

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности*

*1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
очной и заочной форм обучения*



УДК 621.81
ББК 39.33-04
Т 38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
«30» августа 2019 г., протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. А. С. Мельников;
канд. техн. наук, доц. Л. Г. Доконов;
ст. преподаватель М. Л. Петренко

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. М. Кургузиков

Методические рекомендации предназначены для выполнения курсовой работы студентами специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей».

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

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

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

Введение.....	4
1 Проектирование технологического процесса восстановления детали.....	5
2 Анализ дефектов детали и выбор возможных технологических методов восстановления	6
3 Выбор технологических баз.....	6
4 Разработка предварительного маршрута восстановления, расчленение его на технологические операции	7
5 Обоснование общих и операционных припусков на обработку	9
6 Установление режимов выполнения операций.....	10
7 Расчет припусков на механическую обработку.....	13
8 Расчет режимов обработки (восстановления) детали	14
9 Нормирование технологического процесса	17
10 Проектирование приспособления, используемого при восстановлении (изготовлении) детали	19
11 Графическая часть курсовой работы.....	21
Список литературы	22
Приложение А	23
Приложение Б	24
Приложение В.....	25
Приложение Г	27
Приложение Д.....	30
Приложение Е.....	32
Приложение Ж.....	35



Введение

При выполнении курсовой работы студент выбирает способ восстановления (изготовления) детали, составляет технические условия на контроль и сортировку деталей, разрабатывает маршрут восстановления (изготовления) детали, рассчитывает режимы резания и подбирает необходимое технологическое оборудование, определяет норму времени и технологическую себестоимость восстановления.

1 Проектирование технологического процесса восстановления детали

Задачей проектирования технологического процесса восстановления деталей является определение последовательности целенаправленных действий по изменению определенного состояния детали с целью восстановления ее эксплуатационных свойств.

Исходными данными для разработки технологических процессов восстановления деталей являются:

- ремонтный чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями стандартов на ремонтную документацию: перечень дефектов детали;
- основные сведения об условиях работы детали в ремонтируемом узле и видах изнашивания;
- справочные материалы о технологических методах, при помощи которых возможно устранение дефектов;
- технологическая документация на восстановление данной детали (при модернизации существующего технологического процесса на данном предприятии);
- сведения об опыте восстановления деталей данного наименования на передовых предприятиях (при разработке нового технологического процесса);
- технологический процесс изготовления и рабочий чертеж новой детали (для технологической преемственности между изготовлением и ремонтом детали);
- программа выпуска деталей;
- различные справочные материалы (каталоги технологического оборудования, приспособлений, инструмента, справочники по режимам обработки, технологическому нормированию операций и т. п.).

При разработке технологического процесса ремонта детали представляется ремонтный чертеж и карта технических требований на дефектацию детали.

Для определения способа ремонта на ремонтных чертежах деталей помещают технологические требования и указания.

Рекомендуемая последовательность при проектировании технологических процессов восстановления деталей.

- 1 Анализ условий работы детали в сопряжении, видов и процессов ее изнашивания.
- 2 Анализ дефектов детали и выбор возможных технологических методов восстановления, выбор технологических баз для обработки.
- 3 Разработка предварительного маршрута восстановления, расчленение его на технологические операции.
- 4 Выбор технологического оборудования, приспособлений, рабочего инструмента, средств контроля и измерений.
- 5 Обоснование общих и операционных припусков на обработку.
- 6 Установление режимов и норм времени выполнения операций.
- 7 Техничко-экономическое обоснование рационального варианта технологического процесса восстановления детали.
- 8 Разработка технологической документации на восстановление детали.



2 Анализ дефектов детали и выбор возможных технологических методов восстановления

Изучаются ремонтный чертеж и карта технических требований на дефектацию детали. Дается характеристика дефектов, устанавливаются условия эксплуатации детали (среда, нагрузка и т. д.). Производится оценка степени влияния каждого дефекта на эффективность и безопасность использования детали с учетом назначения и конфигурации, показателей ее качества, режимов и условий эксплуатации.

Приводятся возможные способы устранения каждого из дефектов и способы последующей обработки восстановленных поверхностей.

3 Выбор технологических баз

При выборе технологических баз необходимо следовать принципам единства и совмещения баз. Базовые поверхности для обработки необходимо выбирать с таким учетом, чтобы при установке и зажиме обрабатываемая деталь не смещалась с положения, приданного ей, и не деформировалась под действием усилий от резания и зажимов. Необходимо помнить, что наибольшей точности при механической обработке можно достигнуть в том случае, если вся обработка детали ведется от одной базы с одной установки. Если на детали сохранилась базовая поверхность, по которой она обрабатывалась при изготовлении, следует при ремонте также базировать по этой поверхности. Поврежденные базовые поверхности необходимо исправить.

Теоретические схемы базирования и примеры базирования при различных видах обработки резанием приведены в приложении к ГОСТ 21495–76.

При выборе технологической базы необходимо выдержать следующие требования:

- в качестве технологической базы принимают те поверхности детали, которые определяют ее положение в собранном изделии, т. е. сборочные и измерительные базовые поверхности (правило единства баз);
- базовые поверхности должны быть наиболее точно расположены относительно обрабатываемых поверхностей;
- в качестве базовых следует выбирать такие поверхности, при установке на которые можно было бы обработать все поверхности детали, подлежащие обработке (правило постоянства баз);
- поверхности, выбранные в качестве технологических баз, должны обеспечивать минимальные деформации детали от усилий резания и закрепления.

При восстановлении детали в качестве технологических баз выбирают те ее поверхности, по которым устанавливали деталь при ее изготовлении. Если первоначальные базы повреждены или отсутствуют, то обработку следует начинать с восстановления базовых поверхностей. В качестве базовых могут быть приняты также те поверхности, которые при изготовлении детали были обработаны при одной установке с восстанавливаемыми поверхностями.



4 Разработка предварительного маршрута восстановления, расчленение его на технологические операции

Разработка плана операций, входящих в технологический процесс ремонта детали, зависит от вида производства. При единичном и мелкосерийном производстве план операций строится по принципу групповой технологии, при серийном – разрабатываются маршрутные технологические процессы, при массовом – организуется обработка на непрерывных поточных линиях.

Применительно к авторемонтным предприятиям, для которых характерным является серийное производство, разработка плана операций технологического процесса ремонта детали должна быть нацелена на устранение комплекса дефектов, объединенных общим маршрутом. При этом технологический маршрут составляют не простым сложением технологических процессов устранения каждого дефекта в отдельности, а с учетом следующих требований:

- одноименные операции по всем дефектам маршрута должны быть объединены;
- каждая последующая операция должна обеспечить сохранность качества рабочих поверхностей детали, достигнутого при предыдущих операциях;
- вначале должны идти подготовительные операции, затем сварочные, кузнечные, прессовые и в заключение шлифовальные и доводочные.

Технологический процесс восстановления деталей составляют, как правило, по операциям. После назначения баз для обработки, выбора способов устранения дефектов и разработки схемы и порядка выполнения операций составляется маршрутная карта. Для этого по каждой операции предварительно намечается оборудование, приспособления, вспомогательные, режущие и измерительные инструменты.

При восстановлении детали проходят последовательно ряд операций в следующем порядке:

- в первую очередь выполняются подготовительные операции (очистка, обезжиривание, правка, восстановление базовых поверхностей);
- механическая обработка, которая предназначена для устранения дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации, или придания правильной геометрической формы изношенным поверхностям, в том числе специальной (например, при электродуговом напылении нарезка «рваной» резьбы, фрезерование канавок и т. п.);
- наращивание изношенных поверхностей (наплавка, напыление и т. п.);
- окончательная обработка (токарная, фрезерная, слесарная и пр.).

При выборе способа восстановления возможно использовать таблицу А.1. При выборе способов предварительной обработки детали и окончательной обработки восстановленной поверхности возможно использовать [1, 3].

При выборе оборудования для действующего производства ориентируются на имеющееся в цехе оборудование с учетом фактической загрузки отдельных его групп. При проектировании технологических процессов для вновь создаваемых предприятий возможности технолога ограничены только экономическими

соображениями. Выбор оборудования во многом определяется типом производства. При выборе модели станка пользуются паспортами станков, а при их отсутствии – каталогами металлорежущего и другого оборудования.

Оборудование выбирают по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т. е. в наибольшей степени влияющему его функциональные значения и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером обрабатываемого на нем изделия.

При выборе типа и конструкции режущего инструмента следует учитывать характер производства, метод обработки, тип станка, размер, конфигурацию и материал обрабатываемой детали, требуемое качество поверхности, точность обработки. Характер производства влияет на выбор режущего инструмента с экономической точки зрения.

Особое значение имеет выбор материала режущей части инструмента. С учетом экономической целесообразности необходимо применять новые марки материалов, отличающиеся повышенной износостойкостью, обеспечивающие высокое качество обрабатываемых поверхностей. Они применяются для чистовой обработки вместо малопродуктивного и дорогостоящего шлифования. К таким материалам относятся сверхтвердые материалы.

Измерительный инструмент применяют для межоперационного и окончательного контроля детали. В зависимости от типа производства он может быть стандартным или специальным.

В ремонтном производстве применяют предельные калибры (пробки, скобы, кольца, шаблоны) и универсальные инструменты (микрометры, штангенциркули, индикаторы, нутромеры). Могут быть также спроектированы простейшие контрольные приборы и приспособления.

При разработке технологического процесса восстановления последовательность операций возможно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Последовательность операций устранения дефектов

Номер дефекта	Наименование дефекта	Наименование операции
1	Износ шлицев	005 термическая (отпуск шлицев)
		010 токарная (срезание шлицев)
		015 наплавочная (вибродуговая наплавка поверхности под шлицы)
		020 токарная (обтачивание поверхности под шлицы)
		025 шлицефрезерная
2

В пояснительной записке после таблицы необходимо изложить содержание всех операций по устранению каждого из дефектов с указанием технологического оборудования с краткой технической характеристикой, технологической оснастки, режущего и измерительного инструментов [1-4]. Оборудование для операций сварки и наплавки возможно выбрать, используя таб-



лицы Д.1–Д.7. Окончательно оборудование и технологическую оснастку по каждой операции можно свести в таблицу 2.

Таблица 2 – Технологическое оборудование и оснастка по операциям

Номер операции	Технологическое оборудование и приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
010	Станок токарный 16К20П; патрон 3-кулачковый самоцентрирующийся (ГОСТ 2675-71)	Резец токарный проходной Р6М5 (ГОСТ 18879–73)	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 (ГОСТ 166–89)
...

5 Обоснование общих и операционных припусков на обработку

Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска, является толщина его дефектного слоя. Глубина дефектного слоя зависит от способа и режимов восстановления деталей (см. таблицы А.1 и Б.1).

Минимальный припуск при восстановлении деталей сваркой, наплавкой и металлизацией:

- ручная наплавка 2...3;
- наплавка под слоем флюса 1;
- электроконтактная наплавка 0,8...1;
- металлизация 0,4.

Минимальные припуски при восстановлении деталей гальваническими покрытиями пластическим деформированием приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Минимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе восстановления детали

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2 \cdot z = 0,05 + 0,9\phi\delta$	$2 \cdot z = 0,072 + 0,9\phi\delta$
Круглое шлифование в центрах	$2 \cdot z = 0,07 + 0,9\phi\delta$	$2 \cdot z = 0,099 + 0,9\phi\delta$
Чистовая расточка или внутреннее шлифование	$2 \cdot z = 0,07 + 0,063 \sqrt[3]{d} + 0,9\phi\delta$	$2 \cdot z = 0,099 + 0,063 \sqrt[3]{d} + 0,9\phi\delta$

В таблице 3 приняты следующие условные обозначения: δ – допуск на выполнение предшествующей операции, мм. Допуск принимают равным допуску на соответствующий диаметр для отверстия A_3 или для вала B_3 ; d – диаметр ремонтируемой поверхности.

Значение припуска при восстановлении механическими способами можно определить с помощью [1, таблица 12.2] либо аналитическим методом [2].

В пояснительной записке необходимо определить толщину наносимого слоя материала с учетом величины припуска на механическую обработку,



а также разбить его по операциям (если необходимо для предварительной и окончательной обработок).

6 Установление режимов выполнения операций

В этой части необходимо определить основные режимы механической обработки детали, как предварительной, так и окончательной, а также установить режимы нанесения слоя материала.

Режимы механической обработки рассматривались в курсе «Технологические основы машиностроения» и определяются аналогичным образом [5, 6]. Для определения режимов окончательной механической обработки можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в [1].

В режимы сварки и наплавки входят в основном сила тока напряжение, плотность тока, скорость наплавки, скорость подачи присадочного материала. Режимы обработки устанавливаются в зависимости от особенностей процесса нанесения материала, особенностей применяемого оборудования, свойств материала, требуемого качества покрытия и т. п.

Некоторые режимы нанесения слоя материала приведены в таблицах Г.1–Г.8.
Сварка и наплавка в защитной среде.

Для предотвращения стекания расплавленных флюса и металла с восстанавливаемой поверхности наплавку ведут со смещением электрода с зенита в сторону, обратную направлению вращения детали. Для деталей диаметром 50...150 мм $A = 3...8$ мм.

Производительность сварки Q , кг/ч, определяется по формуле

$$Q = \alpha_n \cdot I, \quad (1)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч); при сварке под слоем флюса $\alpha_n = 14...18$ г/(А·ч), при сварке электродами принимают в пределах 8...12 г/(А·ч).

Силу сварочного тока ориентировочно находят по эмпирической зависимости:

$$I = 100 \cdot d + 10 \cdot d^2, \quad (2)$$

где d – диаметр электрода, мм;

$$d = 0,5 \cdot \delta + (1...2), \quad (3)$$

Скорость наплавки v_n , м/мин, вычисляется следующим образом:

$$v_n = \frac{\alpha_n \cdot I}{60} \cdot M, \quad (4)$$

где M – масса 1 м металла наплавки, г.

Скорость подачи электродной проволоки



$$v_n = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I}{60 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \quad (5)$$

где γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

Частота вращения наплавленной детали n , мин⁻¹, рассчитывается по формуле

$$n = \frac{250 \cdot v_n \cdot d^2}{\delta \cdot s \cdot D} \cdot \eta, \quad (6)$$

где δ – толщина слоя наплавки, мм;

D – диаметр восстанавливаемой детали, мм;

η – коэффициент наплавки;

s – шаг наплавки, мм/об (обычно принимается 2...6 диаметров электродной проволоки).

Вылет электрода принимается 10...12 диаметров электродной проволоки.

Полученные значения следует сравнить с табличными (см. таблицы Г.1–Г.8).

В случае большого расхождения значений необходимо изменить диаметр электрода и произвести повторный расчет режимов.

Гальваническое и химическое наращивание.

Толщина осаждаемого металлического покрытия h , мм, определяется по формуле

$$h = \frac{D_K \cdot c \cdot \eta \cdot t}{1000 \cdot \gamma}, \quad (7)$$

где D_K – катодная плотность тока, рекомендуемая для данного электрода и его температуры, А/дм² (таблицы Е.1–Е.5);

c – электрохимический эквивалент (таблица Ж.1), г/(А·ч);

η – выход по току (таблица Ж.2);

t – продолжительность электролиза, ч;

γ – плотность металла, г/см³.

Из выражения (7) определяют время, необходимое для осаждения покрытия заданной толщины.

Сила тока, необходимая для нанесения покрытия на определенную площадь,

$$I = S_K \cdot D_K \cdot A, \quad (8)$$

где S_K – площадь покрытия металлом, мм².

Способ постановки дополнительных ремонтных деталей (ДРД).

В случае крепления ДРД на основной детали напрессовкой с гарантированным натягом усилие запрессовки

$$F = f \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (9)$$



где f – коэффициент трения, $f \approx 0,08 \dots 0,10$;
 d – диаметр контактирующих поверхностей, мм;
 L – длина запрессовки, мм;
 p – удельное контактное давление сжатия, МПа.

Диаметр контактирующей поверхности:

– для вала

$$d = d_{HO} - 2 \cdot \delta, \quad (10)$$

– для втулки

$$d = d_{BO} + 2 \cdot \delta, \quad (11)$$

где d_{HO} , d_{BO} – нижнее и верхнее предельное отклонение вала и втулки соответственно, мм;

δ – толщина втулки, мм.

Значение минимально допустимой толщины втулки определяется из условия прочности:

$$\delta = \frac{p \cdot n \cdot d}{2 \cdot [\sigma]}, \quad (12)$$

где n – запас прочности (не менее 1,5);

$[\sigma]$ – допустимое напряжение, МПа.

Удельное контактное давление сжатия между деталями

$$p = \frac{10^{-3} \Delta}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (13)$$

где Δ – максимальный расчетный натяг, мкм;

C_1 , C_2 – коэффициенты охватываемой и охватывающей детали;

E_1 , E_2 – модули упругости материала охватываемой и охватывающей детали, МПа.

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1, \quad (14)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} - \mu_2, \quad (15)$$

где d_0 – диаметр отверстия охватываемой детали (для вала $d_0 = 0$), мм;

D – наружный диаметр охватывающей детали, мм;



μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона для охватываемой и охватывающей детали (для стали – 0,3, для чугуна – 0,25).

7 Расчет припусков на механическую обработку

Установление минимальных припусков является важным вопросом с точки зрения качества обработки и себестоимости ремонта.

Минимальный припуск на обработку выбирается (рассчитывается) с помощью справочных таблиц [1, таблицы 12.3, 12.4].

Для плоских деталей максимальный припуск на сторону определяется по формуле

$$Z_{\min_i} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (16)$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей тел вращения

$$2Z_{\min_i} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (17)$$

где Z_{\min_i} – минимальный припуск выполняемого перехода, операции, мкм;

$R_{Z_{i-1}}$ – величина шероховатости обрабатываемой поверхности детали, полученная на предшествующем переходе, операции, мкм;

T_{i-1} – величина дефектного слоя поверхности детали, полученная на предшествующем переходе, операции, мкм;

ε_i – погрешность установки (базирования) выполняемого перехода, операции, мкм. Для черного перехода операции может быть принята $\varepsilon = 200$ мкм. Для последующих операций $\varepsilon_i = 0,1 \cdot \varepsilon_{i-1}$;

ρ_{i-1} – величина погрешности пространственных отклонений, полученных на предшествующем переходе, операции, мкм.

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (18)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – погрешность коробления заготовки, в общем виде может быть определена по формуле

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{\Delta_{\kappa} d^2 + \Delta_{\kappa} l^2}; \quad (19)$$

Δ_{κ} – удельная кривизна заготовки на 1 мм длины l и при диаметре d детали, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ – погрешность смещения оси заготовки от геометрической оси станка, приближенно может быть определена по формуле

$$\rho_{\text{см}} = \delta_{\text{заг}}; \quad (20)$$



$\delta_{заг}$ – точность выполнения размера заготовки.

Для последующих переходов, операций погрешность пространственных отклонений может быть определена, если принять условие, что каждая последующая операция снижает величину погрешности на 90 %.

$$\rho_i = 0,1 \cdot \rho_{i-1}. \quad (21)$$

Величина припуска на механическую обработку равна, как правило, максимальному значению расчетного припуска:

$$2Z_{maxi} = 2Z_{mini} + \delta_{i-1} - \delta_i, \quad (22)$$

где δ_{i-1} , δ_i – точность выполнения размеров предшествующих и выполняемых переходов, операций, мкм.

Расчетные данные по определению припусков следует свести в таблицу 4.

При ремонте детали необходимо определить толщину слоя покрытия, которая равна сумме межоперационных припусков с учетом величины износа и механической обработки, предшествующих способу восстановления:

$$h = Z_i + h_{изн} + \sum_{i=1}^n Z_{maxi}, \quad (23)$$

где Z_i – припуск на механическую обработку, предшествующую способу восстановления, с целью удаления дефектов в поверхностном слое детали, $Z_i = 0,1$ мм;

$h_{изн}$ – величина износа восстанавливаемой поверхности детали, мм;

ΣZ_{maxi} – суммарный припуск на механическую обработку, мм.

8 Расчет режимов обработки (восстановления) детали

Режимы обработки определяются для каждой отдельной операции с разбивкой ее на переходы.

При ремонте детали используются различные методы восстановления, которые характеризуются определенными параметрами режимов обработки (таблицы В.1–В.4).

При обработке деталей на металлорежущих станках необходимо выбрать по нормативам [2, таблицы 2, 5] или рассчитать следующие величины: стойкость инструмента, глубину резания, подачу, скорость резания, частоту вращения детали (инструмента), мощность резания. Формулы для расчета режимов резания, мощности резания и норм времени для основных видов обработки представлены в таблице 5.

При автоматической наплавке следует определить силу сварочного тока и напряжение источника, скорость наплавки, шаг наплавки, высоту наплавляемого слоя за один проход, состав присадочного материала и электродной проволоки, флюса и др. [1, 3, 4].



При гальванопокрытиях необходимо выбрать атомную массу металла покрытия, электрохимический эквивалент, выход металла по току, состав и температуру электролита [1, 3, 4].

Пример: определить режимы резания при обтачивании на токарном станке 1Д63А после наплавки наружного диаметра $d_n = 60$ мм шлицевой втулки карданного вала.

Исходные данные: материал – сталь 30Х; припуск на обработку (по расчету) $Z_{\max} = 1,5$ мм, длина обработки – 56 мм. Остальные данные – справочные таблицы [5, таблица 1-56, гл. 5].

Теоретическая скорость резания

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^{x_V} S^{y_V}}, \quad (24)$$

где K_V – коэффициент, учитывающий условия обработки [5];

C_V – коэффициент, зависящий от метода обработки [5];

T – стойкость резца по нормативам (30, 60 и 90 мин);

t – глубина резания, $t \approx 0,5 \dots 1,5$ мм;

S – подача, мм/об;

m, x_V, y_V – степени при соответствующих параметрах [5].

Теоретическая частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_n}, \quad (25)$$

где d_n – диаметр обработки, мм.

Корректируя по станку, получим фактическую частоту вращения n_ϕ и фактическую скорость резания V_ϕ .

Усилие резания [5]

$$P_z = t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot C_p \cdot K_{pz}. \quad (26)$$

Мощность на обтачивание $N_{\text{эф}}$, кВт, вычисляется по формуле

$$N_{\text{эф}} = P_z \cdot V_\phi \cdot 10^{-3}. \quad (27)$$

Коэффициент использования оборудования по мощности

$$\eta_{cm} = N_{\text{эф}} / N_{cm}, \quad (28)$$

где N_{cm} – мощность станка, кВт.



Основное время обработки детали

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n_\phi}, \quad (29)$$

где L – длина обработки;

i – число рабочих ходов (проходов)

Результаты расчетов режимов резания, а также мощности резания и основного времени обработки заносятся в таблицу для каждой операции (см. таблицу 5).

9 Нормирование технологического процесса

В курсовом проекте устанавливаются нормы времени выполнения операций. Технически обоснованные нормы времени на операцию рассчитывают, исходя из оптимальных режимов обработки и полного использования технологических возможностей станков и приспособлений.

В единичном и серийном производстве норма времени (штучное время) определяется из выражения

$$T_{ш} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{отд}, \quad (30)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин;

$T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{отд}$ – время отдыха (принимается за смену около 2 % ее продолжительности, для одной детали можно принимать 5 % от $T_{оп}$), мин.

Оперативное время

$$T_{оп} = T_о + T_в, \quad (31)$$

где $T_о$ – основное время, мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин.

Основное время рассчитывается исходя из режимов обработки. Вспомогательное время представляет собой сумму нормативных значений вспомогательного времени установов и переходов и принимается согласно таблицам [2, 5]. Для механической обработки нормирование выполняется согласно [1]. Ниже приведены зависимости для определения основного времени для отдельных ремонтных операций.

Газовая сварка. Основное время

$$t_о = \frac{G}{\alpha_H} \cdot K = \frac{F \cdot l \cdot \gamma \cdot K}{\alpha_H}, \quad (32)$$

где G – масса наплавляемого металла, г;

F – площадь поперечного сечения шва, см²;



γ – плотность присадочной проволоки, г/см³;

α_H – коэффициент наплавки, г/мин;

K – коэффициент, зависящий от длины шва;

l – длина шва, см.

Дополнительное и подготовительно-заключительное время принимают по нормативным таблицам [2, 5]. Дополнительное время в случае сварки без подогрева составляет 8 % от оперативного.

Ручная электродуговая наплавка. Основное время

$$t_o = \frac{60 \cdot G}{I \cdot \alpha_H} \cdot K = \frac{60 \cdot F \cdot l \cdot \gamma \cdot K}{I \cdot \alpha_H}, \quad (33)$$

где I – сила тока, А;

α_H – коэффициент наплавки, г/(А · ч).

Вспомогательное и дополнительное время принимают по нормативным таблицам, а подготовительно-заключительное время составляет для простой работы 10 мин, средней – 17 мин, сложной – 24 мин.

Механизированные методы сварки и наплавки. Основное время

$$t_o = \frac{L_i}{n \cdot S}, \quad (34)$$

где L – продольное перемещение наплавочной головки, мм;

$$L = l + (3...4); \quad (35)$$

l – длина шва, мм;

S – подача головки, мм/об;

n – частота вращения детали, об/мин;

i – количество проходов.

Дополнительное время составляет 8 % оперативного.

Электролитическое наращивание. Основное время

$$t_o = \frac{10^3 \cdot z \cdot \rho}{\varepsilon_F \cdot D_k \cdot \beta} \cdot 60, \quad (36)$$

где z – толщина покрытия, мм;

ρ – плотность осадка, г/см³;

ε_F – электрохимический эквивалент (см. таблицу Ж.1), г/(А · ч);

D_k – катодная плотность тока, А/дм²;

β – выход металла по току, %.

При одновременном навешивании в ванну n деталей вычисленную величину t_o необходимо разделить на n .

Слесарные, слесарно-сборочные и другие виды работ нормируются по таблицам, составленным на основе хронометража операций на передовых пред-



приятнях. Формулы для расчета норм времени для каждого вида обработки представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Формулы для расчета основного времени для различных методов обработки поверхностей

Вид обработки	Формула для определения основного времени t_o , мин
Точение, сверление, зенкерование, растачивание, развертывание	$t_o = \frac{l}{n \cdot S_o} \cdot i$
Фрезерование цилиндрическими и торцовыми фрезами	$t_o = \frac{l}{v_s} \text{ или } t_o = \frac{l}{S_z \cdot z \cdot n_\phi} \cdot i$
Протягивание	$t_o = \frac{L_{np} + l_g}{1000} \cdot \left(\frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{e.x.}} \right)$
Протягивание шлицев	$t_o = \frac{L_{np} + l_g + (10...30)}{1000 \cdot v_p} \cdot i$
Нарезание резьбы: профильным резцом плашками	$t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n} \cdot i \cdot q$ $t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n} + \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n_g}$
Зубонарезание цилиндрических колес дисковой модульной фрезой	$t_o = \frac{B \cdot l_{ep} + l_n}{v_s} \cdot z \cdot i$
Зубонарезание червячной фрезой	$t_o = \frac{l_z \cdot m_g + l_{ep} + l_n}{S_o \cdot n_\phi \cdot m_g \cdot z_\phi} \cdot z \cdot i$
Шлифование с продольным движением подачи	$t_o = \frac{L_{cm}}{n \cdot S_{np}} \cdot \frac{z_i}{S_{non}} \cdot K$
Шлифование врезное плоское, периферией круга	$t_o = \frac{B \cdot z_i}{S_{non} \cdot n_{об.х} \cdot S_e \cdot m} \cdot K$
Хонингование	$t_o = \frac{z_i}{S_p \cdot n}$

Примечания

1 Обозначения в таблице 6: l – расчетная длина рабочего хода инструмента, мм; l_{np} – расчетная длина рабочего хода для продольного суппорта, мм; l_{non} – расчетная длина рабочего хода для поперечного суппорта, мм; l_g – длина протягиваемой поверхности, мм; l_o – длина нарезаемой резьбы, мм; l_{ep} – глубина врезания режущего инструмента, мм; l_n – перебеги режущего инструмента, мм; l_z – длина нарезаемого зуба, мм; L_{np} – длина рабочей части протяжки, мм; L_{cm} – длина хода стола станка, мм; P – шаг нарезаемой резьбы, мм; i – число рабочих ходов; n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹; n_ϕ – частота вращения фрезы, мин⁻¹; n_g – частота вращения при вспомогательном ходе, мин⁻¹; $n_{об.х}$ – частота двойных ходов в 1 мин; n_z – частота вращения заготовки за время нарезания резьбы, мин⁻¹; S_{2x} – подача на один двойной ход стола, мм/дв. ход; S_o – подача на оборот, мм/об; v_s – скорость движения подачи, мм/мин; S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб; S_{np} – продольная подача, мм/об;

S_{non} – поперечная подача круга за один рабочий ход, мм/раб. ход; S_v – вертикальная подача, мм/об; S_p – радиальная подача на двойной ход, мм/дв. ход; v_{sob} – скорость движения подачи в обратном направлении, мм/мин; b_1 – врезание резца, мм; b_2 – перебег резца, мм; B – ширина цилиндрического зубчатого венца, мм; z – число зубьев фрезы; z_{ϕ} – число заходов фрезы; z_p – расчетное число зубьев колес; z_i – припуск на сторону обрабатываемой поверхности, мм; h – глубина шпоночной канавки нарезаемой впадины, мм; h_z – высота зуба, мм; D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; d – наружный диаметр нарезаемой заготовки, мм; v_p – скорость резания (рабочего хода), м/мин; $v_{в.х}$ – скорость вспомогательного хода, м/мин; v_z – скорость врезания заготовки, м/мин; q – число заходов резьбы; τ – время на переключение и деление; α – угол падения винтовой линии, град; α_{ϕ} – коэффициент, учитывающий время деления, т. е. поворота колеса на один зуб, $\alpha_{\phi} = 1,3 \dots 1,5$; m – модуль; m_g – число одновременно нарезаемых колес; K – поправочный коэффициент на выхаживание (понимается съём металла в конце цикла при выключенной подаче на глубину).

2 Длина продольного хода стола при шлифовании на проход $L_{cm} = l_{\phi} (0,2 \dots 0,4) B_k$ и при шлифовании в упор $L_{cm} = l_{\phi} - (0,4 \dots 0,6) B_k$ (где B_k – высота круга), мм; l_{ϕ} – длина шлифуемой поверхности заготовки, мм.

3 Коэффициент K имеет следующие значения: $K = 1,1$ при отклонении размеров $0,1 \dots 0,15$ мм; $K = 1,7$ при отклонении размеров $0,02 \dots 0,03$ мм; $K = 1,1 \dots 1,2$ при шевинговании

10 Проектирование приспособления, используемого при восстановлении (изготовлении) детали

Проектирование приспособления должно быть увязано с разработкой технологического процесса обработки детали, т. к. при разработке технологического процесса обработки детали выбирают технологические базы, разрабатывают эскизы обработки, дающие представление об установке и закреплении заготовки.

В зависимости от производственных возможностей и программы выпуска выбирают конструкцию приспособления, а также решают вопрос о применении сменных быстроизнашиваемых деталей приспособления.

Последовательность проектирования приспособления.

1 Уточнение схемы установки заготовки при обработке.

2 С учетом принятой схемы базирования, точности и шероховатости базовых поверхностей определение типа и размера установочных элементов, их количества, а также взаимного расположения.

3 Определение сил резания исходя из заданных режимов обработки.

4 Определение величины и места приложения зажимных сил.

5 Определение типа зажимного устройства и его основных размеров в зависимости от запроектированного времени на закрепление и снятие заготовки, типа приспособления (одно- и многоместное), конфигурации и точности заготовки, а также величины зажимных сил.

6 Определение типа и размера направляющих элементов приспособления.

Разработку чертежа приспособления начинают с нанесения контура заготовки. Заготовку рекомендуется показывать условными линиями (тонкими или штрихпунктир) для выделения её на чертеже приспособления. После этого по-



следовательно наносят отдельные элементы приспособления вокруг контуров заготовки. Вначале вычерчивают установочные элементы (опоры), зажимные устройства, направляющие элементы инструмента и вспомогательные устройства, затем определяют контуры корпуса приспособления.

При вычерчивании приспособления устанавливаются допуски на размеры приспособления. По точности исполнения эти размеры можно разбить на три группы. К первой группе относятся размеры тех сопряжений, от которых зависит точность выполняемой обработки. К первой группе относятся также размеры установочных элементов. От точности их выполнения зависит положение заготовки в приспособлении. Допуски на размеры первой группы в два – три раза меньше допусков на размеры заготовки, выдерживаемые при обработке. Во вторую группу входят размеры тех сопряжений, от погрешностей которых точность обработки не зависит (например, размеры сопряжений зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных механизмов). Допуски на размеры второй группы назначают в зависимости от характера и условий работы сопряжения. К третьей группе относятся свободные размеры обрабатываемых поверхностей.

В пояснительной записке необходимо отразить выполнение пунктов приведенных в последовательности проектирования приспособления.

11 Графическая часть курсовой работы

Все чертежи выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД. Объем графической части – три листа формата А1 (594 × 842).

Маршрутная карта – один лист; операционные эскизы – один лист; чертеж приспособления, используемого при обработке, – один лист.

В маршрутной карте приводится маршрут восстановления детали с указанием наименования и номера операции используемого оборудования, инструмента и приспособления.

На листе операционных эскизов приводятся следующие данные: наименование операции, операционный эскиз; наименование оборудования, приспособлений, режущего инструмента; норма (t_o , t_v , $t_{обс}$, $t_{ум}$), разряд работы.

Чертеж приспособления, используемого при обработке детали, выполняется в соответствии с требованиями к сборочным чертежам.

Список литературы

- 1 Восстановление автомобильных деталей: технология и оборудование / Под ред. В. Е. Канарчука. – Москва: Транспорт, 1995. – 303 с.
- 2 Справочник технолога авторемонтного производства / Под ред. Г. А. Малышева. – Москва: Транспорт, 1977. – 432 с.
- 3 Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств / В. Е. Канарчук [и др.]. – Киев: Вища школа, 1991. – 359 с.
- 4 **Карагодин, В. И.** Ремонт автомобилей и двигателей: учебник / В. И. Карагодин, Н. Н. Митрохин. – Москва: Мастерство; Высшая школа, 2001. – 496 с.
- 5 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985.
- 6 Ремонт автомобилей: учебник / С. И. Румянцев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1988. – 327 с.
- 7 Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / Под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с. : ил.



Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Технико-экономические характеристики некоторых способов восстановления

Способ нанесения покрытия	Производительность, кг/ч	Толщина покрытия, мм	Припуск на механическую обработку, мм	Прочность сцепления, МПа	Доля осадка металла в наплавленном, %	Минимальный диаметр детали, мм	Снижение сопротивления, %	Деформация детали после восстановления	Коэффициент технико-экономической эффективности $K_{э}$
Наплавка:									
под слоем флюса	2...15	0,8...1,0	0,8...1,5	650	27...60	45	15	3	0,436
вибродуговая	0,5...4	0,3...3	0,7...1,3	500	8...20	10	35	Н	0,25
в среде CO ₂	1,5...2,5	0,5...3,5	0,7...1,3	550	12...45	15	15	3	0,403
электродотактная	1...2,8	0,2...1,5	0,2...0,5	300	–	15	25	Н	0,66
порошковыми проволоками	2...9	1...8	0,6...1,2	600	12...35	20	15	3	0,4
ручная газовая	0,15...2	0,4...3,5	0,4...0,8	480	5...30	12	25	3	0,138
плазменная	1...12	0,2...5	0,4...0,9	490	5...30	12	12	Н	0,56
Сварка ручная									
дуговая	0,4...4	0,5...4	1,1...1,7	500	20...40	10	30	3	0,314
аргондуговая	0,3...0,6	0,2...2,5	0,4...0,9	450	6...25	10	25	Н	0,171
Напыление:									
газопламенное	0,4...4	0,2...2	0,3...0,7	25	–	5	30	–	0,39
плазменное	0,8...12	0,2...3	0,03...0,06	45	–	10	25	–	0,4
Гальванические покрытия:									
хромирование	0,007...0,085	0,01...0,3	0,3...0,06	450	–	5	20	–	0,087
железные	0,011...0,9	0,1...3	0,15...0,2	400	–	12	25	–	0,637

Примечание – 3 – значительное, Н – незначительное

Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1 – Глубина дефектного слоя в зависимости от способа восстановления

Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм
Металлизация:	
плазменно-дуговая	0,02...0,05
электродуговая	0,5...1,0
газовая	0,02...0,05
высокочастотная	0,025...0,05
Наплавка:	
электродуговая автоматическая под слоем флюса	0,2...0,5
порошковой проволокой	1,2...2,4
в среде защитных газов	0,4...0,8
в среде водного пара	0,5...1,0
электроимпульсная	0,2...0,4
вибродуговая	0,2...0,5
ручная (электродами)	0,5...1,0
плазменная	0,05...0,1
индукционная	0,15...0,3
газовая	0,25...0,5
электрошлаковая	1,0...2,0
Электролитическое осаждение;	
хромирование	0,02...0,03
железнение (осталивание)	0,03...0,05
никелирование	0,02...0,03
Нанесение полимерных материалов напылением:	
газопламенное	0,35...0,7
в электростатическом поле	0,02...0,05



Приложение В (справочное)

Таблица В.1 – Режимы обработки наплавленных деталей

Типовая поверхность	Твердость HRC материала после наплавки	Материал инструмента	Режим резания			Технологическая среда
			Скорость, м/с	Подача, мм/об	Глубина, мм	
Гладкая наружная цилиндрическая	Менее 30...35	T15K6, T17K8, BK60M, СТИМ-ЗБ	1,5...2,0 2,2...2,8	0,1...0,4 0,1...0,2	2,0...3,0 2,0...3,0	Эмульсол ЭТ-1
	30...45	СТИМ-ЗБ	1,7	0,1...0,2	1,5...2,5	Без охлаждения
		ПСТМ, киборит	2,0...2,2	0,2...0,25	1,5...2,0	
Более 45	ПСТМ, киборит	1,0...1,5	0,1...0,15	0,1...0,15		
Прерывистая наружная цилиндрическая	Менее 30...35	BK60M	0,7...0,8	0,2...0,4	1,5...2,0	Эмульсол ЭТ-1
	30...45	ПСТМ, киборит	0,8...1,2	0,15...0,2	1,0...1,5	Без охлаждения
Шлицевая, торцы зубчатых колес	45...62	Киборит	0,7...0,8	0,1...0,15	1,0...1,2	
Гладкая внутренняя цилиндрическая	Менее 30...35	T15K6, T17K8, BK60M	1,0...1,5	0,1...0,2	1,5...2,5	Эмульсол ЭТ-1
		СТИМ-ЗБ	1,5...2,0	0,3...0,4	1,5...3,0	

Таблица В.2 – Минутная поперечная подача при шлифовании наплавленных поверхностей

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Частота вращения детали, об/мин	Обрабатываемый материал	Подача s_{zm} , мм/мин, при длине шлифования L_0 , мм			
			15	25	35	45
40	95	Сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
50	75		3,1	1,85	1,3	1,0
60	65		2,6	1,55	1,1	0,87
70	55		2,2	1,3	0,96	0,74
80	50		1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2 и УС-25	2,2	1,3	1,0	0,74
50	75		1,8	1,0	0,78	0,6
60	65		1,5	0,9	0,64	0,5
70	55		1,25	0,76	0,54	0,4
80	50		1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СР3	1,6	0,96	0,65	0,55
50	75		1,25	0,75	0,55	0,45
60	65		1,05	0,65	0,4	0,35

Таблица В.3 – Режимы чистового шлифования наплавленных деталей

Обрабатываемый материал	Твердость HRC	Скорость съема металла, мм ³ /мин	Стойкость круга, мин
<i>Предварительное шлифование</i>			
Нп-65Г, Нп- 30Х	45...52	10000...12000	10...12
ГСА	42...54	8000...10000	10...12
<i>Окончательное шлифование</i>			
Св-08Г	25...45	1000...1500	40...50
Нп-65Г, Нп-30Х	45...55	1000...1500	40...50
ГСА	45...54	1000...1500	40...50

Таблица В.4 – Режим обработки твердых покрытий электрохимическим шлифованием

Напряжение, В	Плотность тока, А/дм ³	Давление круга, МПа	Скорость съема металла, мм ³ /мин	Расход электролита, л/мин
<i>Предварительное шлифование</i>				
10...12	150...200	1,2...1,5	800...1200	2,0...2,5
<i>Окончательное шлифование</i>				
6...8	90...120	0,4...0,6	200...300	–



Приложение Г (справочное)

Таблица Г.1 – Режимы обработки при ручной дуговой сварке и сварке под слоем флюса

Диаметр электродного стержня или проволоки, мм	Ручная дуговая сварка		Автоматическая сварка под флюсом	
	Сила тока, А	Плотность тока, А/мм ²	Сила тока, А	Плотность тока, А/мм ²
5	190...350	10...18	700...1000	35...50
4	125...200	10...16	500...800	40...63
3	80...130	11...18	350...600	50...85
2	50...65	16...20	200...400	63...125

Таблица Г.2 – Режимы наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса

Диаметр детали, мм	Сила тока, А, при диаметре электродной проволоки, мм		Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч	Шаг наплавки, мм/об
	1,2...1,6	2,0...2,5				
50...60	120...140	140...160	26...28	16...24	77	3
65...75	150...220	180...220	26...28	16...28	77	3,5...4
80...100	180...200	230...280	28...30	16...30	104	4
150...200	230...250	300...350	30...32	16...32	140	5
250...300	270...300	350...380	30...32	16...35	200	6

Таблица Г.3 – Режимы наплавки под слоем флюса плоских поверхностей

Износ поверхности, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, мм	Скорость подачи электрода, м/ч
2...3	1,6...2	160...220	30...32	20...25	100...125
2...4	1,6...2	250...320	32...34	25	150...200
4...5	2...3	350...460	32...34	20...25	180...210
5...6	4...5	650...750	34...36	25...30	200...250

Таблица Г.4 – Режимы наплавки порошковой проволокой

Марка проволоки	Диаметр, м	Ток, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Защитная среда	Твердость после наплавки HRC
ПП-АН103	2,5...3	260...320	22...24	18...25	Флюс АН-20	40...44
ПП-АН104	2,5...3	260...320	22...24	18...25	Флюс АН-20	40...44
ПП-АН120	2,5	120...130	19...20	30...35	Флюс АН-348НВ	300...350

Таблица Г.5 – Режимы наплавки цилиндрических поверхностей в зависимости от диаметра детали и толщины наплавленного шара металла

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного шара, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавления, м/ч	Смещение электродной проволоки, мм	Шаг наплавления, мм/об	Потери углеродного газа, л/мин
10...20	0,5...0,8	0,8	70...90	16...18	40...45	2...4	2,5...3	6...8
20...30	0,8...1	1	85...110	18...20	40...45	3...5	2,8...3,2	6...8
30...40	1...1,2	1,2	100...150	19...23	35...40	5...8	3...3,5	6...8
40...50	1,2...1,4	1,4	110...180	20...24	30...35	6...10	3,5...4	8...10
50...60	1,4...1,6	1,6	140...200	24...28	30...20	7...12	4...6	8...10
60...70	1,6...2	2	280...400	27...30	20...15	8...14	4,5...6,5	10...12
70...80	2...2,5	2,5	280...450	28...30	10...20	9...15	5...7	12...15
80...90	2,5...3	3	300...480	28...32	10...20	9...15	5...7,5	14...18

Таблица Г.6 – Режимы аргонно-электродуговой сварки алюминия вольфрамовым электродом

Толщина деталей, мм	Диаметр электрода, мм	Диаметр выходного отверстия сопла, мм	Сила сварочного тока, А	Расход аргона, л/мин	Напряжение, В
1	1	5	45...55	4...5	22...24
2	1...2	5...7	70...85	7...8	22...24
3	3	5...9	100...120	8...9	22...24
4	4	12...16	170...200	8...9	22...24
5	5	14...18	180...220	9...10	22...24
6	5	14...18	220...240	9...10	20...22
7...10	5	14...18	260...280	10...12	20...22



Таблица Г.7 – Ориентировочные режимы вибродуговой автоматической наплавки в струе жидкости (4-процентный водный раствор кальцинированной соды)

Диаметр сварочной проволоки, мм	Напряжение сварки, В	Сила сварочного тока, А	Скорость подачи сварочной проволоки		Амплитуда вибрации, мм	Производительность наплавки	
			м/ч	м/с		кг/ч	10 ⁻⁵ кг/с
0,5...0,8	12...15	80...90	54	0,015	1,0...1,2	0,8...0,9	0,2
1,0...1,6	12...18	90...100	57	0,015	1,2...1,6	0,8...1,0	0,31
1,8...2,2	18...19	100...110	61,2	0,017	1,8...2,0	0,9...1,1	0,31
2,2...2,5	20...21	110...130	72	0,020	2,0...2,5	1,2...1,3	0,4
2,5...3,0	22...24	130...180	82	0,022	2,0...2,5	1,3...1,5	0,5
3,0...4,0	24...26	210...240	82	0,022	2,5...3,0	1,8...2,5	0,6

Таблица Г.8 – Режимы приварки ленты

Параметры	Деталь	
	корпусная	типа вал
Сила сварочного тока, кА	7,8...8,0	16,1...18,1
Длительность сварочного цикла, с	0,120...0,160	0,04...0,08
Длительность паузы, с	0,08...0,1	0,1...0,12
Скорость сварки, м/мин	0,5	0,7...1,2
Подача электродов, мм/об	Ручная	3...4
Усилие сжатия электродов, кН	1,70...2,25	1,30...1,60
Ширина рабочей части электродов, мм	8	4
Диаметр электродов, мм	50	150...180
Материал ленты	Сталь 20	Сталь 40...50
Материал детали	Чугун	Сталь любая
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	0,5...1,0	1,5...2,0



Приложение Д (справочное)

Таблица Д.1 – Техническая характеристика установок для аргонно-дуговой сварки и наплавки УДГ-301 и УДГ-501

Параметры установки	УДГ-301	УДГ-501
Род свариваемого тока	Переменный	Переменный
Пределы регулирования напряжения дуги, В	8...20	8...20
Номинальный сварочный ток, А	300	500
Номинальный режим работы (повторность включения ПВ), %	60	60
Длительность цикла сварки, мин	10	10
Пределы регулирования сварочного тока, А	15...300	40...500
Диаметр неплавящихся электродов, мм	0,8...6	2...10
Расход аргона, дм ³ /мин	0,5...10	4...15

Таблица Д.2 – Характеристика горелок для аргонно-дуговой сварки алюминия и его сплавов

Тип горелки	Допустимый ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Масса горелки, кг
УДАР-300 (малая)	200	2...4	0,68
УДАР-300 (большая)	400	3...6	0,87
ГРАД-200	250	2...4	0,20
ГРАД-400	400	3...7	0,40
ЭЗР-3-58	200	2...4	0,68
АР-10 № 1	120	1...3	0,35
АР-10 № 2	200	2...4	0,40
АР-10 № 3	400	3...8	0,50

Таблица Д.3 – Техническая характеристика полуавтоматов для сварки и наплавки

Параметры установки	«Варио-Стар» 240	«Варио-Стар» 304	«Варио-Стар» 404
Напряжение питания, В	3 × 380/415	3 × 380/415	3 × 380/415
Сварочный ток, А	40...240	40...300	40...400
ПВ, %	60	60	60
Сварочное напряжение, В	16...17	16...29	16...2933
Число ступеней регулирования	10	12	18
Диаметр электродной проволоки, мм	0,6; 1,0; 1,2	0,8; 1,0; 1,2	0,6; 1,0; 1,2; 1,6



Таблица Д.4 – Технические характеристики статических преобразователей частоты

Показатель	Тип преобразователя			
	ТПЧ-1	ТПЧ-2	ТПЧ-800-1	СГЧ-2×800
Номинальная мощность, кВт	630	630	800	1600
Частота, Гц	500...1000	150...300	50...1000	800...1300
Выходное напряжение, В	800...1000	800...1000	600...1000	500...1800
Питающее напряжение, В	3 × 380	3 × 380	3 × 380	3 × 6000
КПД, не менее	92	92	94	92
Масса, кг	3650	3650	4400	35370
Габаритные размеры, мм:				
длина	5100	5100	5211	–
ширина	1000	1000	900	–
высота	2480	2480	2680	–

Таблица Д.5 – Техническая характеристика оборудования для электродугового напыления

Параметры оборудования	Марка оборудования		
	КДМ-2	ЭМ-12	ЭМ-15
Производительность при напылении металла, кг/ч:			
алюминия	12,5	45	65
цинка	32	14	25
стали	10	45	–
Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5...2	1,5...2,5	2...3
Скорость подачи проволоки, м/мин	2...12	3,8...14,2	1...14
Наибольший расход сжатого воздуха, м ³	90	150	160
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5...0,6	0,5...0,6	0,5...0,6
Рабочий ток, А	400	500	800
Рабочее напряжение, В:			
дуги	17...44	17...35	17...35
питающей сети	380	380	380
Потребляемая мощность, кВт	25	16	25
Масса, кг	470	23,4	46,5

Таблица Д.6 – Техническая характеристика установок для плазменного напыления

Основной показатель	Модель установки		
	УПУ-3	УМП-5	УМП-6
Мощность плазмотрона, кВт	30	40	30
Плазмообразующие газы	Аргон, водород		Азот, аргон, водород
Давление газа, кПа	500...600	400...500	400...500
Стойкость электродов на номинальном режиме, ч	До 10	До 10	До 20
Масса установки, кг	200	120	265



Таблица Д.7 – Техническая характеристика установок для детонационного напыления

Основной показатель	Модель установки	
	«Катунь»	«Днепр-3»
Скорострельность, выстрел/с	1...10	2...6
Расход напыляемого порошка, кг/ч: окси алюминия твердого сплава ВК-15	1,8 7,8	– –
Толщина покрытия за один выстрел, мкм	5...20	5...20
Диаметр пятна, мкм	–	20
Площадь покрытия, образуемого за один выстрел, мм ²	400	–
Расход рабочих газов, м/ч: кислорода пропана (ацетилен)	10...12 2...3,5	2...12 1,88
Потребляемая мощность, Вт	100	300
Уровень шума при работе, дБ	140	140

Приложение Е (справочное)

Таблица Е.1 – Состав растворов и режим работы при химическом обезжиривании

Компоненты раствора	Номер раствора					
	1	2	3	4	5	6
	Состав раствора, г/л					
Моющее средство «Лабомид», Деталин» или «Импульс»	20...30	–	–	–	–	–
NaOH	–	5...15	20...40	8...12	–	–
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	–	15...35	5...15	20...50	–	15...35
Na ₂ CO ₃	–	15...35	–	–	–	15...35
Ситанол ДС-10	–	3...5	–	–	–	3...5
Обезжириватель ДС-10	–	–	3...5	–	–	–
Na ₂ SiO ₃	–	–	10...30	–	–	–
Натриевое жидкое стекло	–	–	–	25...30	–	–
Средство моющее ОСА-1	–	–	–	–	10...50	–
Режим работы						
Температура, °С	60...80	60...80	50...70	40...70	70...80	60...80
Продолжительность травления, мин	3...10	3...20	2...5	3...10	7...10	5...20

Таблица Е.2 – Состав растворов и режим работы при электрохимическом обезжиривании

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л						
	Сталь			Медь			
Номер раствора	1	2	3	4	5	6	7
NaOH	20...40	5...10	–	45...55	60...70	10...15	10...15
Na ₂ CO ₃	20...40	20...40	25...30	–	10...20	25...30	25...30
Na ₃ PO ₄	20...40	20...40	25...30	10...20	5...10	25...30	25...30
Na ₂ SiO ₃	–	3...5	–	15...25	–	–	–
NaCN	–	5...15	–	–	–	10...15	–
Na ₅ P ₃ O ₁₀ × 10H ₂ O	–	–	–	10...20	–	–	–
Синтанол ДС-10	–	–	1...2	–	–	–	–
Авироль	–	–	–	0,1...0,2	–	–	–
Элва (мл/л)	–	–	–	–	0,1...1	–	–
Трилон Б	–	–	–	–	4...6	–	–
Режим работы							
Плотность тока, А/дм ² :							
	i_k	2...10	2...10	10	4...8	1...1,5	2...5
i_a	–	–	–	3...5	–	–	2...3
Продолжительность травления, мин:							
	τ_k	3...10	3...10	10	4	3,5	4
τ_a	1...3	1...3	–	1...2	–	–	1...2

Таблица Е.3 – Состав электролитов черного хромирования и режим работы

Компоненты электролита	Состав электролита, г/л	
	1	2
Номер раствора		
Хромовый ангидрид CrO ₃	50...400	300...350
Азотнокислый хром Cr(NO ₃) ₉ H ₂ O	3...7	–
Азотнокислый натрий NaNO ₃	–	7...10
Фтористый алюминий AlF ₃	2...5	–
Уксуснокислый барий Ba(CH ₃ COO) ₂	–	5...7
Борная кислота H ₃ BO ₃	8...20	12...15
Режим работы		
Плотность тока i_k , А/дм ²	15...30	20...75



Таблица Е.4 – Состав растворов и режим работы для химического и электрохимического травления сталей и чугуна

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л						
	Номер раствора						
	1	2	3	4	5	6	7
Кислота серная	150...200	175...200	–	–	–	100...200	15...20
Кислота соляная	–	80...100	350...400	–	200...220	–	35...40
Калий йодистый	–	–	–	–	–	0,8...1,0	–
Кислота ортофосфорная	–	–	–	50...60	–	–	–
Ангидрид хромовый	–	–	–	180...206	–	–	–
Натрий едкий	–	–	–	–	–	–	–
Натрий хлористый	–	–	–	–	–	–	–
Синтанол ДС-10 или сульфол НП-3	3...5	3...5	–	–	–	–	–
Катапин	3...5	–	–	–	5...7	8...10	–
Уротропин	–	40...50	40...50	–	–	–	–
Режим работы							
Температура раствора, °С	40...80	40...50	15...40	80...90	15...30	60...80	60...70
Плотность тока, А/дм ² :							
	i_k	–	–	–	–	–	–
i_a	–	–	–	–	–	–	7...10
Продолжительность травления, мин	10...30	10...15	10...15	10...60	10...60	5...30	10...25

Таблица Е.5 – Состав электролита и режим работы при железнении

Компоненты электролита	Постоянный ток			Переменный асимметричный ток
	Номер электролита			
	1	2	3	–
	Состав электролита, кг/м ³			
Хлористое железо FeCl ₂ × 4H ₂ O	200...250	600...650	400...450	400
Соляная кислота HCl	2...3	2,0...2,5	0,6...0,8	1,5...20
Режим работы				
Температура электролита, К	333...343	253...263	223...253	293
Кислотность, рН	1	11,5	1	
Плотность тока D, А/дм ²	До 40	20...80	10...80	20
Скорость осаждения, мкм/мин	6,5	3...5	2,2...10	
Выход по току, %				80...90



Приложение Ж (справочное)

Таблица Ж.1 – Электрохимический эквивалент

Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент, г/(А·ч)	Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент, г/(А·ч)
Алюминий	3	0,335	Никель	2	1,095
Железо	3	0,694	Хром	6	0,324
Медь	2	1,186	Цинк	2	1,220

Таблица Ж.2 – Значение выхода по току η для распространенных гальванических процессов

Гальванический процесс	η , %	Гальванический процесс	η , %
Железнение	85...95	Хромирование:	
Меднение	95...100	блестящее	8...12
Никелирование	90...100	твердое	12...28
Серебрение	95...100	Цинкование	75...95

