

Областное государственное автономное профессиональное образовательное  
учреждение  
«Шебекинский техникум промышленности и транспорта»

**Методические указания  
по выполнению расчетной части  
дипломного проекта  
«Разработка технологической  
документации на ремонт вала (оси)»**

специальность 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация  
промышленного оборудования (по отраслям)

Разработчик: Долгодуш Г.В., преподаватель ОГАПОУ «ШТПТ»

г. Шебекино

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
1. Разработка технологии устранения дефектов	4
2. Расчет параметров режимов нанесения покрытий	7
2.1. Автоматическая наплавка под слоем флюса	7
2.2. Вибродуговая наплавка	10
2.3. Наплавка в среде углекислого газа	12
2.4. Плазменная наплавка	13
2.5. Электроконтактная наплавка лентой	14
2.6. Гальванические покрытия	15
3. Механическая обработка покрытий	16
4. Технические условия (примерные) на контроль-сортировку деталей	26
Список литературы	30

## **Пояснительная записка**

Методические указания к выполнению расчетной части дипломного проекта содержат сведения, необходимые для обучающихся по специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям).

Задания к расчетной части проекта составлены с учетом требований предъявляемых к дипломному проектированию.

Расчетная часть дипломного проекта представляет собой разработку технологии устранения дефекта детали.

При выполнении дипломного проекта студент должен обосновать применяемый метод расчета, пояснить используемые формулы, выбор расчетных параметров и коэффициентов. Терминология, обозначения и наименование величин должны быть общепринятыми.

Исходными данными служат:

1. Наименование детали;
2. Материал детали;
3. Виды износа;
4. Вид наносимого покрытия;
5. Требуемая твердость HRC

## 1. Разработка технологии устранения дефектов

При восстановлении деталей чаще всего используют маршрутно-операционное описание технологического процесса, при котором в маршрутной карте (МК) сокращенно описывают технологические операции в последовательности их выполнения, а отдельные операции подробно описывают в операционных картах (ОК), картах эскизов (КЭ) и других технологических документах. Формы технологических документов регламентированы ГОСТами.

При выполнении расчетной части дипломного проекта следует разработать технологию устранения одного дефекта - износ поверхности детали, указанной в задании. В задании приведены также другие данные, знание которых необходимо при разработке технологии. При этом студент должен разработать только две операционные карты: одну на нанесение покрытия (наплавочная, гальваническая), вторую - на механическую обработку.

Операционная карта предназначена для описания технологических операций с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах. Разрабатывая каждую ОК, необходимо обосновать и назначить оборудование и оснастку, рассчитать и обосновать режимы выполнения переходов и нормы времени.

В карте указывают номер и наименование операции в соответствии с маршрутной картой, наименование и модель (код) оборудования и приспособлений, материал, массу и твердость детали. После записи строки с указанием перехода записывают данные о технологической оснастке, а затем по технологическим режимам.

При разработке последовательности технологических операций восстановления деталей следует учитывать особенности применяемого способа восстановления и основные положения.

В технологию восстановления деталей гальваническими покрытиями входят операции предварительной механической обработки и механической обработки после нанесения покрытий.

Предварительная механическая обработка (как правило, шлифование) предназначена для удаления с покрываемой поверхности следов износа, рисок, раковин, окалины и придания ей требуемой шероховатости.

Для механической обработки, производимой перед наращиванием (гальванопокрытием), а также для предварительной механической обработки необходимо указать размер, до которого производится обработка.

Наименование каждой операции технологического процесса следует давать в краткой форме: “Наплавочная”, “Токарная”.

Содержание операции следует выражать глаголом в повелительном наклонении и приводить наименование обрабатываемых поверхностей. “Наплавить поверхность до Ø40” При обработке нескольких поверхностей следует указывать: “Сверлить 3 отверстия”, “Шлифовать 3 шейки”.

Предварительные и чистовые операции совмещать не рекомендуется, так

как они выполняются с различной точностью. В последнюю очередь выполняют чистовые операции.

Если у детали изношены установочные базы, то их восстанавливают в первую очередь.

При выборе оборудования для каждой технологической операции следует учитывать габариты детали, размер и расположение обрабатываемых поверхностей.

Выбор режущего инструмента определяется: видом обработки, видом станка; формой, размерами и свойствами обрабатываемой детали; заданным качеством и шероховатостью обрабатываемой поверхности.

Формы ОК зависят от вида операций и регламентированы ГОСТами.

Маршрутная карта МК, предназначена для описания технологического процесса включая контроль и перемещение детали по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастки, трудовых нормативах в соответствии с установленными формами.

Служебные символы МК и ОК расшифровываются в таблице №1.

**Таблица 1** - Служебные символы МК и ОК (ГОСТ 3.1118-87)

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Цех; Уч. (участок); РМ (рабочее место); Опер (операция)
Б	Код, наименование оборудования.
Т	Технологическая оснастка
О	Содержание операции
Иот	Инструкция по охране труда
СМ	Степень механизации
Проф	Код профессии
Р	Разряд работы
УТ	Условия труда и код вида нормы (Х – холодные, Г – горячие, ОВ – особо вредные, ОС – опытно-статистический, Р – расчетный, Х – хронометраж)
КР	Число исполнителей операции
ОП	Объем производственной партии
КОИД	Число одновременно обработанных деталей
Кшт	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
Ен	Единица нормирования, на которую установлена норма материала или времени (1, 10, 100 и т.д.).
МД	Масса детали

МЗ	Масса заготовки
КИМ	Коэффициент использования материала
ЕВ	Единица величины (массы, длины, площади и т.д.)
ПК	Периодичность контроля
КИ	Число деталей (количество изделий).
ОПП	Обозначение склада, кладовой или другого помещения, откуда поступили детали
Нрасх	Норма расхода
L	Расчетный размер длины рабочего хода инструмента с учетом врезания и перебега, мм
D	Расчетный размер обрабатываемого диаметра детали, мм
t	Глубина резания
i	Число проходов
S	Продольная подача инструмента, мм/об
n	Число оборотов шпинделя, об/мин
V	Скорость резания, м/мин.
ПИ	Приспособления, инструмент
Y	Сила сварочного тока, А
U	Напряжение дуги, В
Vн	скорость наплавки, м/мм
ЧП	Число проходов
Sм	Подача присадочного материала
dэ	Диаметр электрода, мм
Пл	Обозначение полярности (П-прямая, О-обратная)
To	Операционное время (машинное время)
Tв	Вспомогательное время
Tпз	Подготовительно-заключительное время
Tшг (Тн)	Норма штучного времени на операцию
Tд	Дополнительное время

Простановка служебных символов обязательна. Проставляют только необходимые в конкретном случае символы.

Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строчки с возможностью переноса информации на последующие строки.

## 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

### 2.1. Автоматическая наплавка под слоем флюса

#### Расчет режимов наплавки

Таблица 2 - Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока А при диаметре электродной проволоки, мм	
	1,2-1,6	2-2,5
50-60	120-140	140-160
65-75	150-170	180-220
80-100	180-200	230-280
150-200	230-250	300-350
250-300	270-300	350-380

Скорость наплавки  $V_n$ , м/ч

$$V_n = \frac{\alpha_n \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma} \quad (1)$$

Частота вращения детали  $n$ , мин<sup>-1</sup>

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{60\pi \cdot d} \quad (2)$$

Скорость подачи проволоки  $V_{np}$ , м/ч

$$V_{np} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I}{\pi \cdot d_{np}^2 \cdot \gamma} \quad (3)$$

Шаг наплавки  $S$ , мм/об

$$S = (2 \div 2,5) \cdot d_{np} \quad (4)$$

Вылет электрода  $\delta$ , мм

$$\delta = (10 \div 12) \cdot d_{np} \quad (5)$$

Смещение электрода  $\ell$ , мм

$$\ell = (0,05 \div 0,07) \cdot d \quad (5)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/А·ч (при наплавке постоянным током обратной полярности;  $\alpha_n = 11—14$ );

$h$  - толщина наплавленного слоя, мм;

$\gamma$  - плотность электродной проволоки, г/см<sup>3</sup> ( $\gamma = 7,85$ );

$d_{np}$  - диаметр электродной проволоки, мм;

$I$  - сила тока, А;

$d$  - диаметр детали, мм.

Параметры режима наплавки подставляются в формулы без изменения размерностей.

Толщина покрытия  $h$ , мм, наносимого на наружные цилиндрические поверхности, определяется по следующей формуле:

$$h = \frac{I}{2} + z_1 + z_2 \quad (7)$$

где  $I$  - износ детали, мм;

$z_1$  - припуск на обработку перед покрытием, мм (на сторону). Ориентировано  $z_1 = 0,1 \dots 0,3$  мм;

$z_2$  - припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм (на сторону, см. табл.3).

**Таблица 3** - Припуск на механическую обработку при восстановлении деталей различными способами

Способ восстановления	Минимальный припуск односторонний $z_2$ , мм
Ручная электродуговая наплавка	1,4...1,7
Наплавка под слоем флюса	0,8...1,1
Вибродуговая наплавка	0,6...0,8
Наплавка в среде углекислого газа	0,6...0,8
Плазменная наплавка	0,4...0,6
Аргонно-дуговая наплавка	0,4...0,6
Электроконтактная наплавка	0,2...0,5
Газотермическое напыление	0,2...0,6
Осталивание	0,1...0,20
Хромирование	0,05...0,1

В зависимости от необходимой твердости наплавленного слоя применяют следующие марки проволок и флюсов.

Наплавка проволоками Св-08А, Нп-30, Нп-40, Нп-60, Нп-30ХГСА под слоем плавленных флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость НВ 187-300. Использование керамических флюсов (АНК-18, ШСН) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до (HRC-40-55) без термообработки.

Норма времени на выполнение наплавочных работ под слоем флюса и другими механизированными способами наплавки ( $T_H$ ) складывается из следующих элементов затрат времени:

$$T_H = T_O + T_{ВС} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n} \quad (8)$$

где  $T_O$  - основное время определяется по следующей формуле:



$$T_O = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot V_n \cdot S} \quad (9)$$

где  $l$  - длина наплавляемой поверхности детали, мм;

$n$  - количество наплавляемых деталей в партии, шт. (в учебных целях можно принять 7 – 22 шт.):

$T_{ВС}$  - вспомогательное время наплавки (в учебных целях для механизированных способов наплавки принимается равным 2 – 4 мин.);

$T_{ДОП}$  - дополнительное время определяется по следующей формуле:

$$T_{ДОП} = \frac{(T_O + T_{ВС}) \cdot K}{100} \quad (10)$$

где  $K = 10-14\%$  - коэффициент, учитывающий долю дополнительного времени от основного и вспомогательного;

$T_{ПЗ}$  - принимается (в учебных целях) равным 16-20 мин.

## 2.2. Вибродуговая наплавка

### Расчет режимов наплавки

Сила тока

$$I = (60 \dots 75) \frac{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^2}{4} \quad (11)$$

Скорость подачи электродной проволоки может быть подсчитана по формуле

$$V_{\text{ПР}} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{\text{пр}}^2}, \quad (12)$$

где  $V_{\text{пр}}$  - скорость подачи проволоки, м/ч;

$I$  - сила тока, А;

$U$  – напряжение, В;  $U = 14-20$  В;

$d_{\text{пр}}$  - диаметр электродной проволоки, мм.

Скорость наплавки рассчитывают по формуле

$$V_{\text{Н}} = \frac{0,785 \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot V_{\text{ПР}} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot \alpha} \quad (13)$$

где  $V_{\text{н}}$  - скорость наплавки, м/ч;

$\eta$  - коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл принимают равным 0,8-0,9;

$h$  - заданная толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм;

$S$  - шаг наплавки, мм/об;

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой  $h$ ,  $\alpha = 0,8$ .

Между скоростью подачи электродной проволоки и скоростью наплавки существует оптимальное соотношение, при котором обеспечивается хорошее качество наплавки. Обычно  $V_{\text{Н}} = (0,4 \div 0,8) \cdot V_{\text{ПР}}$ . С увеличением диаметра электродной проволоки до 2,5 ÷ 3,0 мм -  $V_{\text{Н}} = (0,74 \div 0,8) \cdot V_{\text{ПР}}$ .

Частота вращения детали при наплавке цилиндрических поверхностей определяется по формуле (2). Шаг наплавки:

$$S = (1,6 \div 2,2) \cdot d_m \quad (14)$$

Амплитуда колебаний:

$$A = (0,75 \div 1,0) \cdot d_m, \quad (15)$$

Индуктивность ( $L$ , Гн)

$$L = \frac{51 \cdot \pi \cdot d_{np}^2 \cdot V_{np} \cdot \gamma}{i^2 \cdot f} \quad (16)$$

где  $I$  - максимальная сила тока в цепи, А (ее берут в два раза больше силы тока по амперметру);

$f$  - частота колебаний, Гц.

Применяются следующие марки электродных проволок: Нп-65, Нп-80, Нп-3ОХГСА и др.

Полярность обратная.

Твердость наплавленного слоя зависит от химического состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. При наплавке проволокой Нп-60, Нп-80 и др. с охлаждением обеспечивается твердость 35-55 НРС. При наплавке низкоуглеродистой проволокой Св-0,8, Св-08Г2С и др. получают твердость поверхности 22-26 НРС. Расчет нормы времени для вибродуговой наплавки следует выполнять по формулам 8, 9, 10.

## 2.3. Наплавка в среде углекислого газа

### *Расчет режимов наплавки*

Сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и диаметра детали (таблица 4).

Скорость наплавки ( $V_H$ ), частота вращения ( $n$ ), скорость подачи электродной проволоки ( $V_{ПП}$ ), шаг наплавки ( $S$ ), смещение электрода ( $l$ ) определяются по тем же формулам, что и при наплавке под слоем флюса.

**Таблица 4** - Режимы наплавки в углекислом газе

Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	I, А	U, В
0,8...1	10...20	70...95	18...19
	20...30	90...120	18...19
	30...40	110...140	18...19
1... 1,2	40...50	130...160	18...20
1,2...1,4	50...70	140...175	19...20
1,4...1,6	70...90	170...195	20...21
1,6...2	90...120	195...225	20...22

Коэффициент наплавки при наплавке на обратной полярности  $a_n = 10...12$  г/А-ч. Вылет электрода равен 8...15 мм. Расход углекислого газа составляет 8...20 л/мин. Наплавка осуществляется проволоками Нп-ЗОХГСА, Св-18ХГСА, Св-08Г2С, Св-12ГС, в состав которых должны обязательно входить раскислители - кремний, марганец.

Твердость слоя, наплавленного низкоуглеродистой проволокой марки Св-08Г2С, Св-12ГС составляет НВ 200-250. и проволоками с содержанием углерода более 0,3% (ЗОХГСА и др.) после закалки достигает 50 НРС. Норму времени следует рассчитывать по формулам 8, 9, 10.

## 2.4. Плазменная наплавка

### *Расчет режимов наплавки*

При плазменной наплавке расчет таких параметров режима как скорость, частота вращения, толщина покрытий рекомендуется выполнять соответственно по формулам 1, 2, 7, принятых для расчета режима наплавки под слоем флюса.

Рациональное значение силы тока при плазменной наплавке находится в пределах 200-230 А. Коэффициент наплавки  $a = 10-13$  г/А-ч.

Расход порошка определяется по формуле

$$Q = 0,1 \cdot v \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K_n,$$

где  $Q$  - расход порошка, г/с;

$S$  - шаг наплавки, см/об ( $S = 0,4-0,5$ );

$h$  - толщина наплавленного слоя, мм;

$\gamma$  - плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>. Для порошковых твердых сплавов на железной основе  $\gamma = 7,4$ ; для сплавов на никелевой основе  $\gamma = 0,8$ .

$K_n$  - коэффициент, учитывающий потери порошка,  $K_n = 1,12-1,17$ .

Норма времени рассчитывается по тем же формулам, что и при наплавке под слоем флюса.

Полярность прямая. Наплавка осуществляется на установках для плазменного напыления (УМП-6, УПУ-3Д) и плазменной сварки (УПС-301), модернизированных под плазменную наплавку.

## 2.5. Электроконтактная наплавка лентой

### Определение режимов наплавки

Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, определяющими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 или 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва.

Рекомендуется следующий режим приварки ленты толщиной до 1 мм:

- Сила сварочного тока, кА - 16,1 - 18,1.
- Длительность сварочного цикла, с - 0,04-0,08.
- Длительность паузы, с - 0,1 - 0,12.
- Подача сварочных клещей, мм/об - 3-4.
- Усилия сжатия электродов, кН - 1,30 - 1,60.
- Ширина рабочей части сварочных роликов, мм - 4.
- Скорость наплавки, 3 - 4 м/мин.

Частоту вращения детали, норму времени на наплавку рассчитывают аналогично расчету этих параметров при наплавке под слоем флюса.

При выборе материала ленты следует пользоваться данными, приведенными в таблице 5.

**Таблица 5** - Твердость наплавленного слоя разных марок стали

Марка стали	Твердость наплавленного слоя, HRC	Марка стали	Твердость наплавленного слоя, HRC
Сталь 20	30...35	Сталь 55	50...55
Сталь 40	40... 45	Сталь 40 X	55...60
Сталь 45	45...50	Сталь 65 Г	60...65

## 2.6. Гальванические покрытия

Сила тока

$$I = D_K \cdot F_K, \quad (17)$$

где  $D_K$  - катодная плотность тока А/дм<sup>2</sup> (определяется условиями работы детали, видом покрытия, температурой и концентрацией электролита). При хромировании принимают  $D_K = 50-75$  А/дм<sup>2</sup>, при осталивании – 20...30 А/дм<sup>2</sup>;  $F_K$  - площадь покрываемой поверхности, дм<sup>2</sup>; Норма времени  $T_H$  определяется выражением

$$T_H = \frac{(t_0 + t_1) \cdot K_{ПЗ}}{n_g \cdot \eta_u} \quad (18)$$

где  $t_0$  - продолжительность электролитического осаждения металлов в ванне, ч;

$t_1$  - время на загрузку и выгрузку деталей ( $t_1 = 0,1-0,2$  ч);

$K_{ПЗ}$  - коэффициент, учитывающий дополнительное и подготовительно-заключительное время (при работе в одну смену  $K_{ПЗ} = 1,1...1,2$ ; в две смены  $K_{ПЗ} = 1,03 - 1,05$ );

$n_0$  - число деталей, одновременно наращиваемых в ванне (для учебных целей можно принять 10-40);

$\eta_u$  - коэффициент использования ванны ( $\eta_u = 0,8-0,95$ ). Время выдержки деталей в ванне определяют по формуле:

$$t_0 = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_K \cdot \eta_e} \quad (19)$$

где  $h$  - толщина наращивания, мм (выбирается согласно заданию с учетом износа и припуска на обработку);

$\gamma$  - плотность осажденного металла, г/см<sup>3</sup> (хромирование  $\gamma = 6,9$ , осталивание 7-7,8);

$C$  - электрохимический эквивалент, г/А·ч (хромирование  $C = 0,323$ ; осталивание  $C = 1,042$ );

$\eta_e$  - выход металла по току. Для хромирования - 12-15%, для осталивания - 80-95%.

Отношение площади анода к площади катода  $F_a / F_k$  при осталивании и хромировании можно принять 2:1.

### 3. Механическая обработка покрытий

#### *Выбор режимов резания*

Механическая обработка покрытий, наносимых на изношенные поверхности, является завершающей операцией в технологии восстановления деталей.

Механическую обработку наплавленных слоев при твердости до HRC 40 рекомендуется выполнять резанием резцами с пластинками из сплава ВК6. При твердости свыше HRC 40 следует применять шлифование.

После восстановления изношенной поверхности железнением и хромированием, шлифование рекомендуется выполнять кругами на керамической связке зернистостью 20-25 среднемягкой или мягкой твердости (от М1-М3 до СМ1-СМ2) при скорости круга 25-30 м/с.

Шлифование наплавленных слоев с высокой твердостью рекомендуется производить кругами из электрокорунда хромистого при твердости СМ1-СМ2 и скорости 30-35 м/с.

К основным элементам режима резания относятся: глубина резания -  $t$  в мм; подача  $S_B$  мм/об; скорость резания  $V$  мм/мин или частота вращения  $n$  об/мин.

Исходными данными для выбора режима резания являются: данные об обрабатываемой детали (рабочий чертеж и технические условия); род и характеристика материала покрытия, форма, размеры и допуски на обработку; допускаемые отклонения от геометрической формы: некруглость, нецилиндричность, допускаемые погрешности взаимной координации отдельных поверхностей; требуемая шероховатость.

Выбор режима резания при токарной обработке (точение)

Частота вращения,  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об / мин} \quad (20)$$

Глубина резания  $t = z_2$  мм, (табл. 6).

Подача для черногого точения выбирается по таблицам 6-7 (для учебных целей).



**Таблица 6 - Подачи при обтачивании деталей из стали**

Глубина Резания t, мм	Диаметр детали в мм							
	18	30	50	80	120	180	260	Св.260
	Подача S, мм/об							
До 5	до 0,25	0,2-0,5	0,4-0,8	0,6-1,2	1,0-1,4	1,4	1,4	1,4

**Таблица 7 - Подачи при растачивании**

Глубина Резания	Диаметр круглого сечения державки резца в мм					
	10	15	20	25	30	40
	Вылет резца в мм					
	50	80	100	125	150	200
	Подача S, мм/об					
Сталь t=2 t=3	0,05-0,08 -	0,08-0,20 0,08-0,12	0,15-0,40 0,10-0,25	0,25-0,70 0,15-0,40	0,50-1,0 0,20-0,50	- 0,25-0,60
Чугун t=2 t=3	0,08-0,12 0,05-0,08	0,25-0,40 0,15-0,25	0,50-0,80 0,30-0,50	0,90-1,50 0,50-0,90	- 0,90-1,20	- -

Требуемая шероховатость обработанной поверхности является основным фактором, определяющим подачу при чистовом точении (таблица 8).

**Таблица 8 - Подача в зависимости от заданной шероховатости поверхности для токарного резца со значениями главного и вспомогательного углов в плане  $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$**

Диапазон скорости реза- ния, м/мин	Шероховатост ь поверхности, Ra мкм	Радиус при вершине резца r, мм					
		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
		Подача S, мм/об					
Весь диапазон	80-40	-	-	-	-	2,80	3,2
	40-20	-	-	1,45	1,60	1,90	2,10
	20-10	0,46	0,58-0,89	0,67-1,05	0,73-1,15	0,85-1,30	0,93-1,45
	10-5,0	0,20-0,35	0,25-0,44	0,29-0,51	0,32-0,57	0,37-0,65	0,41-0,71
	5,0-2,5	0,13	0,12-0,17	0,14-0,20	0,16-0,22	0,13-0,26	0,15-0,30

Скорость резания:

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}, \text{ м/МИН}, \quad (21)$$

где  $t$  - глубина резания в мм;

$S$  - подача в мм/об;

$T$  - стойкость инструмента в мин. (выбирается согласно табл. 9)

**Таблица 9 - Стойкость инструмента**

Материал резца	Сечение резца в мм				
	16×25	20×30	25×40	40×60	60×90
	Стойкость резца Г (в мин)				
Быстро режущая сталь	60	60	90	120	150
Металлокерамический твердый сплав	90	90	120	150	180

Значение  $C$  выбирается согласно таблице 10.

Значение  $m$  выбирается согласно таблице 11.

**Таблица 10 - Значение  $C$**

Обрабатываемый материал	$C$
Сталь, стальное литье	41,7
Серый чугун и медные сплавы	24,0

**Таблица 11 - Значение  $m$**

Обрабатываемый материал	Типы резцов	Условия обработки	$m$		
			быстро режущая сталь	сплав ТК	сплав ВК
Сталь, стальное литье, ковкий чугун	Проходные	С охлаждением	0,125	0,125	0,150
	Подрезные	Без охлаждения	0,100	0,125	0,150
	Расточные				
	Отрезные	Без охлаждения	0,200	-	0,150
Серый чугун	Проходные	Без охлаждения	0,100	0,125	0,200
	Подрезные				
	Расточные	Без охлаждения	0,150	-	0,200
Отрезные					

Значение  $x$  при обработке стали - 0,18, при обработке чугуна - 0,15.

Значение  $u$  при обработке стали - 0,27, при обработке чугуна - 0,30. Норма времени на обработку данной партии деталей ( $T_n$ ) выражается следующей формулой:

$$T_{II} = T_O + T_{BC} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n} \quad (22)$$

Основное (технологическое) время при точении  $T_O$

$$T_O = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}; \quad (23)$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм}, \quad (24)$$

где  $L$  - расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

$l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$i$  - число проходов;

$l_1$  - длина врезания инструмента в мм (рассчитывается по формулам в соответствии с геометрией инструмента и глубиной резания);

При точении  $l_1 = t \cdot \text{ctg } \varphi$ ;

При расчетах  $\varphi$  - главный угол в плане можно принять равным  $45^\circ$ , тогда

$$l_1 = t.$$

$T_B$  - вспомогательное время на установку и снятие детали со станка, пуск и остановку станка, подвод и отвод режущего инструмента, измерение размеров и т. п. ( $T_B$  при точении выбирается из таблицы 12)

$l_2$  - длина подхода и перебега инструмента в мм (2-5 мм);

$l_3$  - длина проходов при взятии пробных стружек в мм (5-8 мм). Основное ( $T_O$ ) и вспомогательное ( $T_B$ ) время в сумме составляют оперативное время ( $T_{ОП}$ )

$$T_{ОП} = T_n + T_B \quad (25)$$

Дополнительное время ( $T_{ДОП}$ ) при точении можно принять 3% от  $T_{ОП}$  (в учебных целях).

**Таблица 12** - Вспомогательное время при точении

Способ установки обрабатываемой заготовки	Масса заготовки, кг					
	до 1	до 3	до 5	до 8	до 12	до 20
В центрах: с хомутом с люнетом	0,35	0,44	0,54	0,64	0,72	0,87
	0,45	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,53	0,67	0,7	0,75	0,8	0,86
В потроне: без выверки с выверкой с люнетом	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
	0,4	0,47	0,56	0,63	0,7	0,84
	0,4	0,41	0,53	0,6	0,67	0,78

Подготовительно-заключительное время ( $T_{ПЗ}$ ) при партии деталей  $n = 7-22$  шт. можно принять 13-16 мин (в учебных целях).

### *Выбор режимов резания при шлифовании*

Шлифование с продольной подачей

Глубина шлифования:

$t = (0,005-0,015)$  мм - проход при круглом чистовом шлифовании;

$t = (0,010-0,025)$  мм - при черновом шлифовании.

Число проходов:

$$i = z/t. \quad (26)$$

где  $z$  - припуск на шлифование (на сторону) в мм. Продольная подача  $S$ , мин/об:

$$S = S_D \cdot B_K, \quad (27)$$

$S_D$  - продольная подача в долях ширины круга на один оборот детали,

$B_K$  - ширина шлифовального круга в мм ( $B_K$  - 20-60 мм). При круглом шлифовании  $S$  зависит от вида шлифования:

1.  $S = (0,3-0,5) B_K$  - при черновом шлифовании деталей, изготовленных из любых материалов, диаметром меньше 20 мм:

2.  $S = (0,6-0,7) B_K$  - при черновом шлифовании деталей, из любых материалов, диаметром более 20 мм;

3.  $S = (0,75-0,85) B_K$  - для деталей из чугуна;

4.  $S = (0,2-0,3) B_K$  - при чистовом шлифовании независимо от материала и диаметра детали.

Окружная скорость детали  $V_D$ :

$V_D = 20-80$  м/мин (для чернового шлифования).

$V_D = 2-5$  м/мин (для чистового шлифования). Число оборотов детали

(частота вращения) определяется по формуле (20). Скорость продольного перемещения стола  $V_{CT}$ :

$$V_{CT} = \frac{S \cdot n_{\partial}}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (28)$$

Основное время при шлифовании

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\partial} \cdot S} \cdot K, \quad (29)$$

где  $L$  - длина продольного хода стола определяется по формулам:

- при шлифовании на проход,

$$L = l + (0,2 \div 0,4) B_K, \text{ мм;} \quad (30)$$

- при шлифовании в упор,

$$L = l - (0,4 \div 0,6) B_K, \text{ мм,} \quad (31)$$

$l$  - длина шлифуемой поверхности, мм;

$K$  - коэффициент точности (коэффициент выхаживания, равный при черновом шлифовании 1,1; при чистовом - 1,4).

Шлифование с поперечной подачей (методом врезания). Врезное шлифование является производительным методом обработки. Оно осуществляется с поперечной подачей до достижения необходимого размера поверхности (продольная подача отсутствует). Шлифовальный круг перекрывает всю (длину) ширину обрабатываемой поверхности детали. Основное время при поперечном шлифовании:

$$T = \frac{z}{n_{\partial} \cdot S_{non}} \quad (32)$$

где  $S_{non}$  - поперечная подача на один оборот детали ( $S = 0,0025-0,02$  мм/об). Остальные параметры ( $t$ ,  $V_d$ ,  $n_d$ ) определяются также, как и при продольном шлифовании.

Вспомогательное время ( $T_n$ ) при шлифовании выбирается из таблицы 13.

**Таблица 13** - Вспомогательное время при работе на круглошлифовальных станках, мин

Способ установки обрабатываемой детали	Масса обрабатываемой детали с оправкой, кг			
	3	8	12	16
Надеть на деталь хомутик, установить в центрах, пустить станок, снять деталь с центров, снять хомутик, положить деталь на место.	0,43	0,62	0,70	0,72

Дополнительное время ( $T_{доп}$ ) при шлифовании можно принять 7% от  $T_{оп}$ , формула 24 (в учебных целях).

Подготовительно-заключительное время ( $T_{пз}$ ) при шлифовании ( $n = 7-22$  лет) для учебных целей принимается 14-18 мин.



## Пример маршрутной карты

Дубл. Этом. Подл.				ГОСТ 31404-86 Форма 2					
				Изм лист № докум. Подпись Дата					
				□ 01102.00001-5					
Разраб.				Каф. надежности и ремонта машин		□ 60140.0003			
И. контр.				Вал					
				Наименование операции		Материал			
				Программная шлифовальная		Сталь 35-а-2			
				Твердость	ЕВ	М.д.	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
				НВ ≤ 207	К2	5	φ58 x 360	8	1
				Оборудование. Устройство ЧПУ				Обозначение программы	
Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М152 М8Ф2									
Тс		Тв		Тн.з		Тшм			
0,625		0,79		27		1,49			
				СОЖ					
				Эмульсия					
Р		ПН	Диал В	L	ε	i	S	H	V
01	1. Установить деталь, закрепить								
02	Центр 7032-0029 Морзе 4 ГОСТ 13214-79; полуцентр 7032-0079 Морзе 4 ГОСТ 2576-79;								
03	Хомутик 7107-0067 ГОСТ 16488-70								
04	2. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 1,2, методом радиальной подачи								
Т05	Круг ПП600x80x305 15А 50Н С1 Б К5 50 м/с А 1 кл ГОСТ 2424-83								
06	Калибр-скобы 6115-0139 К6 ГОСТ 18362-73								
Р07	Для круга		600				1592		50 м/с
08	Для детали		48,5		64		1		0,5 мм/мин 130 19,9 м/мин
09	3. Контролировать размеры: 1-10%; 2-3%.								
10	4. Уложить деталь в тару								



## Пример операционной карты

Дополнительные графы по ГОСТу 2НМ-6Н				По ГОСТу 3.1103-74													
(Институт, кафедра,)			Операционная карта Сварочно-наплавочных работ				Лист	Вал редуктора									
Материал детали		Сталь 18Х1Т		Масса, кг		2,6 кг		Твердость			HRC 30...50						
Оборудование	Наименование,		Приспособления	Наименование, обозначение			Количество рабочих	Обозначение профессии	Разряд ра-боты	Обозначение			Размер партии	Помер участка . иеха	Номер операции		
	Станок токарно-			Пружинная проволока						Тарифной	Вида нормы	Един, нормир.					
	1 К62			II кл. ГОСТ 9389-60													
	Головка для			Диаметр 1,6 мм													
	наплавки																
Номер перехода	Содержание переходов			Инструмент		Расчетные размеры			Режимы обработки								
				вспомогательный	Режущий	Измерительный	Диаметр ширина	Длина, мм	Число проходов	Глубина ре-н заня	мм/об	Частота вращения	Скорость пезания	Сила тока	Напряжение	ТПЗ, мм	Тшт, мин
А	Установить деталь в центрах станка																
I	Наплавить резьбовую поверхность без подачи охлажденной жидкости			Штангенциркуль ШУ-1-0.1-125		24,5	11	1	Полярн. – обратная	S <sub>пр</sub> = 1,7 м/мин	V <sub>напл</sub> = 0,97	A = 160' ... 190	V = 4... 16	16	2,3	0,34	-
Б	Снять деталь																
К	Проверить качество наплавки осмотром и Ø 24,5 <sup>+0,5</sup> мм																
Основная надпись по ГОСТу 3.1103-7-1																	

Дубл																				
Взам																				
Подп																				
Разраб.						НГАУ		Маршрутная карта												
№контр																				
01	В60ГОСТ2590-87.45 ГОСТ1050-85																			
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н,рас х	КИМ	Код загот	Профиль и размеры	ЕД	МЗ										
	-	КГ	1,52 0	КГ	1,840	0,8	Поковка	Ø=50×ℓ=315	1	1,925										
	Ц ех	У ч	Р м	Оп ер	Код наименования операции			Код обозначения документа												
	Код, наименование оборудования					СМ	Про ф	Р	УТ	КР	КО ИД	ЕН	ОН	Ко нт	Тпз	Тш г				
А 01	1	02	1	05	Фрезерная															
Б 04	6Н82					-	фрез ер	4	Сп/ Н	1	1	ми н	450	-	0,0	1,1				
О 05	Фрезеровать торцы с двух сторон выдерживая размер 312±1,25																			
Т 06	АБВГ ххх ххх ххх Тиски машинные; АБВГ ххх ххх ххх Фреза дисковая 8К6М; АБВГ ххх ххх ххх																			
07	Шаблон, АБВГ ххх ххх ххх Штангенциркуль ШД-Ш 250±0,5 ГОСТ 166-82																			
08																				
А 09	2	01	2	10	Токарная															
Б 10	1К62					-	тока рь	4	Сп/ Н	1	1	ми н	450	-	0,0	1,1				
О 11	Точить поверхность выдерживая размеры Ø45-0,2 Ø40-0,17 312±1,25; Ø27±0,2																			
12	Кромки притупить																			
Т 13	АБВГ ххх ххх ххх кулачковый патрон; АБВГ ххх ххх ххх Резец проходной ВК6М;																			
14	АБВГ ххх ххх ххх Микрометр МК-50-75 ГОСТ 6507-84; ЛБВГ ххх ххх ххх Микрометр МК-25-50																			
15	ГОСТ 6507-84; АБВГ хх ххх ххх Штангенциркуль ШЦ-Ш 250±0,05 ГОСТ 166-82																			
16																				

## Технические условия (примерные) на контроль-сортировку деталей

№ дефектов	Дефекты	Размер, мм		№ маршрутов	Сочетание дефектов на деталях в маршрут
		новых деталей	допустимые без ремонта		
	<b>Ось</b> (рис. 1)	Контрольные инструменты, мм: Микрометр 50-100, Штангенциркуль 300 или предельные калибры-скобы 90,2 и 89,96 мм и Пробка 20,1 мм. Магнитный дефектоскоп.			
1	Износ поверхности пол бугели	$90,5_{-0,14}$	90,2	I	1,2; 1,3.
2	Износ посадочных мест под внутренние подшипники	$90_{\pm 0,023}$	89,96		1,2,3; 2,3; 1,2,3,4.
3	Износ посадочных мест под наружные роликоподшипники	$90_{-0,023}$	89,96		1,2,3,5 и 1,2,3,4,5.
4	Изгиб оси			II	Сочетания маршрута 1+(6)
5	Износ отверстий под установочные шпильки	$20^{+0,045}$	20,1	III	1,4 и 1,4,6.

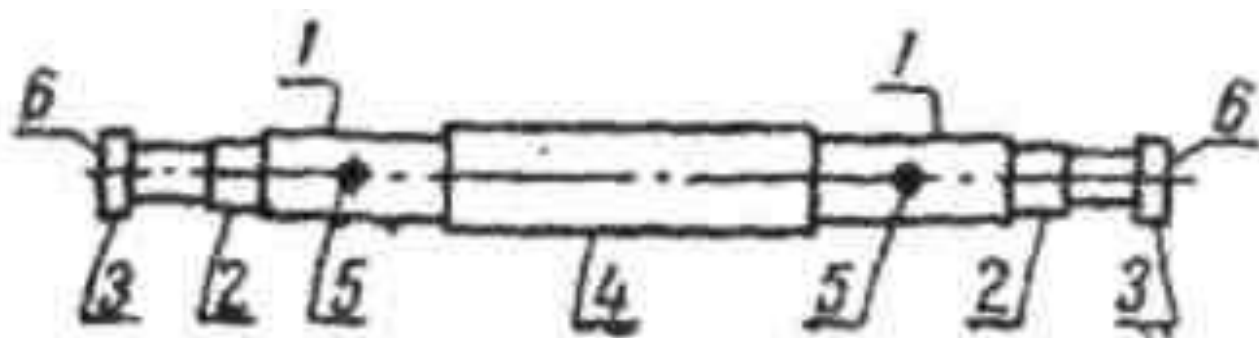


Рис. 1. Ось:

1 - износ поверхности под бугели; 2 — износ посадочных мест под внутренние подшипники; 3 - износ посадочных мест под наружные подшипники; 4 - деформация оси; 5 - износ отверстий под установочные шпильки; 6 - срыв резьбы или излом болтов в отверстиях.

№ дефектов	Дефекты	Размер, мм		№ маршрутов	Сочетание дефектов на деталях в маршрут
		новых деталей	допустимые без ремонта		
	<b>Ось поддерживающего ролика</b> (рис. 2)	<b>Контрольный инструмент, мм:</b> микрометр 25-50, магнитный дефектоскоп, скоба 34, 96.  <b>Выбраковочные признаки:</b> трещины.			
1	Износ шеек под подшипники	$35_{-0,027}^{-0,010}$	34,96	I	1 и 1,3.
2	Износ или срыв резьбы	2М33×1,5		II	1,2.
3	Смятие резьбы	2М33×1,5		III	3

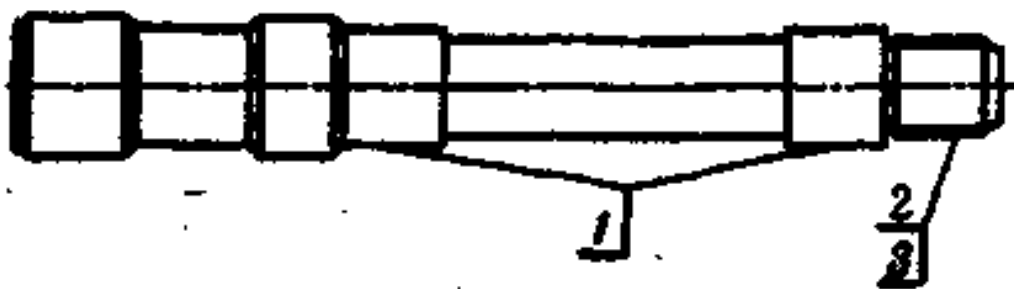


Рис. 2. Ось поддерживающего ролика:

1 - износ поверхности посадочных мест под подшипники: 2 - износ или срыв резьбы, устраняемый наплавкой с последующей нарезкой резьбы нормального размера: 3 - повреждение резьбы, устраняемое прогонкой.

№ дефектов	Дефекты	Размер, мм		№ маршрутов	Сочетание дефектов на деталях в маршрут
		новых деталей	допустимые без ремонта		
	<b>Цапфа</b> (рис. 3)	<b>Контрольные инструменты, мм:</b> штангенциркуль или предельные калибры-скобы, магнитный дефектоскоп.  <b>Выбраковочные признаки, мм:</b> износ по диаметру менее 71 до переворачивания, и менее 70 после переварачивания. трещины любого размера и расположения.			
1	Износ по диаметру до и , после переворачивания	$72_{-0,195}^{-0,095}$	71 70	I II	1, 1; 2 и 1,3.
2	Износ или срыв резьбы более двух ниток Излом болта в резьбовых отверстиях	M16X2		III	2; 3 и 2,3.

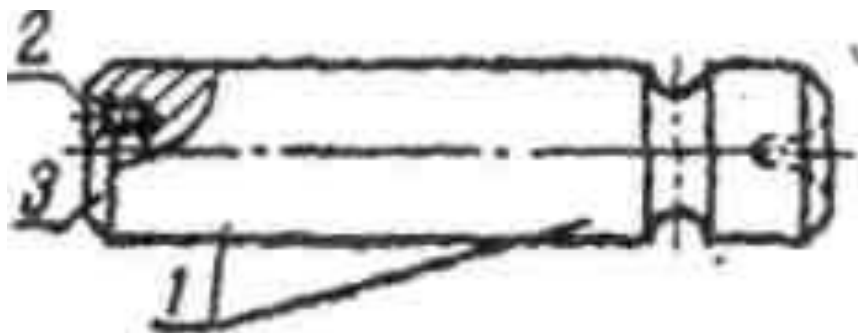


Рис. 3. Цапфа:

1 - износ по диаметру; 2 - износ или срыв резьбы; 3 - излом болтов в отверстиях.

## Основная литература:

1. Феофанов А.Н., Схиртладзе А.Г. Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования: учебник для студ. Учреждений сред. Проф. Образования – М.Издательский центр «Академия», 2017.

## Дополнительная литература:

1. Воронкин Ю. И. Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования: учебник для СПО. – М.: Академия, 2005
2. В.Т. Гельберг., Г.Д. Пекелис "Ремонт промышленного оборудования" М. "Высшая школа" 1988.
3. Генкин А. Э. Оборудование химических заводов: учеб. пособие – М.: Высшая школа, 1986
4. И.К. Пукинец, Н.В.Мурашев "Ремонт промышленного оборудования" М. "Высшая школа" 1969.
5. Г.П.Сальников "Технология машиностроения и конструкционные материалы" - Киев.: Техника, 1974.
6. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Химия, 1988
7. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка: учебник для СПО. – М.: Академия, 2003
8. "Справочник механика" под редакцией Ю.С.Борисова Т2М. "Машиностроение 1971.
9. Паспорта станков.
10. Машиностроительные материалы. Краткий справочник. / Под ред. В.М.Раскатова - М : Машиностроение, 1980.