 3 – вибродуговая наплавка в среде жидкости + шлифование;
- 4 – наплавка в углекислом газе + точение, закалка ТВЧ и шлифование;
- 5 – хромирование ванное в универсальном электролите + шлифование;
- 6 – железнение ванное на постоянном токе + шлифование;
- 7 – железнение ванное на переменном токе + шлифование;
- 8 – железнение проточное безванное на переменном токе + шлифование;
- 9 – электромеханическая обработка;
- 10 – механическая обработка (кроме способа ремонтных размеров);
- 11 – клеевые композиции.

Выбрав конкурирующие способы и их удельные показатели, необходимо проанализировать их и найти наиболее эффективный вариант восстановления детали. Исходя из конструктивно-технологических свойств детали, с учетом характеристик (формы, размеров, толщины покрытия, твердости поверхности, усталостной прочности, характера нагрузок), выбирают из табл. 2.1 и 2.2 три наиболее

подходящих способа устранения дефектов, а из табл. 2.2 и 2.3 – удельные показатели технического уровня технологии, экономической эффективности и технического уровня детали после восстановления на 1 дм² поверхности; удельные энергозатраты W ; расход материалов на восстановление единицы поверхности Q , кг; показатель использования площади (отношение производственной площади технологического комплекта оборудования к производительности труда процесса нанесения материала при данном способе восстановления) β ; трудоемкость T ; себестоимость восстановления C ; относительная долговечность α .

Для анализа и определения интегрального показателя эффективности составляют таблицу по форме табл. 2.4.

Относительный удельный показатель i -го способа рассчитывается по формуле

$$\gamma_i = \frac{W_i}{\Sigma W} + \frac{Q_i}{\Sigma Q} + \frac{\beta_i}{\Sigma \beta} + \frac{T_i}{\Sigma T} + \frac{C_i}{\Sigma C}, \quad (2.1)$$

где W_i , Q_i , β_i , T_i , C_i – значения удельных показателей i -го способа восстановления;

ΣW , ΣQ , $\Sigma \beta$, ΣT , ΣC – сумма значений одноименных удельных показателей всех возможных способов восстановления.

Интегральный показатель i -го способа определяется по формуле:

$$I_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i}. \quad (2.2)$$

где γ_i – относительный удельный показатель i -го способа;

α_i – относительная долговечность детали, восстановленной i -м способом.

Аналогично рассчитываются и остальные показатели восстановления детали по выбранному варианту.

После этого составляется маршрут восстановления детали выбранным способом (наименование и содержание операций, технологические режимы, используемое оборудование и материалы).

Таблица 2.1

Характеристика способов восстановления деталей

Показатели	Сварка ручная			Наплавка механизированная				Газотермическое напыление				Электроискровое литьевое		Электролитические покрытия		Клеевые композиции		Электромеханическое выскачивание		Пластическое деформирование		Обработка под ремонтный размер		Посадка в готовую деталь		
	электродуговая	газовая	аргонодуговая	в среде CO ₂	под слоем флюса	вибродуговая	в среде пара	газоплазменное	дуговое напыление	плазменное напыление			хромирование	остативание												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19								
Восстановление размера и посадки	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да	Ограничено	да	нет	Ограничено				
Коэффициент износостойкости	0,70	0,70	0,70	0,72	0,91	1,0	0,90	1,2	1,1	1,3	1,3	1,67	0,91	—	1,1	1,0	0,95	0,9								
Коэффициент выносливости	0,60	0,70	0,70	0,90	0,87	0,62	0,75	0,9	1,0	0,9	0,9	0,97	0,82	—	1,0	0,90	0,90	0,90								
Коэффициент спеления	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,8	1,0	0,82	0,65	—	1,0	1,0	1,0	1,0								
Коэффициент долговечности	0,42	0,49	0,49	0,63	0,79	0,62	0,69	0,85	0,82	0,85	0,8	1,72	0,58	—	1,1	0,9	0,86	0,81								

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Технико-экономические характеристики																		
Толщина покрытия, мм	5	3	4	2-3	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	0,5-1,0	0,3	0,5	5	0,2	2	0,2	5
Расход материалов, кг/м ²	48	38	36	30	38	31	31	30	32	30	30	21,2	23,3	47,5	–	3,5	2,5	78
Трудоёмкость восстановления, чел.-ч/м ²	60	72	56	28	30	32	28	34	29	31	35	54,6	18,6	30	9,0	36,2	16,7	148
Энергоёмкость восстановления, кВт-ч	580	80	520	256	286	234	234	100	250	350	220	324	121	–	188	126	97	129
Производительность процесса, м ² /ч	0,016	0,014	0,018	0,036	0,033	0,031	0,036	1,1	1,5	1,3	0,03	0,018	0,054	–	0,112	0,028	0,06	0,007
Площадь оборудования, м ²	1,7	1,8	3,0	13,6	13,6	11,2	13,6	15	16	16	10	15,2	15,2	3,0	3,0	11,7	11,0	4,0
Масса оборудования, т	0,7	0,6	0,8	7,5	7,5	6,4	7,5	7,5	7,5	8,0	5,2	4,4	4,4	1,8	2,5	7,5	6,0	2,8

Таблица 2.2

**Удельные показатели способов восстановления деталей
по классам и группам деталей**

Класс детали и возможные способы ее восстановления	Группа	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относи- тельная долго- веч- ность, α		
		W, кВт·ч	Q, кг	β ₂ , м ²	T, чел.-ч	C _в , у.е.			
1	2	3	4	5	6	7	8		
Класс I. Корпусные детали									
Железнение (8) Механич. обработка (10)	Картеры мостов и редукторов, блоки ци- линдров, картеры редукторов	3,1 2,6	0,2 2,4	6,5 4,4	0,41 0,34	0,7 0,8	0,91 0,90		
Полимерн. композиции (11)		0,2	0,1	0,2	0,18	0,3	—		
Железнение (8) Механич. обработка (10) Полимерн. композиции(11)	Картеры коробок передач	4,4 2,7 0,2	0,2 3,8 0,1	4,1 4,5 0,2	0,64 0,51 0,16	1,1 1,0 0,3	0,91 0,90 —		
Железнение (8) Механич. обработка (11) Полимерн. композиции (11)		Корпуса насосов, подшип- ников	4,0 2,6 0,2	0,2 4,1 0,1	3,4 4,4 0,2	0,74 0,34 0,32	1,2 4,0 0,4	0,90 0,90 —	
Класс II. Полые цилиндры (втулки)									
Наплавка вибродуговая (3) Наплавка в среде газа (4) Хромирование (5) Железнение (6) Механич. обработка (10) Наплавка под флюсом (1) Наплавка под флюсом (2) Наплавка вибродуговая (3) Наплавка в среде газа (4) Хромирование (5) Железнение (6) Механич. обработка (10) Наплавка вибродуговая (3) Наплавка в среде СО ₂ (4) Хромирование (5) Железнение (7) Железнение проточное (8) Механич. обработка (10)	Ступицы колес, бара- баны тор- мозные	1,8 4,3 6,9 15 2,1	0,1 0,1 0,3 0,2 3,1	3,0 1,7 48,4 4,5 3,4	0,29 0,33 1,29 0,28 0,27	0,5 0,6 2,2 0,5 0,6	0,98 0,80 1,66 0,91 0,90		
		Чашки диффе- ренциала	2,7 4,7 1,9 4,4 6,0 1,9 2,7	0,4 0,4 0,1 0,1 0,2 0,2 3,0	3,0 3,4 4,7 2,8 49,1 10,6 4,4	0,47 0,56 0,47 0,53 1,49 0,56 0,35	0,9 1,0 0,8 1,0 2,4 0,9 0,9	0,91 0,91 0,98 0,80 1,66 0,91 0,90	
			Гильзы цилиндров, стаканы подшип- ников	1,8 4,3 5,7 1,4 3,5 3,0	0,1 0,1 0,2 0,2 0,2 3,2	3,1 1,8 39,3 3,4 10,8 5,1	0,30 0,34 1,12 0,27 0,50 0,40	0,6 0,7 1,9 0,5 0,8 1,0	0,98 0,80 1,66 0,91 0,91 0,90

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Класс III. Круглые стержни (валы)							
Наплавка под флюсом (2)	Полуоси	2,8	0,4	2,7	0,41	0,8	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		2,1	0,1	3,0	0,40	0,7	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	2,0	0,39	0,7	0,80
Хромирование ванное (5)		8,3	0,3	65,2	1,75	2,9	1,66
Железнение ванное (7)		1,8	0,2	9,6	0,46	0,8	0,91
Наплавка под флюсом (1)	Валы коленчатые	2,2	0,5	1,8	0,37	0,7	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		1,7	0,1	3,0	0,44	0,8	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,1	0,1	1,5	0,35	0,7	0,80
Хромирование ванное (5)		5,6	0,2	28,4	0,97	1,5	1,66
Железнение (7)		1,1	0,2	3,0	0,29	0,5	0,91
Механич. обработка (10)		0,5	0,1	1,1	0,10	0,4	0,90
Наплавка под флюсом (1)	Валы с шестер- нями	2,8	0,4	3,4	0,51	0,9	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		2,1	0,1	4,5	0,56	1,0	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	2,6	0,54	1,0	0,80
Железнение (7)		1,4	0,2	4,9	0,46	0,8	0,91
Электромеханическая обра- ботка (9)		2,0	0	4,8	0,46	0,8	1,10
Наплавка под флюсом (1)	Валы шлицевые	2,3	0,4	2,9	0,44	0,8	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		2,1	0,1	4,1	0,47	0,9	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	2,5	0,46	0,9	0,80
Хромирование (5)		5,0	0,2	47,6	1,44	2,4	1,66
Железнение (6)		1,5	0,2	5,7	0,41	0,7	0,91
Электромеханическая обра- ботка (9)		1,3	0	2,6	0,25	0,4	1,10
Наплавка вибродуговая (3)	Оси, штанги	2,2	0,1	3,4	0,44	0,8	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,4	0,1	2,4	0,43	0,8	0,80
Хромирование (5)		6,1	0,2	42,3	1,26	2,1	1,66
Железнение (6)		1,4	0,1	3,8	0,35	0,6	0,91
Хромирование ванное (5)	Клапаны, толкатели	5,4	0,2	45,0	1,44	2,4	1,66
Железнение (7)		1,4	0,1	3,3	0,44	0,7	0,91
Механич. обработка (10)		0,9	0,2	1,2	0,08	0,4	0,90
Класс IV. Диски							
Наплавка под флюсом (1)	Шестерни, маховики, диски	2,6	0,4	3,2	0,46	0,8	0,91
Наплавка под флюсом (2)		4,8	0,4	3,6	0,53	1,0	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		2,1	0,1	4,2	0,47	0,8	0,96
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	2,4	0,47	0,8	0,80
Хромирование (5)		11,6	0,2	100,0	2,77	4,3	1,66
Железнение ванное (7)		2,0	0,2	14,7	0,61	1,0	0,91

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Наплавка под флюсом (1)	Фланцы, шкивы, крыльчатки	2,6	0,4	3,2	0,46	0,8	0,91
Наплавка под флюсом (2)		4,7	0,4	3,6	0,57	1,0	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		1,9	0,1	4,6	0,44	0,7	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	2,7	0,51	0,9	0,80
Хромирование ванное (5)		8,6	0,4	30,9	2,22	3,6	1,66
Железнение ванное (6)		1,6	0,3	6,3	0,45	0,7	0,91
Железнение (7)		1,5	0,2	5,5	0,40	0,7	0,91
Класс V. Некруглые стержни (рычаги)							
Железнение (7)	Штанги, рычаги,	0,4	0,2	3,5	0,16	0,3	0,91
Механич. обработка (10)	шатуны, сошки, тяги, вилки	1,7	2,0	2,6	0,33	0,8	0,90
Класс VI. Кронштейны, крышки							
Механич. обработка (10)	Крышки картера, подшипни- ков, насосов, шестерен, кронштей- ны колодок	2,6	6,6	4,4	0,34	1,3	0,90
Класс VII. Негруппирующиеся детали, требующие спец. оснастки							
Наплавка под флюсом (1)	Лонжероны, балки, ко- лодки, опо- ры, кулаки поворотные, упоры	2,8	0,4	2,6	0,40	0,7	0,91
Наплавка вибродуговая (3)		1,8	0,1	3,4	0,34	0,6	0,98
Наплавка в среде CO ₂ (4)		4,3	0,1	1,9	0,38	0,7	0,80
Хромирование ванное (5)		6,3	0,2	49,0	1,38	2,3	1,66
Железнение (6)		1,5	0,2	4,6	0,33	0,6	0,91
Электромеханическая обработка (9)		1,3	0	2,6	0,25	0,4	1,10

Таблица 2.3

Удельные показатели способов восстановления

Способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относи- тельная долговеч- ность, α_i
	W , кВт·ч	Q , кг	β_2 , м ²	T , чел.-ч	C , у.е.	
1	2	3	4	5	6	7
Газопламенное напыление:						
– проволокой	0,98	0,17	2	0,034	1,7	0,8
– порошком	0,67	0,16	2	0,023	4	0,8

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7
Газопламенное сверхзвуковое напыление	0,7	0,18	5	0,018	9	0,8
Дуговое напыление	0,3	0,18	1,8	0,015	1,26	0,8
Гиперзвуковое напыление	0,3	0,17	5,4	0,085	1,7	0,8
Плазменное напыление	1,25	0,18	6	0,025	5,04	0,8
Плазменное сверхзвуковое напыление	1,3	0,18	10	0,03	7,2	0,8
Газопламенная наплавка	0,47	0,17	0,25	0,34	0,34	0,8
Газодинамическое напыление	0,02	0,07	3	0,014	1,3	0,8
Электроискровая обработка	0,45	0,2	1,5	0,07	3,5	0,8
Гальваническое натирание	3,1	0,2	6,5	0,41	0,7	0,8

Таблица 2.4

Таблица для расчета эффективности способов восстановления

Возможные способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Удельный показатель i -го способа, γ_i	Долговечность i -го способа, α_i	Интегральный показатель i -го способа, I_i
	W , кВт·ч	Q , кг	β , м ²	T , чел.-ч	C , у.е.			
Способ № 1	W_1	Q_1	β_1	T_1	C_1	γ_1	α_1	I_1
Способ № 2	W_2	Q_2	β_2	T_2	C_2	γ_2	α_2	I_2
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Способ № n	W_n	Q_n	β_n	T_n	C_n	γ_n	α_n	I_n
Сумма значений	ΣW_n	ΣQ_n	$\Sigma \beta_n$	ΣT_n	ΣC_n	—	—	—

Изменяющееся соотношение затрат на материалы, энергию и работную плату и появление новых технических решений требуют периодического пересмотра результатов оптимизации.

Оптимальным способом восстановления детали будет тот, интегральный показатель которого имеет минимальное значение.

По известным размерам детали и дефекта определяют абсолютные значения показателей энергоемкости, материалоемкости, капиталоемкости, трудоемкости и себестоимости восстановления по выбранному техпроцессу восстановления детали (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Абсолютные значения показателей
способа восстановления детали

Показатели способа восстановления	Значение показателя
1. Расход электроэнергии, кВт-ч	
2. Расход материалов, кг	
3. Площадь для размещения необходимого комплекта оборудования, м ²	
4. Трудоемкость восстановления, чел.-ч	
5. Себестоимость восстановления детали, у.е.	

Например, для определения расхода электроэнергии используем формулу:

$$W = W_i S, \quad (2.3)$$

где W – расход электроэнергии на восстановление детали, кВт-ч;

W_i – удельный расход электроэнергии на единицу площади, кВт-ч/дм²;

S – площадь восстанавливаемой поверхности, дм².

Аналогично рассчитывают и остальные показатели восстановления детали по выбранному варианту.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать из табл. 2.1, 2.2 не менее 3–4 способов, допустимых с точки зрения конструктивных особенностей и технических требований к детали, устранения дефектов по заданию преподавателя.

2. Заполнить графы исходных данных для расчета эффективности способов восстановления в табл. 2.4, используя данные табл. 2.1, 2.2, 2.3.

3. Обосновать расчетом выбор способов устранения двух-трех дефектов из выбранного маршрута восстановления.

4. Заполнить графы рассчитанных интегральных показателей по каждому из сравниваемых способов восстановления в табл. 2.4.

5. Рассчитать абсолютные значения показателей энергоемкости, материалоемкости, капиталоемкости, трудоемкости и себестоимости восстановления выбранного способа восстановления детали и внести в табл. 2.5.

6. Обосновать последовательность и содержание технологических операций и переходов восстановления детали.

Практическая работа № 3

РАЗРАБОТКА РЕМОНТНОГО ЧЕРТЕЖА

Цель работы

Закрепить теоретические знания и получить практические навыки по разработке технологического маршрута восстановления детали и оформлению ее ремонтного чертежа.

Основные положения

Процесс разработки ремонтного чертежа состоит из разработки технологии восстановления детали и ее оформления в ремонтном чертеже.

Разработка технологии восстановления детали осуществляется путем последовательного выполнения следующих этапов:

- анализа конструкции, условий работы и дефектов детали;
- обоснования условий, при которых деталь не принимается на восстановление;
- обоснования способов устранения дефектов и восстановления детали;
- выбора технологических баз, схем и средств базирования на основных операциях механической обработки;
- составления технологического маршрута восстановления детали.

Анализ конструкции, условий работы и дефектов детали.

На основе анализа конструкции, условий работы и дефектов детали формируются исходные данные для разработки технологического процесса.

Для анализа используют информацию следующих источников:

- рабочего чертежа детали;
- результатов дефектации детали;
- руководств по капитальному ремонту или технических требований на капитальный ремонт машины;
- технического описания и инструкции (руководства) по эксплуатации машины.

На первом этапе разработки технологического процесса восстановления детали определяются конструктивно-технологические особенности детали, условия ее работы, анализируются дефекты, наличие и состояние технологических баз, смежных поверхностей.

Конструктивно-технологические особенности детали характеризуются: геометрической формой; размерами, материалом; точностью и качеством обрабатываемых поверхностей; твердостью материала, видом термической обработки; наличием упрочняющих покрытий.

При анализе дефектов необходимо рассмотреть виды изнашивания дефектных поверхностей, величины их износа.

Обоснование условий, при которых деталь не принимается на восстановление. Деталь не принимается на восстановление, когда восстановление детали технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Обоснование способов устранения дефектов и восстановления деталей. Как отмечалось ранее, способ устранения дефекта, способ восстановления обосновывается в результате последовательного использования трех ранее указанных критериев: применимости (технического), долговечности, технико-экономической эффективности.

Применимость способов восстановления поверхности определяется в следующей последовательности:

- на основании величины износа выбираются способы, обеспечивающие восстановление размеров, нанесение требуемой толщины покрытия;
- рассматриваются возможности практического осуществления каждого из выбранных способов исходя из технологических свойств материала детали (свариваемость, деформируемость и т. д.), особенностей конструкции детали и технических возможностей оборудования;

– определяется возможность получения требуемых физико-механических свойств (твёрдости) восстанавливаемой поверхности;

– оценивается влияние операций нанесения покрытий на физико-механические свойства и состояние смежных поверхностей (последствия нагрева до высоких температур).

С помощью критерия долговечности, численно определяемого коэффициентом долговечности K_d , из числа способов, отвечающих критерию применимости, выбирают способы, которые обеспечат межремонтный срок службы детали.

Для деталей, восстанавливаемые поверхности которых в процессе работы испытывают динамические и знакопеременные нагрузки, коэффициент долговечности K_d принимается равным значению того коэффициента (K_n , K_v или $K_{сн}$), который имеет наименьшую величину, а при отсутствии динамических или знакопеременных нагрузок значение коэффициента долговечности K_d принимается равным значению коэффициента износостойкости.

Коэффициент долговечности должен быть не ниже 0,8 ($K_d \geq 0,8$). Если требуемому значению коэффициента долговечности для данной поверхности удовлетворяют несколько способов восстановления, оптимальный из них выбирают по технико-экономическому критерию, равному отношению себестоимости восстановления C_v к коэффициенту долговечности K_d .

Выбирают тот способ, который обеспечивает минимальное значение технико-экономического критерия K_T .

Выбор технологических баз, схем и средств базирования.

Точность обработки при восстановлении детали зависит от правильного выбора технологических баз, который требует четкого представления о функциональном назначении поверхностей детали, размерной взаимосвязи между ними, их состоянии.

Технологическими базами называются поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, используемые для определения положения детали в процессе обработки.

Технологические базы обрабатываются с высокой точностью. При их выборе руководствуются следующими требованиями:

- при наличии используются базы завода-изготовителя;
- по возможности совмещаются технологические и конструкторские базы;

– точность изготовления базовых поверхностей должна быть не ниже точности изготовления восстанавливаемых поверхностей;

– базовые поверхности обрабатываются или изготавливаются в первую очередь после восстановления формы и целостности детали;

– поверхности, для которых необходимо обеспечить точность относительного положения (соосность, перпендикулярность, параллельность осей), обрабатываются с одной установки;

– принятая технологическая база должна по возможности применяться на всех операциях технологического процесса, а если это невозможно, то за следующую базу необходимо принимать обработанную поверхность детали, размерно связанную с обрабатываемой.

В зависимости от конфигурации детали, характера и величины износа поверхностей, рекомендуются следующие схемы базирования:

– деталь базируется по сохранившейся базе, используемой при ее изготовлении;

– деталь базируется по неизношенным точно изготовленным поверхностям;

– деталь первоначально базируется по мало- или неизношенным поверхностям для правки существующих или изготовления новых технологических баз, с последующим базированием по ним.

Основными базовыми поверхностями являются фаски центровых отверстий валов, привалочные плоскости и технологические отверстия корпусных деталей.

Центровые отверстия изготавливаются по ГОСТ 14034-74.

Пример обозначения на ремонтном чертеже центрального отверстия формы В диаметром 4 мм: Отв. центр. В4 ГОСТ 14034.

Диаметр центрального отверстия зависит от диаметра шейки вала и массы детали и бывает следующих наиболее распространенных размеров, мм: 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10.

Детали устанавливают и базируют на операциях с помощью следующих средств: патронов самоцентрирующихся трехкулачковых (ГОСТ 2675); патронов токарных поводковых (ГОСТ 2571, 2572); оправок (ГОСТ 16211, 16212, 16213, 18438, 18439, 18440); тисков станочных (ГОСТ 14904); центров станочных вращающихся (ГОСТ 8742); центров станочных упорных (ГОСТ 13214); хомутиков поводковых для токарных и фрезерных работ (ГОСТ 2578); хомутиков поводковых для шлифовальных работ (ГОСТ 16488).

Средства базирования графически обозначаются в технологических документах по ГОСТ 3.1107.

Составление технологического маршрута восстановления детали. При разработке технологического маршрута определяют последовательность выполнения технологических операций.

Технологический маршрут описывается действиями с указанием поверхностей, номеров дефектов и основных исполнительных размеров. Образец описания технологического маршрута восстановления детали: править фаски центровых отверстий; заварить шпоночный паз (Деф. 2); править вал; шлифовать поверхность (Деф. 1) до Ø 49,6 мм; приварить ленту электроконтактным способом на поверхность (Деф. 1) до Ø 50,4 мм; точить фаску 2×45° и проточку; и т. д.

Оформление ремонтного чертежа. Ремонтные чертежи разрабатывают в дополнение к ремонтным документам по ГОСТ 2.602 или как самостоятельные документы.

Ремонтными считаются чертежи, предназначенные для: ремонта (восстановления) изделий (деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов); сборки (монтажа) и контроля отремонтированных изделий; изготовления дополнительных (новых) деталей (сборочных единиц) с ремонтными размерами.

Для простых изделий допускается разрабатывать ремонтные чертежи вместо руководства по ремонту и (или) технических условий на ремонт.

Общие требования к ремонтному чертежу. Требования к ремонтным чертежам приведены в ГОСТ 2.604 «Чертежи ремонтные. Общие требования».

Согласно этим требованиям на поле чертежа в определенных местах располагают изображение восстанавливаемой детали или сборочной единицы, таблицу дефектов, указывают условия и дефекты, при наличии которых деталь бракуют, рекомендуемый технологический маршрут восстановления, таблицу категорийных ремонтных размеров (если есть ремонтные размеры), технические требования на восстановление, схемы базирования детали (по решению разработчиков и при наличии свободного поля чертежа).

На схеме (рис. 3.1) показаны места расположения информации составляющих ремонтного чертежа. Ремонтные чертежи оформляют на листах формата А3, при курсовом проектировании – А1. Пример оформления ремонтного чертежа приведен на рис. 3.4.

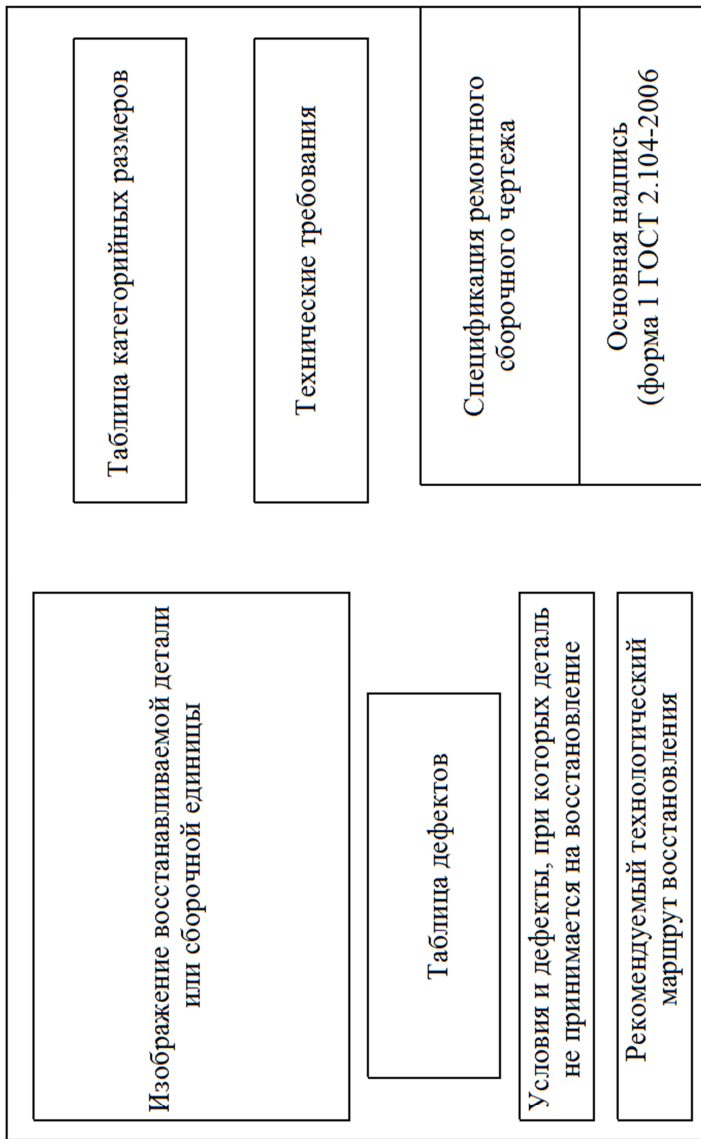


Рис. 3.1. Структурная схема оформления ремонтного чертежа

Оформление изображения восстанавливаемой детали. Изображение восстанавливаемой детали на чертеже имеет свои особенности.

Деталь на ремонтном чертеже показывается в состоянии после восстановления.

Поверхности, подлежащие восстановлению или обработке, выполняют основной сплошной линией, остальную часть изображения – сплошной тонкой линией (в два-три раза тоньше).

На чертеже дефектные места нумеруют (Деф. 1, Деф. 2 и т. п.).

Указания по восстановлению таких деталей приводят на ремонтном чертеже с добавлением отдельных изображений, поясняющих технологию восстановления.

Размер цифр номеров дефектов, позиций, буквенных обозначений должен быть в полтора раза больше чисел, указывающих размеры детали.

На чертежах указывают только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные (шероховатости, допустимые погрешности взаимного расположения осей, поверхностей и т. д.), которые должны быть получены и проверены в процессе восстановления детали или сборки изделия.

На ремонтных чертежах категорийные (ремонтные) и пригоночные размеры, а также размеры изделия, ремонтируемого снятием минимально необходимого слоя материала, проставляют буквенными обозначениями (для гладких цилиндрических поверхностей – D , D_1 , D_2 , для резьбовых поверхностей – d , d_1 , d_2 , для охватывающих и охватываемых плоских поверхностей – B , B_1 , B_2 и т. д.), а их числовые значения и другие данные указывают на полках линий-выносок (рис. 3.2) или в таблице (рис. 3.3).



Рис. 3.2. Буквенное обозначение обрабатываемых или восстанавливаемых поверхностей и указание их числовых значений на полке линии-выноски

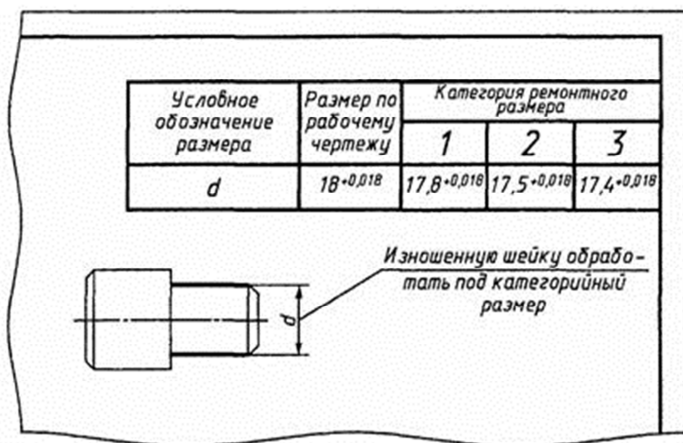


Рис. 3.3. Буквенное обозначение обрабатываемых или восстанавливаемых поверхностей и указание их числовых значений в таблице

Размеры, не контролируемые при восстановлении детали, но необходимые для расчета норм времени на выполнение операций технологического процесса, выбора оборудования и других целей, проставляют в виде справочных размеров.

На чертеже детали, восстанавливаемой применением ДРД (постановкой втулки, спиральной вставки, свертыша и т. д.), выполняется изображение подготовки соответствующего участка детали.

Если при восстановлении детали удаляют изношенную часть и заменяют ее новой, то удаляемую часть изображают тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками.

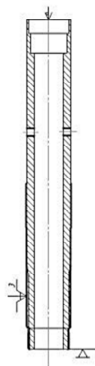
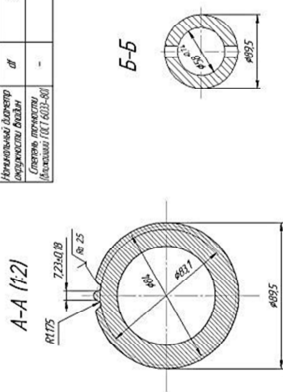
Оформление таблицы дефектов. Таблица дефектов, форма которой приведена на ремонтном чертеже (см. рис. 3.4), несет информацию, характеризующую дефекты и способы их устранения.

Размеры граф таблицы не регламентируются. Они определяются объемом текстового материала и наличием свободного поля чертежа.

Номера дефектов в таблице должны соответствовать нумерации дефектных мест на изображении детали (сборочной единицы).

В графе «Наименование дефекта» приводится характеристика дефектов, по которым деталь, согласно техническим требованиям, подлежит восстановлению.

Параметры и/или числовые значения параметров	D	895
Нормальный диаметр шпала	z	24
Число шпал	a	37,80
Число опор	m	15
Шаг		
Диаметр деловой части шпала	d	84
Нормальный диаметр деловой части шпала	d'	83,1
Число точек	-	9
Шаг между точками		



1. 28...37HRC
2. Неуказанные предельные отклонения размеров h_{14} , IT/2
3. Допускается не устранять дефекты, величины которых не выходят за пределы значений, указанных в таблице дефектов.
4. Установленные технические требования по ГОСТ 70.0001.026-87

Рис. 3.4. Пример выполнения ремонтного чертежа

№ п/п	Наименование дефекта	Классифицирующая подкатегория дефекта	Основной способ устранения дефекта	Дополнительный способ устранения дефекта
2	Иные швы срост разрыв	0,45	Восстановление целостности поверхности сварочным швом	Нарисовать ремонтный вариант
3, 4	Иные швы под подшивкой бр срост разрыв 89,52мм, послойный сдвиг менее 50,10мм	0,4	Восстановление целостности шваровочным швом	Жидкое
5	Иные швы швы по толщине	0,5	Восстановление шва сварочным швом	Нанести под слой флюса

Ко́жух не принимается на восстановление при обломах или трещинах, проходящих через послойные поверхности ко́жуха полусоси.

При этом указывают характер дефекта (износ, повреждение резьбы и т. д.) и допустимое значение параметра, контролируемого при дефектации детали (допустимый размер, овальность и др.).

Значение параметра принимается из технических требований на дефектацию детали.

Графа «Коэффициент повторяемости дефекта» при отсутствии данных не заполняется. Значение этого коэффициента определяется с учетом количества восстанавливаемых деталей и общего их количества (поступивших на дефектацию).

В графах «Основной способ устранения дефекта» и «Допускаемый способ устранения дефекта» кратко излагают описание операций, которые должны быть выполнены для устранения дефекта.

При описании операций включают сведения о применяемых материалах (электроде, припое, флюсе, защитных средах, полимерных материалах и т. д.) и указывают номер стандарта на материал. Основным является способ, применение которого обеспечивает достижение наиболее высокого ресурса детали после восстановления при наименьших затратах.

Обоснование оптимального способа устранения дефекта рассмотрено в практической работе № 2.

Под таблицей дефектов указывают дефекты и условия, при которых деталь не принимается на восстановление.

Ниже дается описание технологического маршрута восстановления, которое включает наименование или краткое содержание операций технологического процесса в последовательности их выполнения с указанием в скобках номеров дефектов, устраняемых при выполнении данной операции (см. рис. 3.4).

Оформление технических требований. Правила оформления технических требований регламентированы ГОСТ 2.316 «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц».

Технические требования излагают с учетом правил нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру в такой последовательности:

1. Требования, предъявляемые к материалу восстанавливаемой детали и его свойствам, термической обработке.
2. Предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей.

3. Требования к качеству поверхностей (отделке, покрытию и т. д.), зазоры, расположение отдельных элементов конструкции.

4. Условия и методы испытания, особые условия эксплуатации, ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

5. Указания о маркировании и клеймении.

6. Правила транспортирования и хранения.

7. Особые условия эксплуатации.

В требованиях, предъявляемых к материалу и его свойствам, должны быть отражены данные о твердости, наличии пор, раковин и т. д.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый новый пункт записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишется. Текст размещают над штампом чертежа в виде колонки, ширина которой не более 185 мм.

Схемы базирования детали. По решению разработчика приводятся схемы базирования детали при выполнении основных операций технологического процесса.

Схемы наносят на свободном поле чертежа согласно принятым графическим обозначениям опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107 «Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения».

Обозначение ремонтного чертежа. Обозначение ремонтного чертежа детали (сборочной единицы) получают добавлением к их маркировке буквы «Р» (ремонтный) или «РСБ» (ремонтный сборочный чертеж).

Порядок выполнения работы

1. Проанализировать дефекты и обосновать условия, при которых деталь не принимается на восстановление.

2. Выбрать технологические базы, схемы и средства базирования на основных операциях механической обработки.

3. Разработать ремонтный чертеж, руководствуясь настоящим пособием (пример выполнения на рис. 3.4).

Практическая работа № 4

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ

Цель работы

1. Изучить методику расчета режимов восстановления деталей.
2. Получить практические навыки расчета технологических норм времени.
3. Результаты расчета внести в маршрутную карту технологического процесса.

Основные положения

Техническая норма времени на восстановление детали зависит от конкретных организационно-технических условий, определяемых типом производства – массового, серийного или единичного. При массовом, средне- и крупносерийном производстве применяются более совершенные технологии, высокопроизводительное оборудование, операции повторяются более часто, чем при мелкосерийном и единичном производстве, поэтому требуются более жесткие и точные технические нормы времени. Но при этом необходимы и большие затраты на нормирование работ, которые при другой серийности производства не всегда могут быть экономически оправданы. Поэтому метод определения норм времени зависит от масштаба производства.

В крупносерийном и массовом производстве техническая норма времени определяется аналитически-исследовательским методом, в серийном производстве норма времени рассчитывается по более укрупненным комплексам приемов и работ (по типовым операциям).

При аналитически-расчетном методе нормирование технологических операций осуществляется с заранее составленными в технологических лабораториях нормативными данными по режимам выполняемых работ и хронометражными исследованиями типовых приемов на подготовительно-заключительные и вспомогательные работы.

По каждой операции определяются: режимы выполнения технологических переходов путем расчета и с использованием норматив-

но-технических документов (таблиц, карт); рассчитывается основное время выполнения операции на основании режимов ее выполнения по всем переходам; по нормативам определяются подготовительно-заключительное время и время на снятие и установку детали; в процентном отношении от основного определяется вспомогательное время, связанное с переходом. Суммированием по всем переходам основного и вспомогательного времени определяют оперативное время выполнения технологической операции. Время обслуживания рабочего места определяется в процентном отношении от оперативного.

Штучное время на операцию определяют путем сложения итогов по основному, вспомогательному времени и времени обслуживания рабочего места. Схема определения технической нормы времени представлена на рис. 4.1.

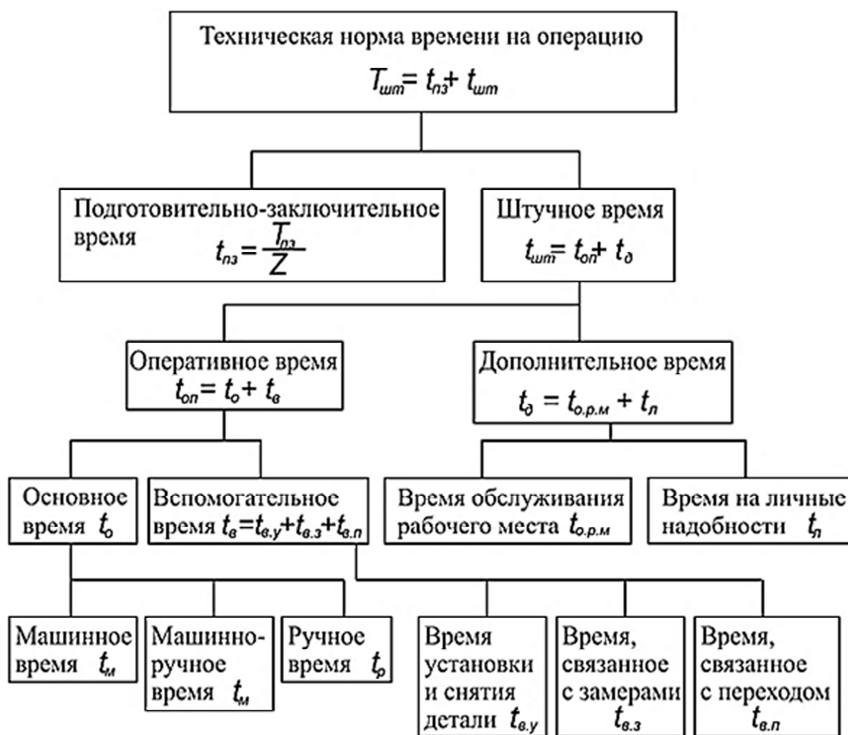


Рис. 4.1. Схема определения технической нормы времени по операциям технологического процесса

Исходной информацией для выполнения расчетов служит величина толщины слоя, наносимого на изношенные поверхности материала (покрытия):

$$h = \frac{U}{2} + z_1 + z_2, \quad (4.1)$$

где h – толщина покрытия, мм;

U – износ детали, мм;

z_1 – припуск на обработку перед покрытием, мм (ориентировочно 0,05–0,3 мм на сторону);

z_2 – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм (на сторону), табл. 4.1.

Таблица 4.1

Припуск на механическую обработку после нанесения покрытий

Способ получения покрытия	Припуск на сторону, мм
Ручная дуговая наплавка	1,4–1,7
Дуговая наплавка под слоем флюса	0,8–1,1
Наплавка в среде углекислого газа. Вибродуговая наплавка	0,6–0,8
Плазменная наплавка. Аргонно-дуговая наплавка	0,4–0,6
Электроконтактная наплавка, газотермическое напыление	0,2–0,5
Железнение	0,1–0,2
Хромирование	0,05–0,1

Нормирование дуговой наплавки

Величину силы тока при ручной дуговой сварке (наплавке), A , рассчитывают по формуле:

$$I = \pi d_s^2 \frac{D_I}{4}, \quad (4.2)$$

где D_I – плотность тока, A/mm^2 ;

d_s – диаметр электрода, мм.

Для ручных электросварочных работ используют электроды с универсальной и качественной обмазкой в зависимости от свариваемости металлов. Диаметр электрода подбирается в зависимости от толщины свариваемого (наплавляемого) металла и ширины валика шва $d_s \approx (0,8-1,1)h$. Используются прямая и обратная полярности, плавящийся и неплавящийся электроды.

Напряжение дуги $U_d = 22-28$ В.

Количество наплавленного металла, г:

$$g_n = \alpha_n I t, \quad (4.3)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч; $\alpha_n = 8,5-11$ г/А·ч;

t – время горения дуги, ч.

Расход электродов, кг, определяют по формуле:

$$G = g_n k_s, \quad (4.4)$$

где k_s – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла, $k_s = 1,4-1,7$.

Основное время при выполнении ручной дуговой и автоматической сварки и наплавки:

$$T_o = \frac{0,06FL\gamma k_n}{\alpha_n I} \cdot k_c, \quad (4.5)$$

где $F = hs$ – площадь поперечного сечения шва (валика), мм²;

L – длина шва, мм;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см³;

k_n – коэффициент разбрызгивания металла ($k_n = 0,9$);

k_c – коэффициент, учитывающий сложность работы: $k_c = 1,5$ при ручной наплавке цилиндрических деталей диаметром 40–50 мм и сварке на горизонтальной плоскости снизу; $k_c = 1,3$ при ручной наплавке цилиндрических деталей диаметром более 50 мм и сварке на вертикальной плоскости.

Примечание. В расчетных формулах используются общепринятые обозначения параметров и величин, поэтому в дальнейшем приводится расшифровка впервые используемых символов или тех, которые изменили свои численные значения.

Для механизированных способов наплавки (полуавтоматической сварки и наплавки) диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от *толщины* наплавляемого материала и технических возможностей наплавочного аппарата (головки). При наплавке автомобильных деталей применяют проволоку диаметром 1,0–2,5 мм.

Основными параметрами режимов механизированных способов наплавки, позволяющими определить технические нормы времени, являются сила тока (I , А), скорость подачи электродной проволоки ($V_{пр}$, м/мин), скорость наплавки (V_n , м/мин) и шаг наплавки (s , мм/об).

Для качественного сплавления и перемешивания основного и присадочного материалов необходимо обеспечить согласованность скорости подачи электродной проволоки со скоростью образования сварочной ванны, т. е. согласовать с коэффициентом наплавки α_n (г/А·ч). Опытным путем были установлены эмпирические зависимости и предложены расчетные формулы для определения режимов для основных видов механизированной наплавки: наплавки под слоем флюса, наплавки в среде CO_2 и вибродуговой.

Силу сварочного тока можно определить, используя зависимости плотности тока D_I и коэффициента наплавки α_n от выбранного диаметра электрода, представленные на рис. 4.2.

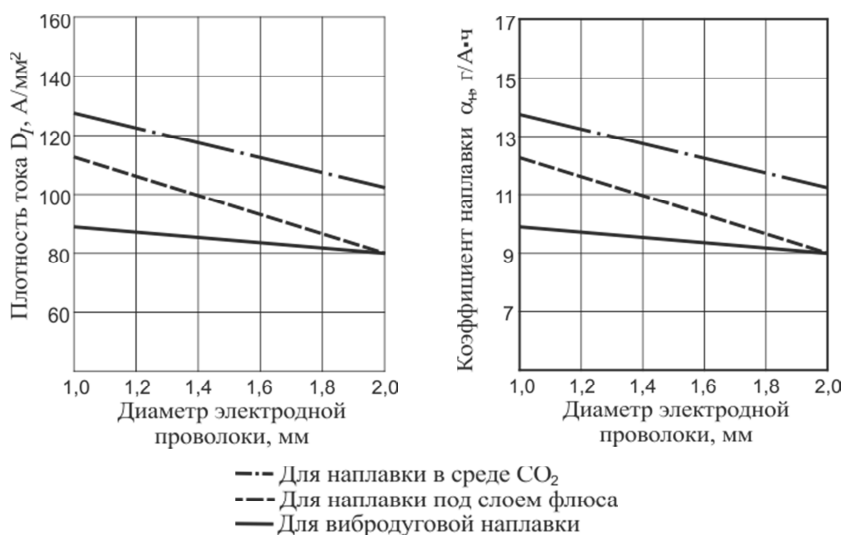


Рис. 4.2. Зависимость плотности тока и коэффициента наплавки от диаметра электродной проволоки

Силу тока (I , А) определяют приближенно по формуле:

$$I = 0,785d_3 D_I. \quad (4.6)$$

Масса расплавленного металла, г/мин:

$$G_{p.m} = \frac{I \alpha_n}{60}. \quad (4.7)$$

Объем расплавленного металла, см³/мин:

$$Q_{p.m} = \frac{G_{p.m}}{\gamma}. \quad (4.8)$$

При установившемся процессе объем расплавленного металла:

$$Q_{p.m} = 0,785d_3^2 V_{пр}. \quad (4.9)$$

Скорость подачи электродной проволоки, м/мин:

$$V_{пр} = \frac{Q_{p.m}}{0,758d_3^2}. \quad (4.10)$$

Объем расплавленного металла $Q_{p.m}$ переносится на наплавляемую поверхность.

Объем наплавленного металла, см³/мин:

$$Q_{н.м} = h s V_n, \quad (4.11)$$

где h – толщина наплавленного слоя, мм;

s – подача на один оборот детали (шаг наплавки), мм/об;

V_n – скорость наплавки, м/мин.

Но так как $Q_{p.m} = Q_{н.м}$, то $0,758d_3^2 V_{пр} = h s V_n$.

Однако необходимо учесть, что не весь расплавленный металл переносится на наплавляемую поверхность и объем наплавленного

металла будет нанесен равномерно. Тогда с учетом сказанного последнее равенство примет вид:

$$0,758d_3^2V_{\text{пр}}K = \frac{hsV_{\text{н}}}{a}, \quad (4.12)$$

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

a – коэффициент неполноты наплавляемого слоя.

Значения коэффициентов K и a приводятся в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значение 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	0,96–0,985
Наплавка в среде CO_2	0,82–0,90	0,88–0,96

Скорость наплавки, м/мин:

$$V_{\text{н}} = \frac{0,785d_3^2V_{\text{пр}}Ka}{hs}. \quad (4.13)$$

Частота вращения, об/мин:

$$n = \frac{1000V_{\text{н}}}{\pi D}, \quad (4.14)$$

где D – диаметр наплавляемой детали, мм.

Подача или шаг наплавки s определяется экспериментально, т. к. часто от нее зависят механические характеристики наплавленного слоя. Ориентировочно $s = (1,2\text{--}2,0)d_3$.

Исходя из режима наплавки, можно определить основное (машинное) время:

– для наплавки тел вращения

$$T_o = \frac{L}{ns} i; \quad (4.15)$$

– для наплавки шлиц продольным способом

$$T_o = \frac{L}{V_n} i, \quad (4.16)$$

где L – длина наплавки, мм;

i – количество слоев (проходов наплавки).

При продольной наплавке шлицев выключают вращение шпинделя станка и сохраняют подачу сварочной головки вдоль наплавляемого изделия. В этом случае подача является скоростью наплавки. Подготовительно-заключительное время принимается по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Подготовительно-заключительное время
при автоматической наплавке

Элементы работы	Время, мин
Установка детали в центрах или цанговом патроне с затяжкой гайкой	9
То же, в самоцентрирующем патроне или на планшайбе с креплением болтами и планками	10
То же, на планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	15
Установка подачи суппорта	1,0
Смещение задней бабки для наплавки конуса	3,0
Установка силы тока на трансформаторах	0,8
Установка скорости наплавки рукояткой коробки скоростей	0,1
Установка скорости подачи электродной проволоки:	
а) заменой подающего ролика	1,3
б) перестановкой сменных шестерен	4,2
в) рукояткой коробки передач	0,1
Ручная заправка кассеты электродной проволокой массой, кг:	
а) 8–12	5,4
б) 18–20	7,2

Вспомогательное время на установку и снятие детали принимается по табл. 4.4.

Таблица 4.4

Вспомогательное время на установку, крепление и снятие детали

Способ установки	Масса детали, кг							
	1-3	3-5	5-8	8-10	12-20	20-30	30-50	50-80
	Время, мин							
В трехкулачковом патроне с ручным зажимом без выверки	0,29	0,34	0,38	0,46	0,56	2,0	2,2	2,5
То же, с выверкой по мелку	0,54	0,64	0,72	0,84	1,02	3,0	3,2	3,5
В трехкулачковом патроне с ручным зажимом с поджатием центром задней бабки	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	2,0	2,2	2,5
В цанговом патроне, крепление рукояткой рычага	0,18	—	—	—	—	—	—	—
То же, ключом	0,23	—	—	—	—	—	—	—
В центрах с надеванием хомутика	0,30	0,34	0,40	0,48	0,59	2,3	2,4	2,9
То же, без надевания хомутика	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34	2,0	2,1	2,3
На планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	0,37	0,43	0,47	0,51	0,60	2,0	2,1	2,3

Вспомогательное время, связанное с переходом (с длиной свариваемого шва), принимается для вибродуговой наплавки и в среде углекислого газа 0,7 мин, а для подфлюсовой наплавки 1,4 мин на 1 пог. м шва (валика). Время на один поворот детали (при подфлюсовой продольной наплавке шлицев) и установку мундштука сварочной головки – 0,46 мин. Время на обслуживание рабочего места принимается равным 11–15 % от оперативного.

Нормирование напыления материалов

Техническая норма времени для газотермического напыления материалов определяется исходя из производительности аппаратов в зависимости от используемого энергоносителя. Различают: дуговое, газопламенное, плазменное, высокочастотное и др. В ремонтной практике наибольшее распространение получили первые три.

Техническая норма времени на ручное напыление металлов:

$$t_{\text{шт}} = 1,08 \left(7,2 \frac{Fh\gamma}{10^3 gK_{\text{н}}} + t_{\text{оп2}} + t_{\text{оп3}} + t_{\text{в.2}} \right) + \frac{5}{Z}, \quad (4.17)$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личные надобности рабочего;

g – производительность металлизатора, кг/ч;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент напыления (табл. 4.5);

$t_{\text{оп2}}$ – оперативное время на осмотр и протирку поверхности перед напылением (табл. 4.6);

$t_{\text{оп3}}$ – оперативное время на обезжиривание поверхности растворителем перед покрытием (табл. 4.7);

$t_{\text{в.2}}$ – время на установку, поворот и снятие изделия (табл. 4.8);

5 – подготовительно-заключительное время на партию, мин;

Z – число деталей в партии.

Для обеспечения сцепляемости напыляемого материала с восстанавливаемой поверхностью выполняется дополнительная операция специальной подготовки поверхности (обработка дробью, нарезание рваной резьбы, накатывание, гидроабразивная обработка), или нанесение подслоя из сплавов алюминия и никеля.

Таблица 4.5

Зависимость коэффициента напыления $K_{\text{н}}$
от угла атаки газовой струи

Угол атаки	Напыляемый металл			
	Сталь	Цинк	Латунь	Алюминиевые сплавы
90°	0,78	0,72	0,65	0,82
60°	0,39	0,36	0,31	0,41

Таблица 4.6

Время на осмотр и протирку поверхности перед напылением

Площадь поверхности, см ²	До 20	20–30	30–50	50–80	80–120	120–200	200–300	300–500
$t_{\text{оп2}}$, мин	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,46	0,56	0,61

Таблица 4.7

Время на обезжиривание поверхности перед покрытием

Площадь поверхности, см ²	До 100	100–200	200–400	400–600	600–800	800–1000
$t_{\text{опз}}$, мин	0,2	0,9	1,4	1,6	1,9	2

Таблица 4.8

Вспомогательное время на установку, поворот и снятие изделия, мин

Элементы операции	Масса изделия, кг				
	До 5	5–10	10–15	15–20	20–200
Поднести, уложить, снять и отнести деталь:					
– работа на столе	0,24	0,39	0,49	0,53	2,70
– работа в приспособлении	0,35	0,58	0,71	0,78	2,70
Повернуть деталь	0,12	0,19	0,24	0,26	1,60

Нормирование электроискровой обработки (наплавки)

Наплавка проводится с заданной частотой вращения детали n и подачей электрода s , обеспечивающими взаимное перекрывание наплавляемых полос в поперечном и продольном направлении, которое характеризуется коэффициентами перекрытия в строке K_c и между строками K_m . Для обеспечения нормативной сплошности (70 %) и толщины покрытия принимают $K_c = K_m \approx 0,25$. Если величины смещения оси электрода относительно оси детали e , угловой скорости вращения электрода ω считать постоянными, то необходимая частота вращения детали будет равна:

$$n = \frac{K_c D}{2\pi R t_{\text{имп}}}, \quad (4.18)$$

где D – диаметр лунки, мм;

R – радиус детали, мм;

$t_{\text{имп}}$ – длительность одного импульса, мин.

Для обеспечения коэффициента перекрытия K_m продольная подача электрода на один оборот детали должна быть равна $s = K_m D$.

Основное время наплавки:

$$T = \frac{b}{ns}, \quad (4.19)$$

где b – ширина наплавляемой шейки, мм.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать (выбрать по справочным таблицам) технологические режимы операций процесса восстановления детали.
2. Выполнить нормирование технологических операций процесса восстановления детали.
3. Внести рассчитанные данные в технологическую карту восстановления детали.

Практическая работа № 5

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Цель работы

1. Изучить методику расчета режимов восстановления деталей.
2. Получить практические навыки расчета технологических норм времени.
3. Результаты расчета внести в маршрутную карту технологического процесса.

Основные положения

Теоретическое количество металла, выделившегося на катоде, определяется по формуле:

$$Q_T = CIt, \quad (5.1)$$

где C – электрохимический эквивалент выделяющегося на катоде вещества, г/А·ч (для хрома $C = 0,323$; для железа $C = 1,042$; для никеля $C = 1,095$);

I – сила тока, А;

t – продолжительность электролиза, ч.

Одновременно с осаждением металла на катоде выделяется водород и протекают другие побочные процессы, связанные с процессами электролиза, поэтому фактически масса осажденного металла будет меньше теоретически возможной. Отношение практически полученной величины выхода металла (Q_{Φ}) к расчетной (Q_T), выраженной в процентах, называется выходом по току (η):

$$\eta = \frac{Q_{\Phi}}{Q_T} \cdot 100 \%. \quad (5.2)$$

Продолжительность электролиза t , ч, определяется по формуле:

$$t = \frac{h\gamma 1000}{D_K \eta C}, \quad (5.3)$$

где γ – плотность осаждаемого металла, г/см³;

D_K – катодная плотность тока, А/дм²;

C – электрохимический эквивалент, г/А·ч;

η – выход металла по току, %.

Наибольшее распространение в ремонтном производстве получили процессы электролитического наращивания хрома, железа, никеля, меди и цинка. В ряде случаев применяется технология нанесения электролитическим путем некоторых износостойких сплавов (электролитических сплавов).

В ремонтной практике используют следующие схемы нанесения покрытий: «из ванны», «деталь-ванна», «в проточном электролите», «струйный метод», «электроконтактный метод (электронатирание)». Выбор и применение схемы нанесения покрытий, назначение режимов производятся исходя из конструктивных особенностей деталей и восстанавливаемых поверхностей. При назначении режимов нанесения покрытий соблюдается следующая последовательность: механические свойства покрытия (свойства восстанавливаемой поверхности) → электролит и его температура → катодная плотность тока.

На рис. 5.1 представлены схемы нанесения электрохимических покрытий, в табл. 5.1–5.4 приведена основная информация о применяемых электролитах и параметрах процессов.

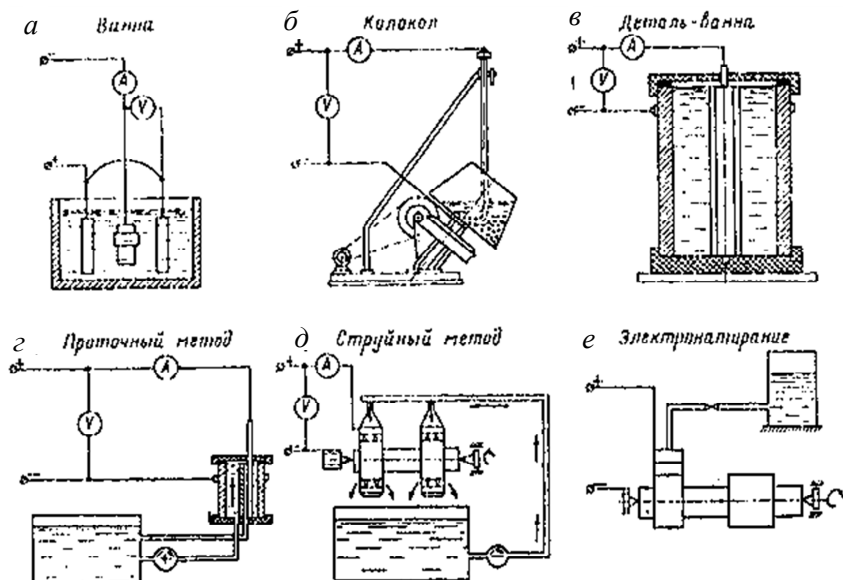


Рис. 5.1. Принципиальные схемы нанесения электрохимических покрытий на изношенные поверхности:

а – из ванны; б – из колокола; в – деталь-ванна; г – в проточном электролите; д – струйным методом; е – электроконтактным методом (электронатиранием)

Таблица 5.1

Характеристика электролитов и параметров хромирования

Электролиты	Компоненты, г/л			Режимы		Оценочные параметры		
	Хромовый ангидрид	Серная кислота	Прочие	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²	Выход по току, %	Твердость, кгс/мм ²	Скорость осаждения, мкм/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Универсальный	250	2,5	–	45–60	30–60	8–13	800–1000	30–70
Саморегулирующийся	225–300	–	Сернокислый стронций – 6 Кремнефтористый калий – 20	45–70	50–100	17–24	950–1100	60–120

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
То же	350	2,5	Сернокислый стронций – 1 Кремнефтористый калий – 2 Хромистый калий – 10	35–70	10–80	20	950– 1100	12–96
Тетрахро- матный	350– 400	2,4	Едкий натр – 60 Сахар – 1	17–28	40–80	30–35	500– 600	45–95
Саморе- гулирую- щийся тетрахро- матный	250	–	Едкий натр – 60 Сернокислый стронций – 6	16–20	15–30	25–35	400– 900	20–40
То же	400	–	Углекислый каль- ций – 60 Сернокислый каль- ций – 12 Окись магния – 1	18–25	60–120	25–35	1200– 1240	120– 240

Таблица 5.2

Характеристика электролитов и параметров железнения

Компоненты электролитов	Концент- рация, г/л	Режимы электролиза			Оценочные параметры		
		Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²	Вид тока	Выход по току, %	Скорость осаж- дения, мм/ч	Твердость, кгс/мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8
Хлористое железо Соляная кислота	680 0,8–1,5	95–100	10–80	Постоянный	86–90	0,2–0,5	135– 415
Хлористое железо Хлористый натрий Хлористый мар- ганец Соляная кислота	450 100 10 0,5–0,8	60–80	20–50	То же	86–90	0,2–0,5	440– 560

1	2	3	4	5	6	7	8
Хлористое железо	200						
Хлористый марганец	100	60–80	20–60	То же	86–90	0,2–0,5	330–590
Соляная кислота	0,8–1,0						
Хлористое железо	400						
Хлористый натрий	50			Переменный			
Хлористый марганец	60	18–25	30–50	Асимметричный	80–90	0,3–0,4	450–550
Соляная кислота	1						
Хлористое железо	200						
Йодистый калий	20–30						
Серная кислота	1	18–20	30–50	То же	75–85	1–1,2	630–650
Соляная кислота	0,35–0,5						

Таблица 5.3

Характеристика электролитов других металлов и параметры
для их нанесения

Электролиты	Компоненты электролитов	Концентрация, г/л	Режимы		Оценочные параметры			
			Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²	Частота вращения анода, об/мин	Выход по току, %	Толщина осадка, мм	Твердость осадка, кгс/мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цинковый	Сернокислый цинк	600	18–23	200	10	93	0,3–0,35	60–100
	Борная кислота	30						
Медный	Сернокислая медь	250	18–20	200–250	25–40	95	0,2–0,3	100–150
	Серная кислота	50						
	Хромовый ангидрид	5						
	Сернокислый аммоний	100						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Железо-цинковый	Сернокислый цинк	600	18–23	150–250	10	95	0,3–0,4	100–110
	Сернокислое железо	60						
	Борная кислота	30						
Алюмо-цинковый	Сернокислый цинк	600	18–23	180–220	10	93	–	50–60
	Сернокислый алюминий	30						
Электролит осталивания	Хлористое железо	700	18–23	250–280	15–20	–	–	165–200
	Соляная кислота	1,5						

Таблица 5.4

Время на обезжиривание поверхности перед покрытием

Площадь поверхности, см ²	До 100	100–200	200–400	400–600	600–800	800–1000
$t_{\text{онз}}$, мин	0,2	0,9	1,4	1,6	1,9	2

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать (выбрать по справочным таблицам) технологические режимы операций процесса восстановления детали.
2. Выполнить нормирование технологических операций процесса восстановления детали.
3. Внести рассчитанные данные в технологическую карту восстановления детали.

Практическая работа № 6

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы

Закрепить лекционный материал и приобрести практические навыки по нормированию работ по операциям разработанного технологического процесса.

Основные положения

Расчет основного (машинного) времени производится в следующей последовательности:

- 1) определяется припуск на обработку z , мм (см. разработанный технологический процесс);
- 2) устанавливается глубина резания t , мм;
- 3) в зависимости от глубины резания, характеристики материала и режущего инструмента по табл. 6.1–6.14 принимаются значения подачи S и стойкости инструмента T , определяется скорость резания V ;
- 4) определяется частота вращения шпинделя (детали при шлифовании), мин^{-1} :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (6.1)$$

где D – диаметр обработки (детали), мм;

- 5) рассчитанное значение n_p и подачи s уточняется по характеристике станка, и принимаются ближайшие меньшие паспортные значения;

- 6) по формулам (6.2)–(6.4) рассчитывается T_o .

Основное (машинное) время для всех видов лезвийной обработки определяется по формуле

$$T_o = \frac{Li}{nS}. \quad (6.2)$$

Для абразивной обработки используются следующие формулы:

– круглопродольное шлифование при поперечной подаче на каждый ход стола

$$T_o = \frac{Li}{n_d S_{\text{пр}}} k_3; \quad (6.3)$$

– то же при подаче на двойной ход стола

$$T_o = \frac{2L}{n_d S}, \quad (6.4)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега режущего инструмента (величина врезания и перебега определяется из таблиц), мм; $L = l + l_1 + l_2 + l_3$, где l , l_1 , l_2 , l_3 – соответственно длина обрабатываемой поверхности, длина врезания, длина подвода и перебега инструмента l_2 , $l_3 = 2\text{--}5$ мм;

i – число проходов;

n_d – частота вращения детали, мин^{-1} ;

S – подача в направлении обработки (главного движения), мм/об;

k_3 – коэффициент зачистных ходов (принимается в пределах 1,1–1,4 в зависимости от точности обработки; большее значение – для более высокой точности).

Таблица 6.1

Режимы чернового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	Твердость покрытия, HRC	Скорость резания V , м/с	Подача S , мм/об	Глубина резания t , мм	Средняя стойкость T , мин
ПЛ-АН171 (100X20P4C3Г2)	62	1,8	0,06	0,3	15
ПП-Нп-10X14Т	56	1,5	0,15	1,5	26
СНГН-55 (70Н30X15C4P3)	56	1,8	0,06	0,25	18
ПП-Нп-30X5Г2СМ	52	1,05	0,09	0,3	30
Нп-12X18Н9Т	35	1,2	0,15	1,0	–

Таблица 6.2

Режимы чистового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	Твердость покрытия, HRC	Скорость резания V , м/с	Подача S , мм/об	Глубина резания t , мм	Ra, мкм
ЦН-6 (08X17H8C6Г)	30–35	1,8–2,5	0,03–0,05	0,2	1,1–2,02
ЦН-12 (13X16H8M5C5Г4Б)	30–35	1,8–2,5	0,3–0,5	0,2	4,3–5,1
Нп-12X18H9Т	35	2,0	0,075	0,15	0,8
Нп-30ХГСА	48–52	1,5	0,07	0,1	0,3–0,8
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	52	1,6	0,075	0,15	0,63
ПП-Нп-10Х14Т	56	1,8	0,15	0,2	1,25
СНГН-55 (70H80X15C4P3)	56	2,4	0,075	0,1	1,25
ПЛ-АН101 (300X25M3H3Г2)	50–56	0,33–0,80	0,02–0,1	0,05–0,15	0,63–1,25
ПЛ-АН171 (100X20P4C3Г2)	62	2,2	0,06	0,1	0,63

Таблица 6.3

Ориентировочные скорости резания
при точении наплавленных покрытий

Материал режущего инструмента		Скорость резания V , м/мин			
		Твердость (HRC) наплавленных материалов типа А, В, С, D			
		30–40	40–50	50–60	60–65
Твердый сплав	ВК	15–17	11–15	7–11	5–7
	ТК	18–21	14–18	11–14	8–11
	ТТК	21–24	17–21	14–17	12–14
Безвольфрамовый твердый сплав		16–18	13–16	11–13	7–11
Керамика ВОК		30–33	27–30	27	21–24
ПСТМ, композиты	01	72–76	66–72	60–66	54–60
	05	78–84	72–78	66–72	60–66
	09	108–120	96–108	96	90
	10	108–120	96–108	90–96	81–90
	Киборит	108–120	96–108	90–96	81–90
	Томал-10	96–108	90–96	87–90	78–82

Таблица 6.4

Режимы точения деталей с покрытием ПГ-СР4

Операция	Состояние поверхности покрытия	Режимы резания		
		V , м/с	S , мм/об	t , мм
Точение	Корка	1,0–1,2	0,15	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,1	0,3–0,5
Подрезка торца	Корка	1,0–1,2	0,1	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,07	0,3–0,5

Таблица 6.5

Режимы резания поверхностей, восстановленных железнением

Материал инструмента	V , м/с	S , мм/об	t , мм	Ra, мкм
Твердые сплавы	0,6–0,7	0,2	0,15–0,2	1,25–2,5
Композиты 01, 10	1,4–2,0	0,02–0,085	0,1–0,3	0,4–0,6

Таблица 6.6

Режимы резания при фрезеровании наплавленных материалов

Наплавка	Торцовое фрезерование			Фрезерование шпоночных пазов			Фрезерование шлицевых пазов		
	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НП-Св08	2,0–2,5	0,05–0,2	1,0–2,0	1,5–1,8	0,15–0,18	3,0–5,0	0,5–0,6	0,08–0,1	3,0–5,0
	2,0–2,5	0,06–0,12	0,2–0,4	0,3–0,4	0,08–0,12				
Нп-У8А	1,8–2,4	0,05–0,2	1,0–2,0	1,2–1,6	0,15–0,18	3,0–5,0	0,4–0,5	0,06–0,08	3,0–5,0
	1,8–2,2	0,05–0,1	0,2–0,4	0,3–0,4	0,08–0,12				
Нп-30ХГСА	2,0–2,6	0,05–0,1	1,0–2,0	0,8–1,2	0,1–0,12	3,0–5,0	0,3–0,4	0,04–0,05	3,0–5,0
	1,5–2,0	0,04–0,08	0,2–0,4	0,2–0,3	0,05–0,1				

Окончание табл. 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	1,3–1,6	0,05–0,1	0,8–1,5	0,6–0,8	0,06–0,08	2,0–4,0	0,1–0,15	0,02–0,04	2,0–4,0
	1,1–1,3	0,02–0,04	0,1–0,3	0,15–0,2	0,02–0,04				
Нп-65Г	1,2–1,5	–	0,8–1,5	0,5–0,6	0,06–0,08	2,0–4,0	0,1–0,15	0,02–0,04	2,0–4,0
	1,0–1,2	0,02–0,03	0,08–0,2	0,13–0,15	0,02–0,04				

Примечания:

1. Режимы торцового фрезерования: числитель – черновая обработка фрезами из твердого сплава Т15К6; знаменатель – чистовая обработка фрезами из композита 10.
2. Режимы фрезерования шпоночных пазов: числитель – фрезы из твердого сплава Т15К6; знаменатель – фрезы из быстрорежущей стали Р18.
3. Режимы фрезерования шлицевых пазов фрезами из быстрорежущей стали Р18.

Таблица 6.7

Режимы сверления наплавленных покрытий сверлами из быстрорежущей стали Р18

Наплавленный материал	Диаметр сверления, мм					
	3–5		8–10		15–20	
	V , м/с	S , мм/об	V , м/с	S , мм/об	V , м/с	S , мм/об
Нп-Св08	0,55	0,1	0,6	0,13	0,65	0,18
НП-У8А	0,5	0,1	0,5	0,13	0,6	0,18
Нп-30ХГСА	0,45	0,08	0,45	0,11	0,5	0,15
Нп-30Х5Г2СМ	0,36	0,04	0,36	0,08	0,4	0,1
Нл-65Г	0,3	0,04	0,3	0,06	0,3	0,08

Таблица 6.8

Режимы круглого шлифования

Наружное шлифование с продольной подачей							
Диаметр шлифования, мм	Квалитет	Высота (ширина) круга, мм					
		До 32		Свыше 32 до 63		Свыше 63 до 80	
		v_{sp}	S_p	v_{sp}	S_p	v_{sp}	S_p
1	2	3	4	5	6	7	8
До 25	6	4,0	0,007	–	–	–	–
	7		0,008				
	8		0,010				

Окончание табл. 6.8

1	2	3	4	5	6	7	8
Свыше 25 до 63	6	2,7	0,006	5,2	0,005	7,4	0,004
	7		0,008		0,006		0,005
	8		0,010		0,007		0,006
Свыше 63 до 100	6	2,3	0,006	4,6	0,004	5,9	0,004
	7		0,007		0,005		0,005
	8		0,009		0,007		0,006
Наружное врезное шлифование							
Диаметр шлифования, мм	Квали- тет	Длина шлифования, мм					
		До 32		Свыше 32 до 63		Свыше 63 до 80	
		$v_{\text{ш}}$					
До 25	6	1,40		0,92		0,70	
	7	1,75		1,15		0,87	
	8	2,18		1,43		1,09	
Свыше 25 до 63	6	0,89		0,59		0,44	
	7	1,11		0,74		0,55	
	8	1,39		0,92		0,69	
Свыше 63 до 100	6	0,70		0,46		0,35	
	7	0,87		0,57		0,44	
	8	1,09		0,72		0,54	

Примечание: v_{soc} – скорость движения осевой подачи, м/мин; v_{sp} – скорость движения радиальной подачи, мм/мин; S_p – радиальная подача, мм/ход, мм/дв. ход; i – число проходов.

Таблица 6.9

Режимы плоского шлифования периферией круга из эльбора

Параметр	Для кругов на керамических связках	Для кругов на органических связках
Скорость шлифования, м/с	30–35	30–40
Скорость движения касательной подачи, м/мин	2–5	0,8–2
Осевая подача, мм/ход	0,5–1	0,3–0,6
Радиальная подача, мм/ход	0,02–0,03	0,003–0,015

Таблица 6.10

Режимы алмазного хонингования

Обрабатываемый материал	Вид хонингования	Скорость хонингования, м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин	Давление прижима брусков, МПа
Чугуны	Предварительное, черновое, получистовое	60–80	15–20	1,0–2,0
	Чистовое	50–70	10–15	0,6–1,0
	Полирование	40–60		0,4–0,6
Закаленные стали	Черновое, чистовое	40–50	6–10	1,0–1,5
	Полирование			0,4–0,8

Таблица 6.11

Режимы хонингования хромированных деталей алмазными брусками АСО (125/100-М20) М1-100 при $V_{в.п} = 6–10$ м/мин

Ra, мкм	Окружная скорость вращения головки, м/мин	p , Па	Расход СОЖ, л/мин
0,02–0,04	25–40	0,1–0,3	20–30
0,04–0,08		0,3–0,4	15–20
0,08–0,16		0,3–0,4	15–20
0,16–0,32		0,5–0,6	10–15
0,32–0,63		1,0–1,2	10–15

Таблица 6.12

Усилие обкатывания, кН

Диаметр вала, мм	Предел текучести обрабатываемого материала, МПа					
	200	250	320	400	500	630
≤ 100	3,8/7,5	4,8/9,5	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0
125	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0	15,0/30,0	19,0/38,0
160	9,5/19,0	12,0/14,0	10,0/24,0	19,0/38,0	24,0/48,0	30,0/60,0

Примечание: числитель – сила $1,5P_{-0,05}$; знаменатель – сила $3P_{-0,05}$, где $P_{-0,05}$ – сила, необходимая для создания наклепанного слоя толщиной 0,05 радиуса детали.

Таблица 6.13

Режимы выглаживания покрытий из электролитического хрома

Условия обработки	Значения
Сила выглаживания, Н	150–250
Продольная подача, мм/об	0,02–0,08
Скорость вращения детали, м/мин	10–100
Число рабочих ходов	1–2
Радиус алмазного выглаживателя, мм	2,5–3,3

Таблица 6.14

Режимы электро-механической обработки (ЭМО)
среднеуглеродистых конструкционных сталей

Режим	Сглажи- вающий инструмент	Сила тока, А	Ско- рость, м/мин	Усилие, Н	Число ходов	Шерохо- ватость Ra, мкм	Глубина упрочне- ния, мм
Чистовой	Пластина	350–450	80–130	300–500	1–2	0,63–0,16	0,02–0,03
Высокий		480–600	8–15	300–500	2–3	0,63–0,16	0,06–0,10
	Ролик	800–1200	8–10	400–700	1–2	2,50–0,63	0,15–0,30

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать (выбрать по справочным таблицам) технологические режимы операций процесса механической обработки детали.
2. Выполнить нормирование технологических операций процесса механической обработки детали.
3. По данным операций процесса механической обработки рассчитать основное время операции.
4. Внести рассчитанные данные в технологическую карту восстановления детали.

Практическая работа № 7

РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

Цель работы

1. Приобрести практические навыки расчета производственной программы и выбора средств технического оснащения.
2. Разработать табель (ведомость) средств технического оснащения.
3. Разработать планировочное решение в соответствии с индивидуальным заданием.

Основные положения

Расчет производственной программы и выбор средств технического оснащения рабочих мест. Производственная программа по восстановлению деталей определяется исходя из анализа разработанного технологического процесса. Для этого необходимо определить минимальную норму времени на выполнение основной операции (возможно суммирование рассчитанных норм времени аналогичных операций, выполняемых на одном оборудовании). Для операций, связанных с восстановлением резьбы и других повреждений в корпусных деталях, имеется специфика в организации рабочего места. Поэтому все предварительные и заключительные операции суммируются с временем на выполнение основной операции (подготовительные, слесарные, сварочные, наплавочные работы).

Производственная программа по восстановлению деталей:

$$N = \frac{60\Phi_{\text{д.о}}}{T_{\text{шт}}^{\text{min}}}, \quad (7.1)$$

где N – годовая производственная программа восстановления деталей, шт.;

$\Phi_{\text{д.о}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$T_{шт}^{\min}$ – минимальное время на основную технологическую операцию в разработанном технологическом процессе, мин.

Фонд времени $\Phi_{д.о}$ – это время в часах, в течение которого оборудование может работать при заданном режиме работы с учетом простоев в профилактическом обслуживании и ремонте:

$$\Phi_{д.о} = \left\{ \left[365 - (d_{в} + d_{п}) \right] \cdot t_{см} - t_{ск} d_{п} \right\} y \cdot \eta_o, \quad (7.2)$$

где $d_{в}$ – количество выходных дней в году;

$d_{п}$ – количество праздничных дней в году;

$t_{см}$ – средняя продолжительность рабочей смены, ч;

$t_{ск}$ – сокращение длительности смены в предпраздничные дни, ч ($t_{ск} = 1$);

y – количество смен работы;

η_o – коэффициент использования оборудования, $\eta_o = 0,95-0,98$.

Рассчитанная программа служит основанием для определения количества оборудования.

Количество металлорежущих станков, стандов, установок и другого оборудования:

$$X_i = \frac{t_{шти} N}{60 \Phi_{д.о} \eta_{з.о}}, \quad (7.3)$$

где X_i – количество оборудования i -го наименования, шт.;

$t_{шти}$ – норма времени на выполнение i -й операции, мин;

$\eta_{з.о}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для серийного производства $\eta_{з.о} = 0,75-0,85$).

Результаты расчета представляются в виде таблицы (табл. 7.1).

В графе «Примечание» может быть приведена дополнительная информация об изменении режима работы данного вида оборудования с целью максимальной его загрузки, более эффективного использования производственных площадей и трудовых ресурсов.

Таблица 7.1

**Количество оборудования по операциям технологического
процесса восстановления**

№ опе- ра- ций	Наиме- нова- ние опера- ции	Штуч- ное время, мин	Наименование оборудования (тип, модель)	Режим работы, смен	Количество оборудования, ед.		Коэф- фициент загрузки обору- дования	При- меча- ние
				Фонд вре- мени, ч	расчет- ное	при- нятое		
010	Сварка	18,8	Стенд-кантова- тель блока ци- линдров, модель 6601-13	$\frac{1}{2014}$	0,98	1,00	0,98	

Разработку организации рабочего места необходимо проводить в следующей последовательности.

1. Составить ведомость применяемого технологического оборудования, которая должна содержать модель и основные характеристики оборудования, потребляемую мощность двигателей, габаритные размеры (табл. 7.2).

Таблица 7.2

**Ведомость оборудования рабочего места по восстановлению
(наименование детали)**

Наименование оборудования	Модель, тип, харак- теристика	Коли- чество	Установлен- ная мощ- ность, кВт	Габаритные размеры в плане, мм	Занимаемая пло- щадь пола, м ²	
					единицы	общая
1	2	3	4	5	6	7

2. Рассчитать количество производственных рабочих, занятых в основном производстве. Оно определяется для каждого участка в зависимости от трудоемкости выполняемых работ и годовых фондов времени:

$$P_{\text{я}} = \frac{\sum t_{\text{шт}} N}{60 \Phi_{\text{н.р}}}, \quad (7.4)$$

где $\Phi_{\text{н.р}}$ – номинальный годовой фонд времени рабочего, учитывающий полное календарное время работы, ч:

$$\Phi_{\text{н.р}} = [365 - (d_{\text{в}} + d_{\text{п}})] t_{\text{см}} - t_{\text{ск}} d_{\text{п}}. \quad (7.5)$$

Площадь производственного помещения для реализации разрабатываемого технологического процесса восстановления деталей:

$$F = \sum f_{\text{об}} K, \quad (7.6)$$

где F – расчетная площадь помещения, м^2 ;

$\sum f_{\text{об}}$ – суммарная площадь, занимаемая оборудованием на полу, м^2 ;

K – коэффициент плотности расстановки оборудования, учитывающий зону действия исполнителей, проходы, проезды ($K = 3,0\text{--}4,5$).

3. В соответствии с маршрутом выполнения технологических операций, применяемого оборудования и оснастки, количеством оборудования по каждой операции и рекомендацией СНиП выполнить технологическую планировку рабочих мест по реализации технологического процесса.

На технологической планировке необходимо изобразить условными обозначениями план размещения оборудования, рабочих мест, потребителей энергоресурсов и другие необходимые коммуникации с учетом требований ГОСТов и нормативных документов. Расшифровка условных обозначений приводится на свободном месте выполненного чертежа.

На рис. 7.1–7.2 приведены варианты планировочных решений по организации рабочих мест восстановления деталей, которые могут быть использованы в качестве предполагаемого решения.

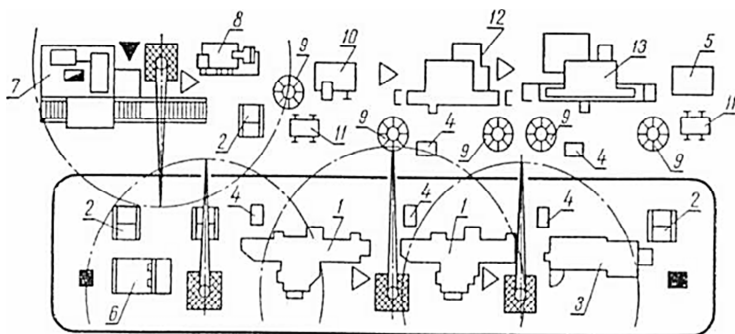


Рис. 7.1. Планировка участка ремонта коленчатых и распределительных валов способом ремонтных размеров:

- 1 – круглошлифовальный станок для шлифования шеек коленчатых валов;
 2 – стеллаж; 3 – токарный станок; 4 – тумбочка для инструмента; 5 – монтажный стол;
 6 – станок для полировки шеек коленчатых валов; 7 – установка для промывки
 масляных каналов в блоках и коленчатых валах; 8 – приспособление для напрессовки
 шестерни и противовеса на коленчатый вал; 9 – стеллаж для распределительных
 валов; 10 – слесарный верстак на одно рабочее место; 11 – комплектовочная тележка;
 12 – копировально-шлифовальный станок; 13 – круглошлифовальный станок

Номер	Обозначение
1	Масляная машина ОМ-5299
2	Стеллаж ОРГ-1468-05-320
3	Шкаф ПМЗ-19-00А
4	Верстак ОРГ-1468-01-060А
5	Шкаф ПМЗ-19-00А
6	Стеллаж ОРГ-1468-05-320
7	Пресс гидравлический П-6324
8	Верстак ОРГ-1468-01-060А
9	Печь электрическая
10	Шкаф ПМЗ-19-00А
11	Установка "Элитрон-226"
12	Верстак ОРГ-1468-01-060А
13	Токарно-винторезный станок ТК62
14	Шкаф ПМЗ-19-00А
15	Установка "Элитрон-226М"
16	Контрольный стол ОРГ-1468-01-060А
17	Шкаф ПМЗ-19-00А
18	Стеллаж ОРГ-1468-05-320
19	Контрольный стол ОРГ-1468-01-060А
20	Токарно-винторезный станок ТК62
21	Стеллаж ОРГ-1468-05-320
22	Станок балансировочный ДБ-50А
23	Машина шлифовальная
24	Шкаф ПМЗ-19-00А
25	Стол ОКС-7523
26	Стенд для обкатки и испытания турбокомпрессоров
27	Шкаф ПМЗ-19-00А
□	Каналы
▬	Перегородки
▬	Сплошные бетонные перекрытия
▬	Координатные оси
~	Линия обрыва
○	Рабочее место
⊙	Подвод электроэнергии
⊙	Подвод воды
⊙	Отвод в канализацию
⊙	Местная бытовая вентиляция

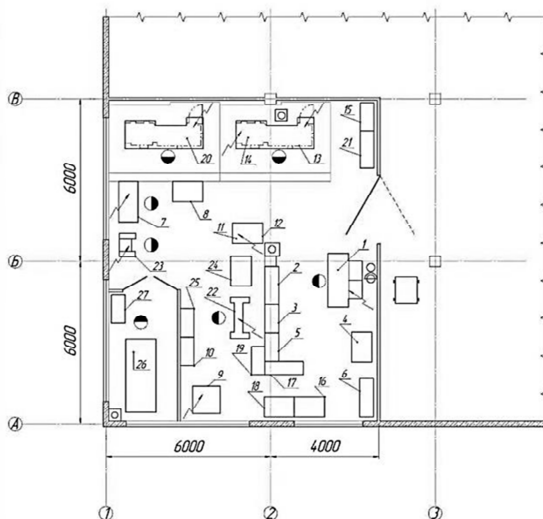


Рис. 7.2. Планировка участка ремонта турбокомпрессоров

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать производственную программу.
2. Рассчитать фонды времени рабочего и оборудования.
3. Определить необходимое количество технологического оборудования и производственных рабочих.
4. Разработать таблицу (ведомость) средств технического оснащения участка.
5. Разработать планировочное решение в соответствии с индивидуальным заданием.

Практическая работа № 8

РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Цель работы

Приобрести практические навыки расчета затрат на восстановление.

Основные положения

Определение затрат на восстановление детали. Одним из основных экономических показателей, который характеризует совершенство технологического процесса, являются затраты на восстановление.

Затраты на восстановление можно определить бухгалтерским методом расчета по составляющим элементам.

В общем виде затраты на восстановление детали определяют по формуле:

$$C_v = C_n + \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m M_{i,j} + \sum_{j=1}^m 3_{прj} + \sum_{j=1}^m E_{oj} + \sum_{j=1}^m E_{aj} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^m E_{эj} + \sum_{j=1}^m E_{плj} + \sum_{k=1}^p E_{стокk} \right), \quad (8.1)$$

где $C_{и}$ – стоимость изношенной детали, руб. Стоимость изношенной детали $C_{и}$ обычно определяют по цене металлолома. Если ремонтный фонд собран на других предприятиях, то в стоимость изношенной детали входит надбавка за сбор и сортировку деталей (20 %). При расчете стоимости изношенной детали $C_{и}$ можно принять ее равной 0,1 от цены новой детали. Цена новой детали определяется по прейскурантам на запасные части на момент выполнения расчета;

$M_{i,j}$ – затраты на материалы (i) по всем технологическим операциям (j), руб.;

$Z_{пр}$ – заработная плата производственных рабочих по всем технологическим операциям, руб.;

E_{oj} – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

E_{aj} – амортизационные отчисления от стоимости оборудования, руб.;

$E_{эj}$ – затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$E_{плj}$ – затраты на содержание производственных площадей, руб./м²;

$E_{сток}$ – затраты на содержание средств технологического оснащения, режущий и мерительный инструмент, руб.;

i – количество наименований материалов, по номенклатуре;

j – операции технологического процесса;

k – номенклатура средств технологического оснащения.

Затраты на материалы (i) по всем технологическим операциям (j):

$$M_{i,j} = \sum_{i=1}^n g_i \Pi_i, \quad (8.2)$$

где g_i – масса (объем) использованного материала конкретного наименования, кг (л);

Π_i – цена 1 кг (л) материала конкретного наименования, руб.;

n – число наименований конкретных материалов.

Заработная плата производственных исполнителей:

$$З_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_{\text{шт.к}} T k K_{\text{д}}}{60} \right), \quad (8.3)$$

где $t_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин;

T – часовая тарифная ставка, руб.;

k – тарифный коэффициент, соответствующий каждому разряду;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (отпуск, компенсации, и др.). В учебных целях можно принять $K_{\text{д}} = 1,15$.

Тарифные ставки работников исчисляются путем последовательного умножения тарифной ставки первого разряда на соответствующие тарифные коэффициенты Единой тарифной сетки работников Республики Беларусь и корректирующие коэффициенты.

Тарифный коэффициент и разряды оплаты труда приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Тарифная сетка и тарифные коэффициенты

Разряд оплаты труда	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1,0	1,25	1,56	1,78	2,03	2,31

Корректирующие коэффициенты: с 1-го до 2-го разряда – 3,500; со 2-го до 3-го разряда – 3,066; с 3-го до 4-го разряда – 2,660; с 4-го до 5-го разряда – 2,321; с 5-го до 6-го разряда – 2,148; с 6-го до 7-го разряда – 1,988.

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$E_{\text{о.ж}} = t_{\text{шт.к}} \frac{(H_{\text{м}} K_{\text{м}} + H_{\text{э}} K_{\text{э}})}{(60 K_{\text{т}} \Phi_{\text{о}})}, \quad (8.4)$$

где $H_{\text{м}}$, $H_{\text{э}}$ – норматив годовых затрат на единицу ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования, руб./год;

$K_{\text{м}}$, $K_{\text{э}}$ – категория ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования соответственно;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент класса точности оборудования;

$\Phi_{\text{о}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Амортизационные отчисления от стоимости оборудования:

$$E_o = \frac{1,122\Pi_o H_a t_{\text{шт.к}}}{100 \cdot 60\Phi_o}, \quad (8.5)$$

где $1,122\Pi_o$ – произведение оптовой цены оборудования и коэффициента 1,122, учитывающего затраты на транспортирование и монтаж оборудования, руб.;

H_a – норма амортизационных отчислений, %.

Затраты на силовую электроэнергию:

$$E_э = \frac{N_{\text{эл.д}} \eta t_{\text{шт.к}} \Pi_э}{7200}, \quad (8.6)$$

где $N_{\text{эл.д}}$ – установленная мощность электродвигателей оборудования, кВт;

η – общий коэффициент загрузки электродвигателей;

$\Pi_э$ – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

Затраты на содержание производственных площадей:

$$E_{\text{пл}} = \frac{H_{\text{пл}} S_c K K_{\text{п.у}} t_{\text{шт.к}}}{60\Phi_o}, \quad (8.7)$$

где $H_{\text{пл}}$ – норматив содержания 1 м² производственной площади, руб./м²;

S_c – площадь, занимаемая станком, м²;

K – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь с учетом проходов, зон обслуживания и т. п.;

$K_{\text{п.у}}$ – коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ.

На основании выполненных расчетов составляется калькуляция (табл. 8.2) и определяется стоимость восстановления детали.

Таблица 8.2

Калькуляция затрат на восстановление детали

№ п/п	Наименование статей	Расчетные соотношения	Сумма, руб.
1	Сырье и основные материалы	Формула (8.2)	
2	Основная заработная плата производственных (основных и дополнительных) рабочих	Формула (8.3)	
3	Дополнительная заработная плата, 16 %	Статья 2 $\times$ 0,16	
4	Отчисления на социальное страхование, 34 %	Статья (2 + 3) $\times$ 0,34	
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, 67 %	Статья 2 $\times$ 0,67	
6	Износ инструмента, 14 %	Статья 2 $\times$ 0,14	
7	Топливо и энергия на технологические нужды		
8	Цеховые расходы, 55 %	Статья 2 $\times$ 0,55	
9	Общезаводские расходы, 200 %	Статья 2 $\times$ 2,0	
10	Транспортно-заготовительные расходы, 11 %	Статья 1 $\times$ 0,11	
11	Производственная себестоимость	Статья 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10	
12	Внепроизводственные расходы, 1,8 %	Статья 11 $\times$ 0,018	
13	Полная себестоимость	Статья 11 + 12	
14	Накопления (прибыль), 25 %	Статья 13 $\times$ 0,25	
15	Оптовая цена	Статья 13 + 14	
16	НДС, 20 %	Статья 15 $\times$ 0,20	
17	Отпускная цена единицы	Статья 15 + 16	

Порядок выполнения работы

1. Определить затраты на материалы (формула (8.2)).
2. Рассчитать заработную плату производственных исполнителей (формула (8.3)).
3. Определить затраты на содержание и эксплуатацию оборудования (формула (8.4)).
4. Рассчитать амортизационные отчисления от стоимости оборудования (формула (8.5)).
5. Определить затраты на силовую электроэнергию (формула (8.6)).
6. Рассчитать затраты на содержание производственных площадей (формула (8.7)).
7. На основании выполненных расчетов составить калькуляцию затрат (табл. 8.2) и определить стоимость восстановления детали.

Литература

1. Савич, А. С. Восстановительные технологии при ремонте автомобилей / А. С. Савич, В. С. Ивашко, В. П. Иванов. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2013. – 528 с.
2. Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.] / под ред. проф. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2004. – 682 с.
3. Оборудование технического обслуживания автотранспортных средств / В. С. Ивашко [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2016. – 368 с.
4. Восстановительные технологии : практикум / В. С. Ивашко, В. А. Лойко. – Минск : БНТУ, 2018. – 83 с.
5. Спецвопросы ремонта автомобилей : учебно-методическое пособие / В. С. Ивашко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – 104 с.
6. Ивашко, В. С. Средства технического обслуживания и ремонта автомобилей : учебно-методическое пособие / В. С. Ивашко, В. А. Лойко. – Минск : БНТУ, 2021. – 44 с.
7. Технологические процессы восстановления деталей : лабораторный практикум / Г. И. Анискович [и др.]. – Минск : «УО БГАТУ», 2012. – 248 с.

Учебное издание

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Пособие

для студентов специальности 6-05-0715-07
«Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» профилизации «Техническая эксплуатация
автомобилей и автосервис»

*Второе издание,
исправленное и дополненное*

С о с т а в и т е л и:
ЛОЙКО Владимир Алексеевич
БУЙКУС Кястас Вито

Редактор *А. С. Козловская*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 11.11.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 2,31. Тираж 100. Заказ 631.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.