

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина»

М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров, А. В. Андреев

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА
ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

Учебное пособие

Краснодар
КубГАУ
2017

УДК 629.08 (075.8)
ББК 40.72
Ч-34

Рецензенты:

Е. И. Винецкий – профессор, д-р техн. наук
(ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии);

В. И. Брюшко – канд. техн. наук
(Учебно-аттестационный центр ОАО «Краснодаргазстрой»);

В. Ю. Фролов – профессор, д-р техн. наук
(Кубанский государственный аграрный университет)

Чеботарёв М. И.

Ч-34 Организация процесса восстановления деталей при ремонте машин : учеб. пособие / М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров, А. В. Андреев – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 231 с.

ISBN 978-5-00087-308-0

В учебном пособии даны методы выбора маршрутной технологии восстановления изношенных поверхностей, предложен опытно-статистический способ расчета операционных размеров, припусков и толщины нанесенного слоя металла, предложены методики расчета оптимальных параметров технологических операций и их нормирования.

Предназначено для студентов направлений подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Технические системы в агробизнесе» (бакалавриат); 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специалитет).

УДК 629.08 (075.8)
ББК 40.72

© Чеботарёв М. И.,
Кадыров М. Р.,
Андреев А. В., 2017
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2017

ISBN 978-5-00087-308-0

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации сельскохозяйственной техники происходит процесс изменения первоначального состояния машин и их элементов, следствием которого, являются износ и деформация деталей, изменение регулировочных параметров, что проявляется в форме потери мощности двигателей, увеличении расхода топливосмазочных материалов, ухудшения качества работы и других изменениях.

Для эффективного использования машин и оборудования в АПК необходим высокий уровень надежности, определяемого своевременностью и качеством их технического обслуживания и ремонта в соответствии с установленной системой ремонтно-обслуживающих работ. Полное и своевременное обеспечение запасными частями ремонтных предприятий и сферы эксплуатации машин целесообразно осуществлять с учетом периодического возобновления работоспособности деталей, восстановленных современными способами.

Восстановление деталей при ремонте процесс более выгодный, чем их замена, с точки зрения экономической и технической – обеспечение надежности сопряжений. Оно позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и мастерским хозяйств сокращать время простоя неисправных машин, повышать качество ремонта, снижать финансовые и материальные затраты. Восстановление деталей машин обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Грамотный выбор технологии восстановления, точный расчет параметров операций и их нормирование позволяют перевести большую номенклатуру деталей из категории неремонтопригодных в категорию ремонтнопригодных с минимальными затратами.

Экономическая выгода восстановления деталей заключается в снижении себестоимости ремонта машин и отдельных агрегатов. Восстановление и упрочнение деталей позволяют восстановить ресурс машины, а в некоторых случаях даже его повысить.

Техническая выгода состоит в обеспечении высокого качества деталей, необходимого для улучшения показателей надежности отремонтированных агрегатов и машин. При этом восстанавливаются

геометрические параметры корпусных и базовых деталей блоков цилиндров, коленчатых и распределительных валов, шатунов двигателей, корпусов трансмиссии, деталей ходовой части и других. Исследования показали, что в выбракованных машинах пригодных для использования деталей без ремонта имеется до 45 %, подлежащих восстановлению до 50 % и только 5–9 % не подлежат восстановлению [12].

При восстановлении изношенных деталей число технических операций сокращается в 3–8 раз в сравнении с изготовлением новых деталей (запасных частей). Стоимость восстановленных деталей составляет 30–50 % стоимости новых, а количество металла, необходимого для восстановления изношенных деталей сокращается в 20–30 раз [12].

Восстановление деталей – известный прием в мировой практике, он используется компаниями – производителями техники и дилерскими центрами. Доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в развитых зарубежных странах 30–35 %, [12]. В России этот показатель в последние годы находится в пределах 10,0 %.

По прогнозам ученых и специалистов [12] объем восстановления изношенных деталей при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники в России к 2020 г. будут увеличены до 6,0–7,0 млрд руб, что составляет 25–30 % от поставки новых запасных частей.

Большая часть работ по восстановлению изношенных деталей должна выполняться в мастерских хозяйств, ремонтно-технических предприятиях и мастерских общего назначения.

Для восстановления деталей используют различные способы, которые, как правило, связаны с наращиванием изношенной части или, наоборот, со снятием части металла при переходе на ремонтный размер. Важно, чтобы специалисты, занятые ремонтом машин и оборудования, знали не только назначение, конструкцию, износ деталей, но и в совершенстве владели современными способами и приемами расчета операций сварки и наплавки, нанесения гальванических, газотермических покрытий, механической, термической и упрочняющей обработки.

Решению этой сложной и важной инженерной задачи и посвящено настоящее учебное пособие.

1 РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

1.1 Общие понятия о припуске на обработку, толщины нанесенного слоя металла и операционных размерах

Припуск – понятие, относящееся к определенной поверхности, обрабатываемой на металлорежущих станках. Его измеряют по нормали к этой поверхности. Принято припуск рассчитывать на размер: для обработки цилиндрической поверхности припуск определяют на размер детали – диаметр (*двухсторонний припуск*) (рисунок 1.1), для обработки торца или плоскости – на координирующий линейный размер (*односторонний припуск*) (рисунок 1.2). На рисунках z_i – односторонний припуск или «припуск на сторону».

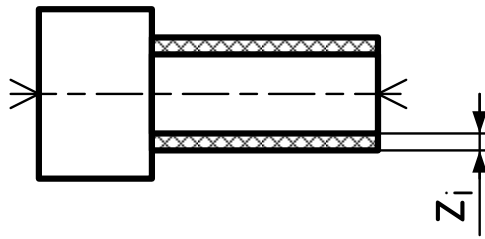


Рисунок 1.1 – Припуск при обработке цилиндрической поверхности

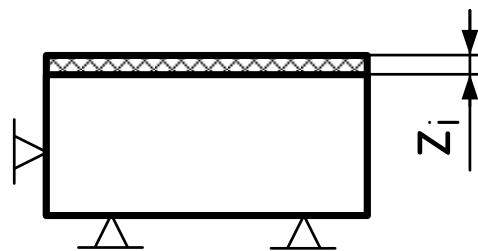


Рисунок 1.2 – Припуск при обработке плоскости

Различают общий и операционный припуск. **Общим припуском** называют слой материала, удаляемый с поверхности в процессе ее обработки до получения готовой детали, то есть в совокупности всех технологических переходов. Припуски на отдельных ступенях обработки z_i называют **операционными припусками**. Общий припуск равен сумме операционных припусков на отдельные ступени обработки восстанавливаемой поверхности:

$$z_0 = \sum_{i=1}^k z_i. \quad (1.1)$$

На рисунках 1.3 и 1.4 показана структура общего припуска на примере вала (рисунок 1.3), у которого цилиндрическая поверхность обрабатывается, черновым точением, чистовым точением и шлифованием, и корпусной детали (рисунок 1.4), у которой плоскость обрабатывается черновым фрезерованием, чистовым фрезерованием и шлифованием.

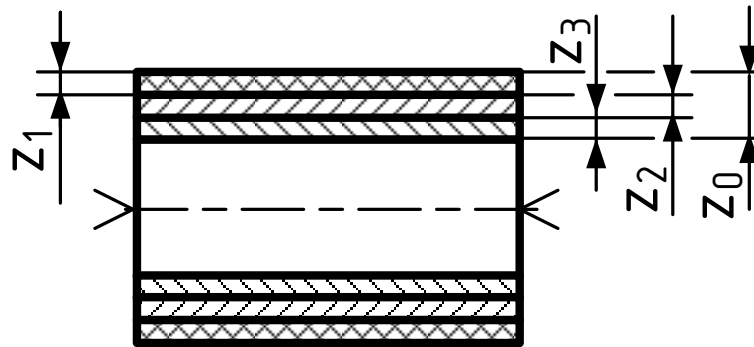


Рисунок 1.3 – Пример структуры общего припуска при обработке цилиндрической поверхности:
 z_1 – припуск на черновое точение;
 z_2 – припуск на чистовое точение;
 z_3 – припуск на шлифование; z_0 - общий припуск

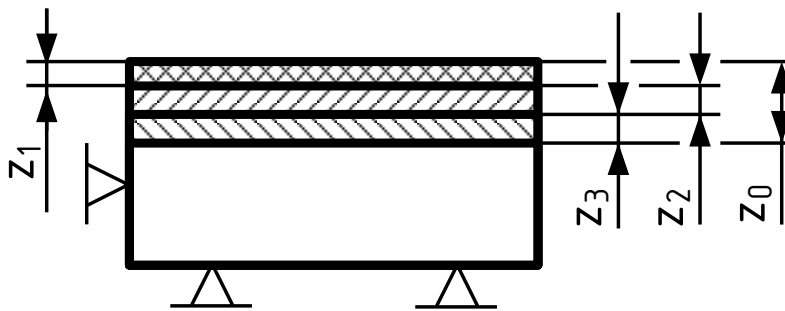


Рисунок 1.4 – Пример структуры общего припуска при обработке плоскости:
 z_1 – припуск на черновое фрезерование;
 z_2 – припуск на чистовое фрезерование;
 z_3 – припуск на шлифование; z_0 - общий припуск

Кроме общего и операционного припусков рассматривают понятие «минимальный припуск».

Минимальный припуск на каждой операции должен **обеспечить**:

1 *Удаление микронеровностей профиля (шероховатости), полученных на предшествующей операции или переходе.*

Параметр шероховатости Rz восстанавливаемой (обрабатываемой) поверхности каждая последующая операция механической обработки улучшает, например, на черновой токарной операции $Rz_{черн} = 100$ мкм, на чистовой – этот параметр уже должен быть $Rz_{чист} = 25$ мкм, а после последующего однократного шлифования – $Rz_{шлиф} = 5$ мкм, то есть для обеспечения требований к поверхности на данной операции необходимо удалить (исправить) шероховатость предшествующей операции.

2 *Удаление дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующей операции или переходе.*

Дефектным слоем считают верхний слой металла, у которого структура, химический состав, механические свойства, или все эти параметры одновременно отличаются от параметров остального металла. Дефектный слой будут иметь детали после горячей обработки, сварки и наплавки, заготовки из черного проката, отливки из серого чугуна. При обработке лезвийным инструментом остается дефектный слой, имеющий разряженную структуру металла, наклёп и поверхностные усталостные напряжения. Для обеспечения требований к поверхности на данной операции необходимо удалить дефектный поверхностный слой предшествующей операции.

3 *Удаление отклонения расположения поверхностей, полученных на предшествующей операции или переходе.*

Задачей каждой ступени обработки детали является уточнение и улучшение всех ее геометрических параметров. Для этого необходимо при выполнении данной операции удалить погрешности всех параметров обработки, оставшиеся от предшествующей ступени обработки, например, несоосность, отклонение от плоскостности, бочкообразность, конусообразность, седлообразность.

Кроме того, *необходимо учитывать погрешность установки детали* на выполняемой операции или переходе (при единичном производстве – погрешность выверки). При обработке деталей на металлорежущих станках детали закрепляют в патронах, в тисках, в приспособлениях, устанавливают на оправках, опорах и т. д. Однако, как станки, так и приспособления имеют погрешности изго-

товления, которые влияют на величину припуска. Аналогичные погрешности (например, неплоскостность) возникают при обработке плоскостей деталей.

При восстановлении изношенных поверхностей деталей в большинстве случаев используют различные методы нанесения слоя металла на восстанавливаемую поверхность (наплавку, металлизация, гальванические и другие способы наращивания) [1]. Толщину этого нанесенного слоя металла в общем случае называют *толщиной нанесенного слоя металла*. Толщина нанесенного слоя металла должна быть минимальной при условии, что после его механической обработки на поверхности детали не остается дефектов в виде непрозрачных участков, пор или шлаковых включений. Толщина нанесенного слоя металла равна сумме износа и общего припуска на обработку:

$$y = h + z_0, \quad (1.2)$$

где y – толщина нанесенного слоя металла;

h – величина износа поверхности;

z_0 – общий припуск на механическую обработку.

Толщина нанесенного слоя металла различается на *одностороннюю* («на сторону») и *двухстороннюю*.

На каждой операции размеры восстанавливаемой поверхности приобретают значения, которые называются **операционными размерами**. Операционные размеры обычно проставляют с отклонениями: для валов – в «минус», для отверстий – в «плюс», то есть, чтобы поле допуска отсчитывалось в металл (в «тело»). Следует обратить внимание на то обстоятельство, что это правило выбора системы установки допусков (отклонений) распространяется только на операционные размеры, получаемые при механической обработке. Поле допуска на размеры при наплавке, напылении и т. п. имеет двухстороннее расположение относительно номинала. Операционный размер на заключительной операции должен быть равен чертежному (заданному).

На рисунке 1.5 приведены примеры односторонних припусков, толщины нанесенного слоя металла и операционных размеров для

восстанавливаемой поверхности вала (наплавка, черновое точение, чистовое точение и шлифование до чертежного размера).

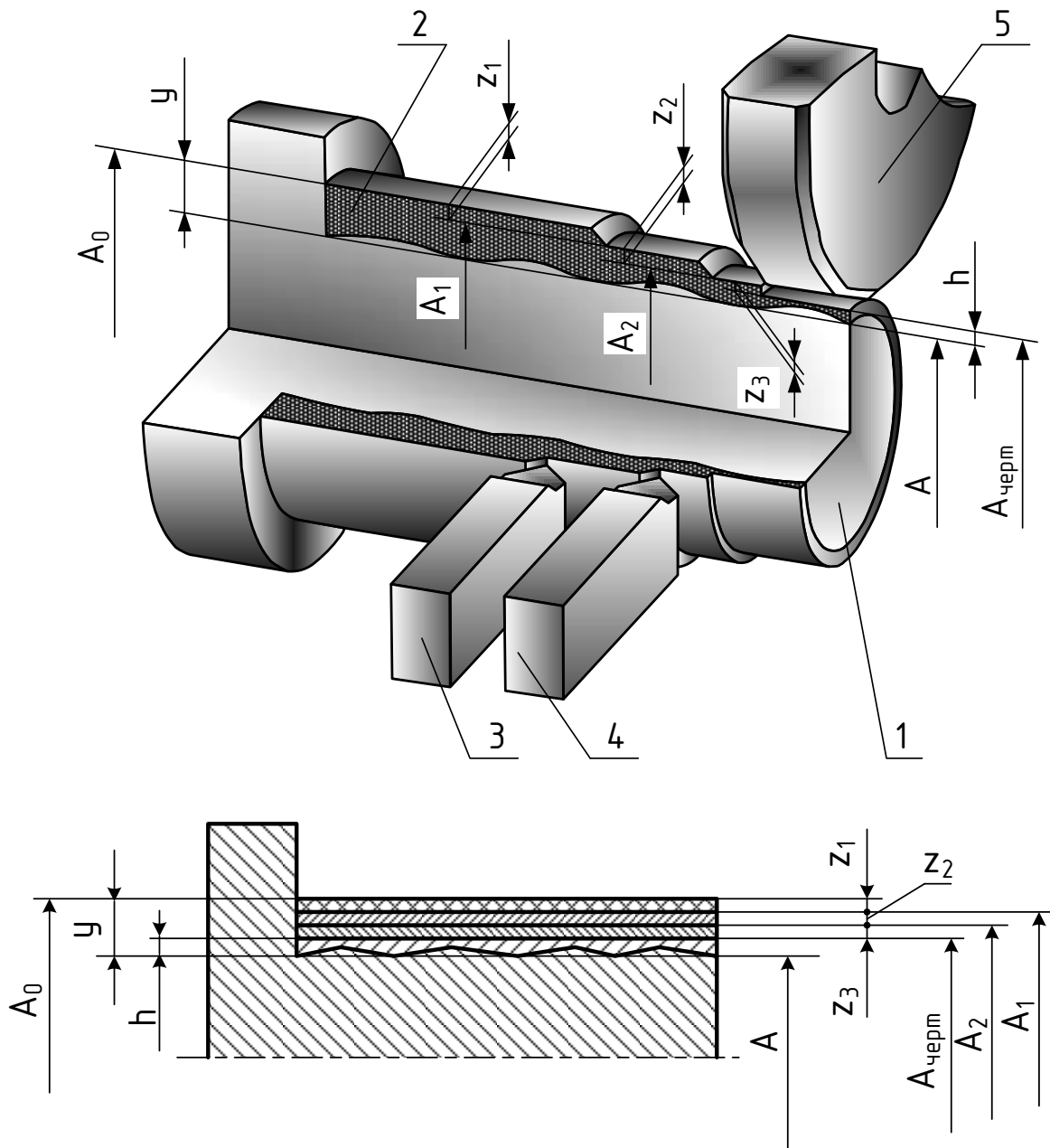


Рисунок 1.5 – Припуски, толщина нанесенного слоя металла и операционные размеры для восстанавливаемой поверхности вала:
 1 – восстанавливаемый вал; 2 – нанесенный слой металла;
 3 – черновое точение; 4 – чистовое точение; 5 – шлифование;
 h – износ поверхности; y – толщина нанесенного слоя металла; z_1 – припуск на черновое точение; z_2 – припуск на чистовое точение;
 z_3 – припуск на шлифование; A_0 – операционный размер после наплавки;
 A – размер изношенной поверхности; A_1 – операционный размер после чернового точения; A_2 – операционный размер после чистового точения;
 $A_{\text{черт}}$ – операционный размер после шлифования

В ремонтном производстве применяют два метода определения припусков: *опытно-статистический* и *расчетно-аналитический*.

С точки зрения теории и практики механической обработки научно и практически обоснованной расчётной величиной является наименьшее значение припуска, который определяется **расчётно-аналитическим методом**. Однако такой метод применяется при серийном и массовом производстве, то есть в специализированных ремонтных предприятиях.

При использовании **опытно-статистического метода** операционные припуски назначаются по таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых заводов. Нормативные таблицы для выбора припусков используются в условиях единичного и мелкосерийного производства и когда технологические процессы разрабатываются укрупненно. Основными преимуществами этого метода можно считать экономию времени на определение припуска. Существенный недостаток метода: припуски назначаются независимо от технологического процесса обработки детали. Как правило, эти припуски завышены, т.к. рассчитаны на неблагоприятные условия обработки, при которых припуск завышается во избежание брака. Отмеченный недостаток приводит к увеличению расхода материала и трудоемкости изготовления заготовок.

1.2 Назначение припусков и расчет толщины нанесенного слоя металла и операционных размеров

Припуски на механическую обработку поверхностей назначают согласно таблицам 1.1–1.9 в зависимости от типа восстанавливаемой поверхности. *При пользовании таблицами припусков необходимо обращать внимание на заголовки граф таблиц – может быть запись «припуск на диаметр» или «припуск на сторону».*

Допуски на операционные размеры назначают согласно таблицам 1.10–1.12 в зависимости от вида обработки.

Шероховатость поверхности и качества точности при различных способах и видах обработки деталей резанием приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.1 – Припуски на механическую обработку валов (наружные поверхности вращения)

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		до 120	свыше 120 до 260	свыше 260 до 500	свыше 500 до 800	свыше 800 до 1250	свыше 1250 до 2000
Точение							
До 18	Черновое однократное	$\frac{1,5}{1,4}$	$\frac{1,9}{-}$	-	-	-	-
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	-	-	-	-
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{-}$	-	-	-	-
Свыше 18 до 30	Черновое однократное	$\frac{1,6}{1,5}$	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{2,3}{-}$	-	-	-
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	-	-	-
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{0,14}$	$\frac{0,16}{-}$	-	-	-
Свыше 30 до 50	Черновое однократное	$\frac{1,8}{1,7}$	$\frac{2,3}{2,0}$	$\frac{3,0}{2,7}$	$\frac{3,5}{-}$	-	-
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{-}$	-	-
	Тонкое	$\frac{0,15}{0,15}$	$\frac{0,16}{0,15}$	$\frac{0,19}{0,17}$	$\frac{0,21}{-}$	-	-
Свыше 50 до 80	Черновое однократное	$\frac{2,2}{2,0}$	$\frac{2,9}{2,6}$	$\frac{3,4}{2,9}$	$\frac{4,2}{3,6}$	$\frac{5,0}{-}$	-
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{-}$	-
	Тонкое	$\frac{0,16}{0,16}$	$\frac{0,18}{0,17}$	$\frac{0,20}{0,18}$	$\frac{0,22}{0,20}$	$\frac{0,26}{-}$	-
Свыше 80 до 120	Черновое однократное	$\frac{2,6}{2,3}$	$\frac{3,3}{3,0}$	$\frac{4,3}{3,8}$	$\frac{5,2}{4,5}$	$\frac{6,3}{5,2}$	$\frac{8,2}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,17}{0,17}$	$\frac{0,19}{0,18}$	$\frac{0,23}{0,21}$	$\frac{0,26}{0,24}$	$\frac{0,30}{0,26}$	$\frac{0,38}{-}$
Свыше 120 до 180	Черновое однократное	$\frac{3,2}{2,8}$	$\frac{4,6}{4,2}$	$\frac{5,0}{4,5}$	$\frac{6,2}{5,6}$	$\frac{7,5}{6,7}$	-
	Чистовое	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,30}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{0,55}$	-
	Тонкое	$\frac{0,20}{0,20}$	$\frac{0,24}{0,22}$	$\frac{0,25}{0,23}$	$\frac{0,30}{0,27}$	$\frac{0,35}{0,32}$	-

Продолжение таблицы 1.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		до 120	свыше 120 до 260	свыше 260 до 500	свыше 500 до 800	свыше 800 до 1250	свыше 1250 до 2000
Шлифование							
До 30	Предварительное после термообработки	0,30	0,60	–	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	–	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	–	–	–	–
Свыше 30 до 50	Предварительное после термообработки	0,25	0,50	0,85	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	–	–	–
Свыше 50 до 80	Предварительное после термообработки	0,25	0,40	0,75	1,20	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	–	–
Свыше 80 до 120	Предварительное после термообработки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	–
Свыше 120 до 180	Предварительное после термообработки	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Примечания							
1. Припуски при точении в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе – в патроне.							
2. Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за один проход, то 70 % его удаляют при первом и 30 % при втором проходах.							
3. Величины припусков на обработку конических поверхностей принимают те же, что и на обработку цилиндрических поверхностей, устанавливая их по наибольшему диаметру.							

Таблица 1.2 – Средние припуски на механическую обработку при восстановлении деталей различными способами

Способ восстановления	Средний односторонний припуск, мм
Ручная электродуговая наплавка	1,7
Ручная газовая наплавка	1,5
Наплавка под слоем флюса	1,0
Вибродуговая наплавка	1,0
Наплавка в среде углекислого газа	1,0
Плазменная наплавка	0,7
Аргондуговая наплавка	0,7
Электроконтактная наплавка	0,6
Газотермическое напыление	0,6
Железнение	0,1
Хромирование	0,05

Таблица 1.3 – Операционные припуски на обработку отверстий (припуск на диаметр)

Интервал диаметров, мм	После сверления				После зенкерования или растачивания		Чистовое развертывание
	зенкерование	растачивание	чистовое растачивание	развертывание	развертывание	черновое развертывание	
Свыше 3 до 6	–	–	–	0,15	–	0,15	0,05
Свыше 6 до 10	–	–	–	0,2	0,2	0,2	0,1
Свыше 10 до 18	0,8	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
Свыше 18 до 30	1,2	1,2	0,8	0,3	0,3	0,2	0,1
Свыше 30 до 50	1,5	1,5	1,0	0-3	0-3	0,2	0,1
Свыше 50 до 80	2,0	2,0	1,0	0,4	0,3	0,2	0,15
Свыше 80 до 120	2,5	2,0	1,3	0,5	0,4	0,3	0,2
Свыше 120 до 180	–	2,0	1,5	–	–	–	–

Таблица 1.4 – Припуски на обработку отверстий шлифованием

Метод обработки	Припуск на диаметр при размере отверстия, мм		
	свыше 6 до 10	свыше 10 до 50	свыше 50 до 180
Шлифование до термообработки	0,2	0,3	0,4
Шлифование после термообработки черновое	–	0,2	0,3
Шлифование после термообработки чистовое	–	0,1	0,2

Таблица 1.5 – Операционные припуски на хонингование отверстий

Диаметр отверстия, мм	Обрабатываемый материал					
	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь
	после тонкого растачивания		после чистового развертывания		после внутреннего шлифования	
Припуск на диаметр, мм						
До 50	0,09	0,06	0,09	0,07	0,08	0,05
Свыше 50 до 80	0,10	0,07	0,10	0,08	0,09	0,05
Свыше 80 до 120	0,11	0,08	0,11	0,09	0,10	0,06
Свыше 120 до 180	0,12	0,09	0,12	–	0,11	0,07
Свыше 180 до 260	0,12	0,09	–	–	0,12	0,08

Таблица 1.6 – Припуски на переход при обработке плоскостей

Способ обработки плоскости	Припуск на сторону при наибольшем размере обрабатываемой поверхности, мм							
	до 50	свыше 50 до 120	свыше 120 до 260	свыше 260 до 500	свыше 500 до 800	свыше 800 до 1250	свыше 1250 до 2000	свыше 2000 до 3150
Черновая и однократная обработка лезвийным инструментом	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7,0
Получистовая обработка лезвийным инструментом после черновой	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65
Чистовая обработка лезвийным инструментом после получистовой	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20
Предварительное и однократное шлифование после чистовой обработки лезвийным инструментом	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08
Чистовое шлифование после предварительного	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05

Таблица 1.7 – Припуски на ширину пазов

Ширина паза	Чистовое фрезерование после чернового	Шлифование пазов у термически обработанных и необработанных деталей после чистового фрезерования
До 6	1,5	0,5
Свыше 6 до 10	2,0	0,7
Свыше 10 до 50	3,0	1,0
Свыше 50 до 120	4,0	1,0

Таблица 1.8 – Припуски на обработку торцов

Длина детали	Чистовая подрезка после черновой			Шлифование после черновой подрезки	
	Припуски при наибольшем размере торца, мм				
	до 30	свыше 30 до 120	свыше 120 до 260	до 120	свыше 120 до 260
До 10	0,5	0,6	1,0	0,2	0,3
Свыше 10 до 18	0,5	0,7	1,0	0,2	0,3
Свыше 18 до 50	0,6	1,0	1,2	0,2	0,3
Свыше 50 до 80	0,7	1,0	1,3	0,3	0,4
Свыше 80 до 120	1,0	1,0	1,3	0,3	0,5
Свыше 120 до 260	1,0	1,3	1,5	0,3	0,5

Таблица 1.9 – Припуски на механическую обработку деталей из цветных металлов и сплавов

Отверстия			
Способ обработки	Припуск на диаметр при номинальном размере отверстия, мм		
	до 18	свыше 18 до 50	свыше 50 до 80
Растачивание или зенкерование после сверления	0,80	1,00	1,10
Развертывание или предварительное шлифование после растачивания или зенкерования	0,20	0,25	0,30

Продолжение таблицы 1.9

Отверстия				
Способ обработки	Припуск на диаметр при номинальном размере отверстия, мм			
	до 18	свыше 18 до 50	свыше 50 до 80	
Чистовое шлифование после предварительного шлифования; протягивание или точное развертывание после нормального развертывания	0,12	0,14	0,18	
Тонкое развертывание или растачивание после протягивания или развертывания	0,10	0,12	0,14	
Внешние поверхности вращения				
Способ обработки	Припуск на диаметр при его номинальном размере, мм			
	до 18	свыше 18 до 50	свыше 50 до 80	
Черновое или однократное обтачивание	0,80	0,90	1,00	
Чистовое обтачивание или предварительное шлифование после чернового обтачивания	0,20	0,30	0,40	
Чистовое шлифование после предварительного шлифования или шлифование после однократного обтачивания	0,10	0,15	0,20	
Торцовые поверхности				
Способ обработки	Припуск на торец при диаметре обрабатываемой поверхности, мм			
	до 18	свыше 18 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120
Черновое или однократное подрезание	0,40	0,45	0,50	0,55
Чистовое подрезание после чернового подрезания	0,12	0,15	0,20	0,25
Шлифование после чистового подрезания	0,05	0,06	0,08	0,08
Примечание – Величина припуска дана на торец при совмещенных установочной и измерительной базах; при несовмещении баз к припуску добавляют погрешность базирования, равную допуску на размер, связывающий установочную и измерительную базы.				

Таблица 1.10 – Поля допусков основных отверстий для размеров от 1 до 500 мм

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий												
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17
	Предельные отклонения в мкм												
От 1 до 3	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+250 0	+400 0	+600 0	+1000 0
Свыше 3 до 6	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+300 0	+480 0	+750 0	+1200 0
Свыше 6 до 10	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+360 0	+580 0	+900 0	+1500 0
Свыше 10 до 14	+8	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	+270	+430	+700	+1100	+1800
Свыше 14 до 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 18 до 24	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	+330	+520	+840	+1300	+2100
Свыше 24 до 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 30 до 40	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	+390	+620	+1000	+1600	+2500
Свыше 40 до 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 50 до 65	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	+460	+740	+1200	+1900	+3000
Свыше 65 до 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 80 до 100	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350	+540	+870	+1400	+2200	+3500
Свыше 100 до 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 120 до 140	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+630	+1000	+1600	+2500	+4000
Свыше 140 до 160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 160 до 180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 180 до 200	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+720	+1150	+1850	+2900	+4600
Свыше 200 до 225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 225 до 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 250 до 280	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520	+810	+1300	+2100	+3200	+5200
Свыше 280 до 315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 315 до 355	+25	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570	+890	+1400	+2300	+3600	+5700
Свыше 355 до 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 400 до 450	+27	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630	+970	+1550	+2500	+4000	+6300
Свыше 450 до 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 1.11 – Поля допусков основных валов для размеров от 1 до 500 мм

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов													
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600	0 -1000
Свыше 3 до 6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750	0 -1200
Свыше 6 до 10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900	0 -1500
Свыше 10 до 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 14 до 18	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-270	-430	-700	-1100	-1800
Свыше 18 до 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 24 до 30	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-330	-520	-840	-1300	-2100
Свыше 30 до 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 40 до 50	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-390	-620	-1000	-1600	-2500
Свыше 50 до 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 65 до 80	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	-460	-740	-1200	-1900	-3000
Свыше 80 до 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 100 до 120	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-540	-870	-1400	-2200	-3500
Свыше 120 до 140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 140 до 160	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630	-1000	-1600	-2500	-4000
Свыше 160 до 180														
Свыше 180 до 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 200 до 225	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720	-1150	-1850	-2900	-4800
Свыше 225 до 250														
Свыше 250 до 280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 280 до 315	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810	-1300	-2100	-3200	-5200
Свыше 315 до 355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 355 до 400	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890	-1400	-2300	-3600	-5700
Свыше 400 до 450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Свыше 450 до 500	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970	-1550	-2500	-4000	-8300

Таблица 1.12 – Поля допусков отклонений Js и js от 1 до 500 мм

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	Js6	Js7	Js8	Js9	Js10	Js11	Js12	Js13	Js14	Js15	Js16	Js17
	js6	js7	js8	js9	js10	js11	js12	js13	js14	js15	js16	js17
Предельные отклонения, мкм												
От 1 до 3	+3,0 -3,0	+5 -5	+7 -7	+12 -12	+20 -20	+30 -30	+50 -50	+70 -70	+125 -125	+200 -200	+300 -300	+500 -500
Свыше 3 до 6	+4,0 -4,0	+6 -6	+9 -9	+15 -15	+24 -24	+37 -37	+60 -60	+90 -90	+150 -150	+240 -240	+375 -375	+600 -600
Свыше 6 до 10	+4,5 -4,5	+7 -7	+11 -11	+18 -18	+29 -29	+45 -45	+75 -75	+110 -110	+180 -180	+290 -290	+450 -450	+750 -750
Свыше 10 до 14	+5,5 -5,5	+9 -9	+13 -13	+21 -21	+35 -35	+55 -55	+90 -90	+135 -135	+215 -215	+350 -350	+550 -550	+900 -900
Свыше 14 до 18												
Свыше 18 до 24	+6,5 -6,5	+10 -10	+16 -16	+26 -26	+42 -42	+65 -65	+105 -105	+165 -165	+260 -260	+420 -420	+650 -650	+1050 -1050
Свыше 24 до 30												
Свыше 30 до 40	+8,0 -8,0	+12 -12	+19 -19	+31 -31	+50 -50	+80 -80	+125 -125	+195 -195	+310 -310	+500 -500	+800 -800	+1250 -1250
Свыше 40 до 50												
Свыше 50 до 65	+9,5 -9,5	+15 -15	+23 -23	+37 -37	+60 -60	+95 -95	+150 -150	+230 -230	+370 -370	+600 -600	+950 -950	+1500 -1500
Свыше 65 до 80												
Свыше 80 до 100	+11,0 -11,0	+17 -17	+27 -27	+43 -43	+70 -70	+110 -110	+175 -175	+270 -270	+435 -435	+700 -700	+1100 -1100	+1750 -1750
Свыше 100 до 120												
Свыше 120 до 140	+12,5 -12,5	+20 -20	+31 -31	+50 -50	+80 -80	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+500 -500	+800 -800	+1250 -1250	+2000 -2000
Свыше 140 до 160												
Свыше 160 до 180												
Свыше 180 до 200	+14,5 -14,5	+23 -23	+36 -36	+57 -57	+92 -92	+145 -145	+230 -230	+360 -360	+575 -575	+925 -925	+1450 -1450	+2300 -2300
Свыше 200 до 225												
Свыше 225 до 250												
Свыше 250 до 280	+16,0 -16,0	+26 -26	+40 -40	+65 -65	+105 -105	+160 -160	+260 -260	+405 -405	+650 -650	+1050 -1050	+1600 -1600	+2600 -2600
Свыше 280 до 315												
Свыше 315 до 355	+18,0 -18,0	+28 -28	+44 -44	+70 -70	+115 -115	+180 -180	+285 -285	+445 -445	+700 -700	+1150 -1150	+1800 -1800	+2850 -2850
Свыше 355 до 400												
Свыше 400 до 450	+20,0 -20,0	+31 -31	+48 -48	+77 -77	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+485 -485	+775 -775	+1250 -1250	+2000 -2000	+3150 -3150
Свыше 450 до 500												

Таблица 1.13 – Шероховатость поверхности и качества точности при различных способах и видах обработки деталей резанием

Вид обработки		Значения параметра Ra, мкм	Квалитеты	
			экономические	достижимые
Автоматическая газовая резка		12,5–100	15–17	
Отрезка	Приводной Пилой	25*–50 (12,5)	15–17	–
	Резцом	25*–100	14–17	
	Фрезой	25*–50		
	Абразивом	3,2–6,3*	12–15	
Подрезка торцев		3,2*–12,5 (0,8)**	11–13	8; 9
Строгание	Черновое	12,5*–25	12–14	–
	Чистовое	3,2*–6,3	11–13 (10)**	
	Тонкое	(0,8)**–1,6	8–10	7
Долбление	Черновое	25–50	14; 15	–
	Чистовое	3,2*–12,5	12; 13	11
Фрезерование цилиндрической фрезой	Черновое	25–50	12–14 (11)**	– 6; 7
	Чистовое	3,2*–6,3	11 (10)**	
	Тонкое	1,6	8; 9	
Фрезерование торцевой фрезой	Черновое	6,3–12,5	12–14 (11)**	–
	Чистовое	3,2*–6,3 (1,6)**	11	10
	Тонкое	(0,8)–1,6	8; 9	6; 7
Обтачивание продольной подачей	Черновое	25–100	15–17	–
	Получистовое	6,3–12,5	12–14	
	Чистовое	1,6*–3,2 (0,8)**	7–9	6
	Тонкое (алмазное)	0,4*–0,8 (0,2)**	6	5
Обтачивание поперечной подачей	Обдирочное	25–100	16; 17	–
	Получистовое	6,3–12,5	14; 15	
	Чистовое	3,2*	11–13	8; 9
	Тонкое	(0,8)**–1,6	8–11	7
Сверление	До 15 мм	6,3–12,5*	12–14***	10; 11
	Свыше 15 мм	12,5–25*	12–14***	10; 11
Рассверливание		12,5–25* (6,3)**	12–14	10; 11
Зенкерование	Черновое (по корке)	12,5–25	12–15	–
	Чистовое	3,2*–6,3	10; 11	8; 9

Продолжение таблицы 1.13

Вид обработки		Значения параметра R_a , мкм	Квалитеты	
			экономические	достижимые
Растачивание	Черновое	50–100	15–17	–
	Получистовое	12,5–25	12–14	
	Чистовое	1,6*–3,2 (0,8)**	8; 9	7
Развертывание	Получистовое	6,3–12,5	9; 10	8
	Чистовое	1,6*–3,2	7; 8 (8)**	–
	Тонкое	(0,4)**–0,8	7	6
Слесарная опиловка		(1,6)**–25	8 – 11	6; 7
Зачистка наждачным полотном (после резца и фрезы)		(0,2)**–1,6	8–11	7; 8
Шлифование круглое	Получистовое	3,2–6,3	8–11	–
	Чистовое	0,8*–1,6	6–8	6
	Тонкое	0,2*–0,4 (0,1)**	5	5
Шлифование плоское	Получистовое	3,2	8–11	–
	Чистовое	0,8*–1,6	6–8	
	Тонкое	0,2*–0,4 (0,1)**	6; 7	6
Шлифование внутреннее	Получистовое	0,8–3,2	7–8	–
	Чистовое	0,05–0,32	6	–
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при значении параметра R_a исходной поверхности 3,2–12,5 мкм		0,4–1,6	6–9	–
Притирка	Чистовая	0,4–3,2	6; 7	
	Тонкая	0,1–1,6	5	
Полирование	Обычное	0,2–1,6	6	–
	Тонкое	0,05–0,1	5	
Хонингование	Плоскостей	0,1–0,4*	7; 8	6
	Цилиндров	0,05–0,2*	6; 7	–
Суперфиниширование	Плоскостей	0,2*–0,4 (0,05)**	5 и точнее	
	Цилиндров	0,1*–0,4 (0,05)**	–	

* Оптимальное значение R_a для данного вида обработки.
** В скобках приведена экономическая точность изготовления для чугуна.
*** При сверлении без кондуктора.

1.3 Выбор маршрута восстановления поверхности

Выбор рационального способа восстановления зависит от конструктивно-технологических особенностей рабочей поверхности деталей (формы и размера, материала и термообработки, поверхностной твердости и шероховатости), от условий их работы (характера нагрузки, вида трения) и износа, а также от стоимости восстановления. Рациональный способ восстановления выбирается по методике, учитывающей все эти факторы [1].

Выбор маршрута восстановления поверхности зависит от значения износов и возможностей ремонтной базы. При составлении технологического маршрута руководствуются следующими правилами:

1. В первую очередь должны быть восстановлены технологические базы или выбраны вспомогательные базовые неизношенные поверхности, при этом необходимо стремиться к тому, чтобы при обработке одной поверхности на различных операциях базовые поверхности не менялись. После назначения и восстановления базы обработки и выбора способа восстановления составляются схема и порядок операций.

2. Гальванические операции назначаются предпоследними, а последними – отделочные.

3. Однотипные операции (слесарные, сварочные и др.), выполняемые при устранении различных дефектов, можно объединять в одну операцию, однако необходимо учитывать, что при серийном производстве используются спецприспособления, поэтому переустановка детали на них не всегда возможна;

4. Совмещение черновой и чистовой обработок в одной операции и на одном и том же оборудовании нежелательно.

5. Сварочные работы разных видов (ручная, вибродуговая, под слоем флюса и др.) в одну операцию не объединяются, так как выполняются на разных рабочих местах.

6. Невозможно обеспечить высокую точность размера (например, 6–7 квалитеты) однократной обработкой поверхности с неточным исходным размером (наплавка, металлизация). Каждый последующий метод может повышать точность предыдущего на 1–3 квалитета. При предварительной обработке точность повышается на большее число квалитетов, чем при окончательной.

7. Шероховатость и точность размера связаны между собой только в одностороннем порядке. Нельзя обеспечить высокую точность размера при грубой шероховатости и, в то же время, можно получить поверхность с очень низкой шероховатостью (до зеркального блеска) при весьма большом допуске на размер.

9. На выбор метода обработки оказывает влияние обрабатываемость материала заготовки. Закаленные стали с твердостью выше 35–40HRC обрабатывают резанием абразивным материалом (шлифование, хонингование, суперфиниширование, притирка и т. д.). Вязкие стали или цветные сплавы на основе меди или алюминия шлифовать не рекомендуется, так как на шлифовальный круг налипают обрабатываемый материал и круг теряет способность к резанию («засаливается»).

10. Методы обработки обеспечивают различное качество поверхностного слоя, которое должно соответствовать служебному назначению поверхности детали. Например, при шлифовании могут возникать прижоги поверхности, которые вызывают микротрещины и снижают предел выносливости на изгиб. Обезуглероживание поверхности снижает твердость поверхности и понижает износостойкость. Методы поверхностного пластического деформирования (ППД), такие как накатывание роликами или шариками, выглаживание поверхности – создают в поверхностном слое наклёп, который повышает усталостную прочность и износостойкость. Наклёп может возникать и при обработке лезвийным инструментом, если возникает большое трение между задними поверхностями инструмента и обработанной поверхностью (точение, развертывание, зенкерование). Для обеспечения лучших условий смазки поверхностей в процессе их трения следует создавать на поверхности сетку микроканалов. Такую поверхность получают при суперфинишировании, хонинговании, вибронакатывании.

11. Для получения высокой точности необходим набор (комплекс) методов обработки. Нельзя получить высокую точность при какой-либо однократной обработке.

Примеры некоторых маршрутов восстановления типовых поверхностей (наружных цилиндрических, отверстий и плоских поверхностей) приведены на рисунках 1.6, 1.7 и 1.8.

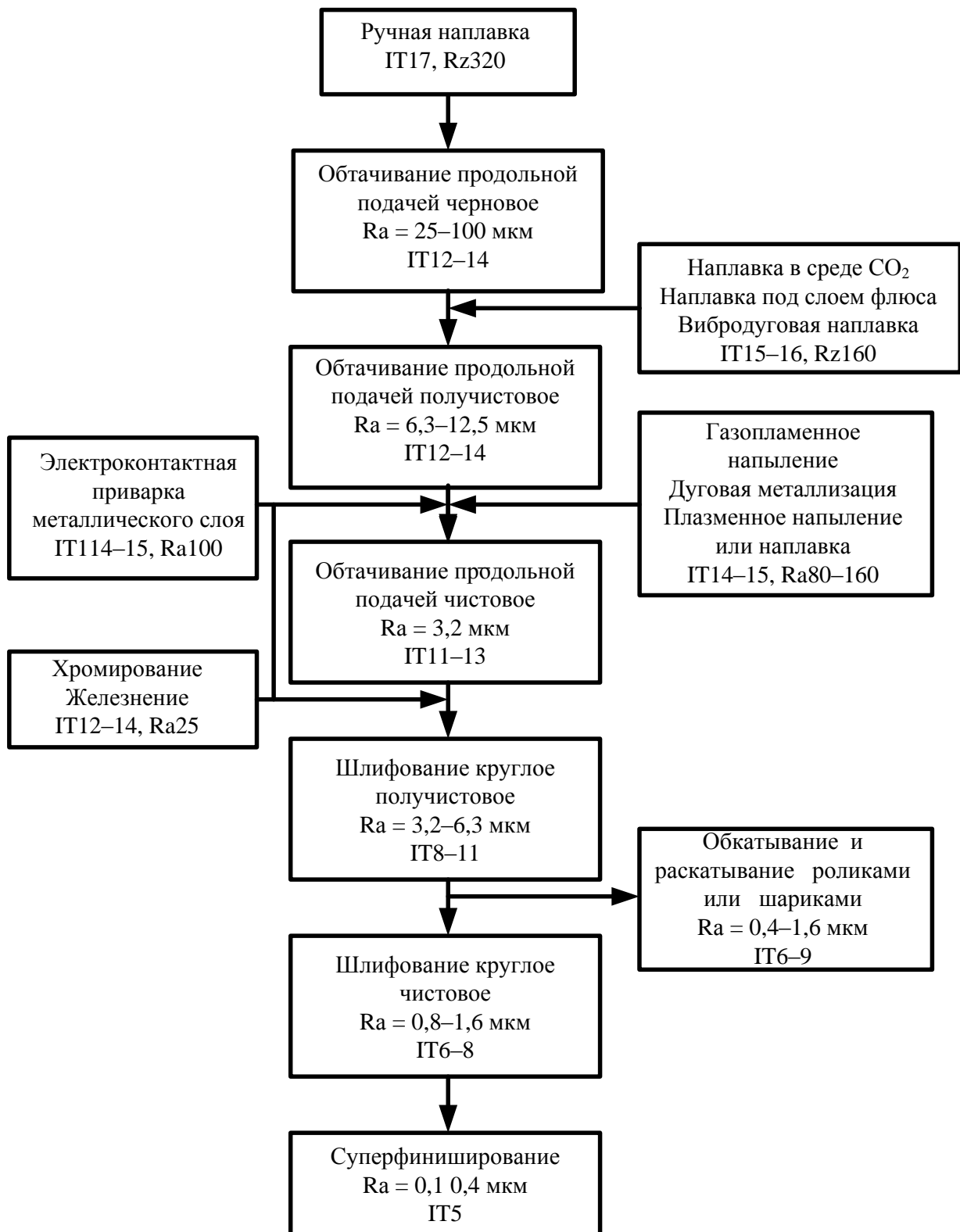


Рисунок 1.6 – Некоторые маршруты восстановления наружных поверхностей вращения

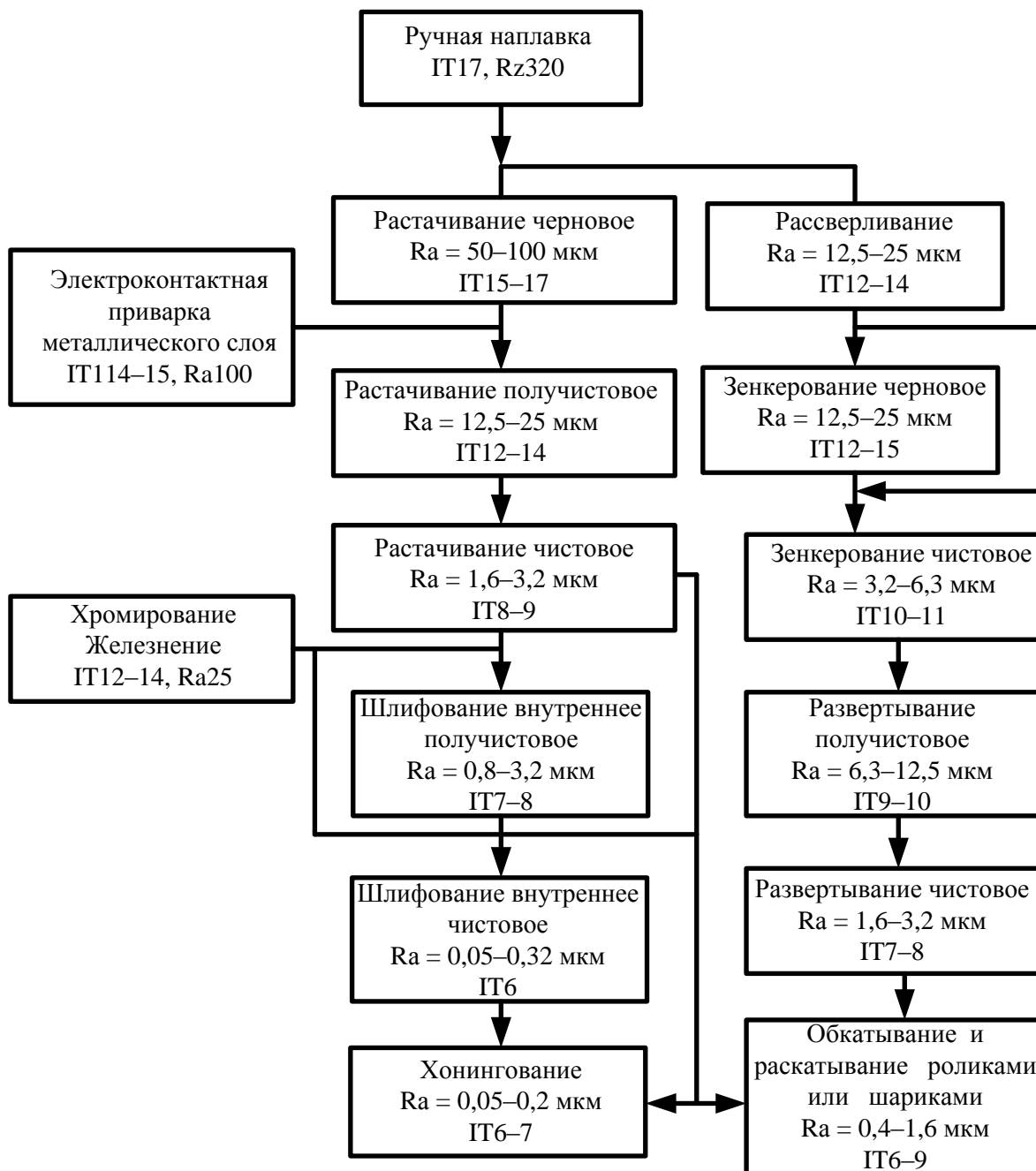


Рисунок 1.7 – Некоторые маршруты восстановления отверстий

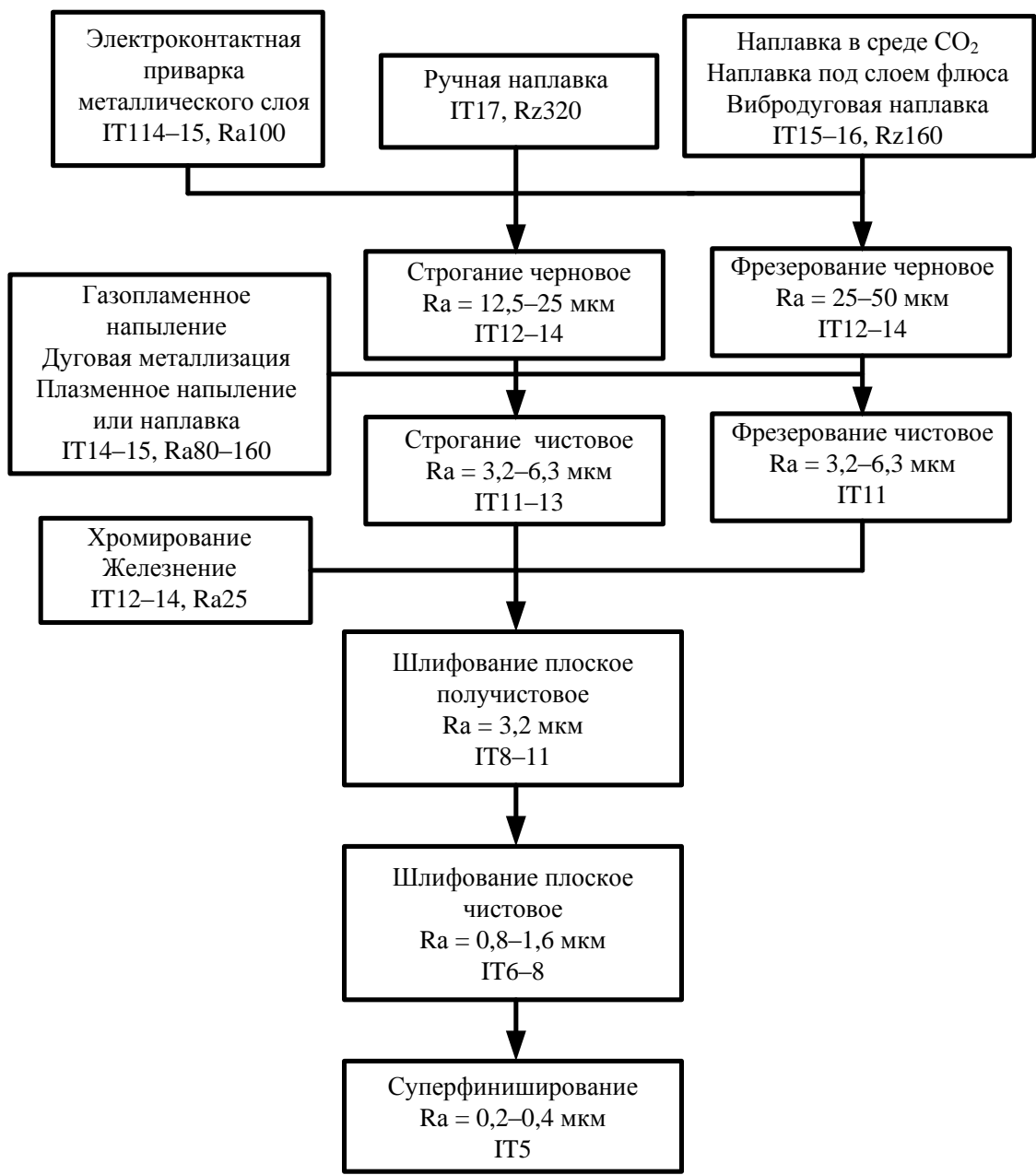


Рисунок 1.8 – Некоторые маршруты восстановления плоских поверхностей

1.4 Общая последовательность расчета промежуточных размеров с использованием табличных припусков

Расчет состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Назначается последний вид обработки восстанавливаемой поверхности по таблице 1.13 с учетом экономической точности обработки.

Этап 2. Определяются технологические операции маршрута восстановления (рисунки 1.6–1.8) в зависимости от типа восстанавливаемой поверхности.

Для удобства расчетов составляется вспомогательная таблица (таблица 1.14), в столбец 1 которой заносятся номера операций, на которых производится обработка восстанавливаемой поверхности

Таблица 1.14 – Форма расчетной таблицы

Технологические операции	R_a , мкм	z ($2z$), мм	Расчетный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{черт}$	d_{min}	d_{max}	z_{min} ($2z_{min}$)	z_{max} ($2z_{max}$)	z ($2z$)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
...										
...										
...										
...										
...										

Этап 3. В столбец 1 заносятся качества размеров, получаемых на соответствующей операции (рисунки 1.6–1.8). В столбец 2 заносятся параметры шероховатости R_a , получаемых на данной операции (рисунки 1.6–1.8). В строку последней операции заносятся параметры чертежного (окончательного) размера. Расчетный размер на последней операции для наружных поверхностей принимается равным минимальному чертежному, для внутренних поверхностей (отверстий) принимается равным максимальному чертежному размеру (рисунки 1.9, 1.10).

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{черт}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}									
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}									
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}									
020	R_{a020}				$d_{мин}^{черт}$	$Td^{черт}$	$d^{черт}$	$d_{мин}^{черт}$	$d_{max}^{черт}$	

Таблица 1.13, рисунок 1.6

Таблица 1.13, рисунок 1.6

Данные чертежа

Данные чертежного (окончательного) размера

Рисунок 1.9 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 3 для валов

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}									
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}									
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}				$D_{max}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$	

Таблица 1.13, рисунок 1.7

Таблица 1.13, рисунок 1.7

Данные чертежа

Данные чертежного (окончательного) размера

Рисунок 1.10 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 3 для отверстий

Этап 4. Назначаются операционные припуски на все операции в зависимости от вида обработки за исключением наплавки или напыления (таблицы 1.1–1.9). Значения припусков заносятся в столбец 3 расчетной таблицы (рисунки 1.11, 1.12).

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{\text{черт}}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$								
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$								
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\text{мин}}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\text{мин}}^{\text{черт}}$	$d_{\text{max}}^{\text{черт}}$			

Рисунок 1.11 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 4 для валов

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{\text{черт}}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$								
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{\text{мин}}^{\text{черт}}$	$TD^{\text{черт}}$	$D^{\text{черт}}$	$D_{\text{мин}}^{\text{черт}}$	$D_{\text{max}}^{\text{черт}}$			

Рисунок 1.12 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 4 для отверстий

Этап 5. Определяются размеры детали (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на предпоследней операции.

Расчетный размер $d_{\text{расч}}$ ($L_{\text{расч}}$) для наружных поверхностей (валов) определяют путем прибавления припуска к минимальному размеру на последующей операции.

Расчетный размер $d_{\text{расч}}$ ($L_{\text{расч}}$) для внутренних поверхностей (отверстий) определяют путем вычитания припуска из максимального размера отверстия на последующей операции.

Для линейных охватывающих размеров (валов)

$$L_{расч\ i} = L_{min\ i+1} + z_i \quad (1.3)$$

для линейных охватываемых размеров (отверстий)

$$L_{расч\ i} = L_{max\ i+1} - z_i \quad (1.4)$$

для диаметральных охватывающих размеров (валов)

$$d_{расч\ i} = d_{min\ i+1} + 2z_i \quad (1.5)$$

для диаметральных охватываемых размеров (отверстий)

$$D_{расч\ i} = D_{max\ i+1} - 2z_i \quad (1.6)$$

где $L_{min\ i+1}$ и $d_{min\ i+1}$ – минимальные размеры на последующей операции;

$L_{max\ i+1}$ и $D_{max\ i+1}$ – максимальные размеры на последующей операции;

z_i – односторонний припуск на данной операции;

$2z_i$ – двухсторонний припуск на данной операции.

Значения расчетного размера заносятся в столбец 4 расчетной таблицы. В колонку 5 расчетной таблицы заносится допуск Td (TD) на расчетный размер (таблицы 1.11, 1.12).

Для охватывающих размеров (валов) сначала определяется максимальный размер на операции, который будет являться номинальным размером на этой операции.

Максимальный размер на i -ой операции для охватывающих размеров (валов)

$$L_{max\ i} = L_{расч\ i} + Td_i \quad (1.7)$$

$$d_{max\ i} = d_{расч\ i} + Td_i \quad (1.8)$$

где $L_{расч\ i}$ – расчетный линейный размер на этой операции;

$d_{расч\ i}$ – расчетный диаметральный размер на этой операции;

Td_i – допуск размера на этой операции.

Для охватываемых размеров (отверстий) сначала определяется минимальный размер на операции, который будет являться номинальным размером на этой операции.

Минимальный размер на i -ой операции для охватываемых размеров (отверстий)

$$L_{\min i} = L_{\text{расч } i} - TD_i \quad (1.9)$$

$$D_{\min i} = D_{\text{расч } i} - TD_i \quad (1.10)$$

где $L_{\text{расч } i}$ – расчетный линейный размер на этой операции;

$D_{\text{расч } i}$ – расчетный диаметральный размер на этой операции;

TD_i – допуск размера на этой операции.

Рассчитанные по формулам (1.7)–(1.10) номинальные размеры при необходимости **округляют в сторону увеличения припуска** (для валов – увеличивают, для отверстий – уменьшают) с точностью, соизмеримой с величиной допуска соответствующей операции (перехода). Рекомендуется номинальные размеры на операциях нанесения покрытия (кроме гальванических) и черновых округлять до десятых долей, на остальных – до сотых долей (рисунки 1.13, 1.14).

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{\text{черт}}$	d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$								
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{\text{расч}}$	Td_{015}			d_{\max}^{015}	$d_{015}^{\text{расч}} + Td_{015}$		
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\min}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\min}^{\text{черт}}$	$d_{\max}^{\text{черт}}$			

$d_{\min}^{\text{черт}} + 2z_{020}$
Таблица 1.11
При необходимости округляют в сторону увеличения припуска

Рисунок 1.13 – Заполнение строки расчетной таблицы на этапе 5 для валов

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$D_{010}^{расч}$	TD_{010}		D_{min}^{010}	$D_{010} - TD_{010}$			
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{min}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$			

$D_{max}^{черт} - 2z_{015}$
 Таблица 1.10
 При необходимости округляют в сторону увеличения припуска

Рисунок 1.14 – Заполнение строки расчетной таблицы на этапе 5 для отверстий

Если округление размеров не проводится, то для валов расчетный размер на операции равен минимальному: $d_{расч\ i} = d_{min\ i}$, а для отверстий расчетный размер на операции равен максимальному: $D_{max\ i} = D_{расч\ i}$.

В колонку 6 расчетной таблицы заносятся округленные значения чертёжных операционных размеров в форме: d_{Td} – для валов и D^{+TD} – для отверстий.

Неизвестные минимальные (для валов) или максимальные (для отверстий) размеры определяются по известным формулам (рисунки 1.15, 1.16):

$$d_{min\ i} = d_{max\ i} - Td_i \quad (1.11)$$

$$D_{max\ i} = D_{min\ i} + TD_i \quad (1.12)$$

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{черт}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$								
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{расч}$	Td_{015}	$d_{015}^{черт}$	d_{min}^{015}	d_{max}^{015}			
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{min}^{черт}$	$Td^{черт}$	$d^{черт}$	$d_{min}^{черт}$	$d_{max}^{черт}$			

Записать в форме:
 $d \cdot Td$

Рисунок 1.15 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 5 для валов

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—								
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$D_{010}^{расч}$	TD_{010}	$D_{010}^{черт}$	D_{min}^{010}	D_{max}^{010}			
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{min}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$			

Записать в форме:
 D^{+TD}

$D_{min}^{015} + TD_{015}$

Рисунок 1.16 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 5 для отверстий

Этап 6. Определяются размеры детали (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на остальных операциях аналогично этапу 5 (рисунки 1.17, 1.18).

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	опуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм			
					$d_{\text{черт}}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$	
1	2	3	4	Записать в форме: $d_{\cdot Td}$			7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—									
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$d_{010}^{\text{расч}}$	Td_{010}	$d_{010}^{\text{черт}}$	d_{min}^{010}	d_{max}^{010}	$d_{010}^{\text{расч}} + Td_{010}$			
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{\text{расч}}$	Td_{015}	$d_{015}^{\text{черт}}$	d_{min}^{015}	d_{max}^{015}				
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$d_{\text{max}}^{\text{черт}}$				

$d_{\text{min}}^{015} + 2z_{015}$ Таблица 1.11 $d_{\text{max}}^{010} - Td_{010}$ При необходимости округляют в сторону увеличения припуска

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм			
					d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$		
1	2	3	4	Записать в форме: $d_{\cdot Td}$			7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$d_{005}^{\text{расч}}$	Td_{005}	$d_{005}^{\text{черт}}$	d_{min}^{005}	d_{max}^{005}	$d_{005}^{\text{расч}} + Td_{005}$			
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$d_{010}^{\text{расч}}$	Td_{010}	$d_{010}^{\text{черт}}$	d_{min}^{010}	d_{max}^{010}				
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{\text{расч}}$	Td_{015}	$d_{015}^{\text{черт}}$	d_{min}^{015}	d_{max}^{015}				
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$d_{\text{max}}^{\text{черт}}$				

$d_{\text{min}}^{010} + 2z_{010}$ Таблица 1.11 $d_{\text{max}}^{005} - Td_{005}$ При необходимости округляют в сторону увеличения припуска

Рисунок 1.17 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 6 для валов

Технологические операции	$R_a, \mu\text{м}$	$z, \text{мм}$	Расчётный размер, мм	$TD (TD), \text{мм}$	Размер, мм			Припуск, мм		
					D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$D_{005}^{расч}$	TD_{015}	$D_{005}^{черт}$	D_{min}^{005}	D_{max}^{005}	$D_{min}^{005} + TD_{005}$		
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$D_{010}^{расч}$	TD_{010}	$D_{010}^{черт}$	D_{min}^{010}	D_{max}^{010}			
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{min}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$			

Записать в форме: D^{+TD}

$D_{max}^{010} - 2z_{010}$

Таблица 1.10

$D_{005}^{расч} - TD_{005}$

При необходимости округляют в сторону увеличения припуска

Рисунок 1.18 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 6 для отверстий

Этап 7. Предельные размеры припусков z_{min} и z_{max} (колонки 9 и 10) и номинальный припуск z (колонка 11) определяются путем вычитания предельных размеров на двух соседних операциях: для линейных охватывающих размеров (валов)

$$z_{min i} = L_{min i-1} - L_{min i} \quad (1.13)$$

$$z_{max i} = L_{max i-1} - L_{max i} \quad (1.14)$$

$$z_i = L_{i-1} - L_i \quad (1.15)$$

для линейных охватываемых размеров (отверстий)

$$z_{min i} = L_{max i} - L_{max i-1} \quad (1.16)$$

$$z_{max i} = L_{min i} - L_{min i-1} \quad (1.17)$$

$$z_i = L_i - L_{i-1} \quad (1.18)$$

для диаметральных охватывающих размеров (валов)

$$2z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (1.19)$$

$$2z_{\max i} = d_{\max i-1} - d_{\max i} \quad (1.20)$$

$$2z_i = d_{i-1} - d_i \quad (1.21)$$

для диаметральных охватываемых размеров (отверстий)

$$2z_{\min i} = D_{\max i} - D_{\max i-1}, \quad (1.22)$$

$$2z_{\max i} = D_{\min i} - D_{\min i-1}, \quad (1.23)$$

$$2z_i = D_i - D_{i-1}, \quad (1.24)$$

где L_{i-1} , d_{i-1} , D_{i-1} , $L_{\min i-1}$, $d_{\min i-1}$, $D_{\min i-1}$ и $L_{\max i-1}$, $d_{\max i-1}$, $D_{\max i-1}$ – номинальное, минимальные и максимальные значения размера на предыдущей операции (рисунки 1.19, 1.20).

Этап 8. Номинальное значение общего одностороннего или двухстороннего припуска на механическую обработку

$$z_H = \sum z_i, \quad (1.25)$$

$$2z_H = \sum 2z_i \quad (1.26)$$

где $\sum z_i$ – сумма всех односторонних припусков (колонка 11 расчетной таблицы) на всех операциях для линейных размеров;

$\sum 2z_i$ – сумма всех двухсторонних припусков (колонка 11 расчетной таблицы) на всех операциях для диаметральных размеров.

Этап 9. Толщину нанесенного слоя металла определим как сумму износа и номинального значения общего припуска на обработку:

для линейных размеров

$$y = h + z_H, \quad (1.27)$$

для диаметральных размеров

$$y = h + 0,5 \cdot 2z_H, \quad (1.28)$$

где y – толщина нанесенного слоя металла на сторону;

h – величина одностороннего износа поверхности;

z_H и $2z_H$ – номинальное значение общего одностороннего или двухстороннего припуска на механическую обработку для линейных или диаметральных размеров.

Технологические операции	$R_a, \mu\text{м}$	$2z, \text{мм}$	Расчётный размер, мм	Допуск $Td (TD), \text{мм}$	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{\text{черт}}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$d_{005}^{\text{расч}}$	Td_{005}	$d_{005}^{\text{черт}}$	d_{min}^{005}	d_{max}^{005}	—		
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$d_{010}^{\text{расч}}$	Td_{010}	$d_{010}^{\text{черт}}$	d_{min}^{010}	d_{max}^{010}	$2z_{\text{min}}^{010}$		$d_{\text{min}}^{005} - d_{\text{min}}^{010}$
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{\text{расч}}$	Td_{015}	$d_{015}^{\text{черт}}$	d_{min}^{015}	d_{max}^{015}	$2z_{\text{min}}^{015}$		$d_{\text{min}}^{010} - d_{\text{min}}^{015}$
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$d_{\text{max}}^{\text{черт}}$	$2z_{\text{min}}^{020}$		$d_{\text{min}}^{015} - d_{\text{min}}^{\text{черт}}$

Технологические операции	$R_a, \mu\text{м}$	$2z, \text{мм}$	Расчётный размер, мм	Допуск $Td (TD), \text{мм}$	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{\text{черт}}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}$	$2z_{\text{max}}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$d_{005}^{\text{расч}}$	Td_{005}	$d_{005}^{\text{черт}}$	d_{min}^{005}	d_{max}^{005}	—	—	—
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$d_{010}^{\text{расч}}$	Td_{010}	$d_{010}^{\text{черт}}$	d_{min}^{010}	d_{max}^{010}	$2z_{\text{min}}^{010}$	$2z_{\text{max}}^{010}$	$d_{\text{max}}^{005} - d_{\text{max}}^{010}$
015 (IT ₀₁₅)	R_{a015}	$2z_{015}$	$d_{015}^{\text{расч}}$	Td_{015}	$d_{015}^{\text{черт}}$	d_{min}^{015}	d_{max}^{015}	$2z_{\text{min}}^{015}$	$2z_{\text{max}}^{015}$	$d_{\text{max}}^{010} - d_{\text{max}}^{015}$
020	R_{a020}	$2z_{020}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$Td^{\text{черт}}$	$d^{\text{черт}}$	$d_{\text{min}}^{\text{черт}}$	$d_{\text{max}}^{\text{черт}}$	$2z_{\text{min}}^{020}$	$2z_{\text{max}}^{020}$	$d_{\text{max}}^{015} - d_{\text{max}}^{\text{черт}}$

Рисунок 1.19 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 7 для валов

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$D_{005}^{расч}$	TD_{015}	$D_{005}^{черт}$	D_{min}^{005}	D_{max}^{005}	—		$D_{max}^{010} - D_{max}^{005}$
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$D_{010}^{расч}$	TD_{010}	$D_{010}^{черт}$	D_{min}^{010}	D_{max}^{010}	$2z_{min}^{010}$		
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{min}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$	$2z_{min}^{015}$		$D_{max}^{015} - D_{max}^{010}$

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчётный размер, мм	Допуск Td (TD), мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT ₀₀₅)	R_{a005}	—	$D_{005}^{расч}$	TD_{015}	$D_{005}^{черт}$	D_{min}^{005}	D_{max}^{005}	—		$D_{min}^{010} - D_{min}^{005}$
010 (IT ₀₁₀)	R_{a010}	$2z_{010}$	$D_{010}^{расч}$	TD_{010}	$D_{010}^{черт}$	D_{min}^{010}	D_{max}^{010}	$2z_{min}^{010}$	$2z_{max}^{010}$	$2z^{010}$
015	R_{a015}	$2z_{015}$	$D_{min}^{черт}$	$TD^{черт}$	$D^{черт}$	$D_{min}^{черт}$	$D_{max}^{черт}$	$2z_{min}^{015}$	$2z_{max}^{015}$	$2z^{015}$

Рисунок 1.20 – Заполнение расчетной таблицы на этапе 7 для отверстий

Пример 1. Расчет операционных размеров для валов.

Определить припуски, толщину нанесенного слоя металла и операционные размеры при восстановлении поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 1.21) наплавкой в среде углекислого газа. Материал: сталь 30 ГОСТ 1050-88. Величина одно-стороннего износа поверхности 1 под втулку $h = 0,12$ мм.

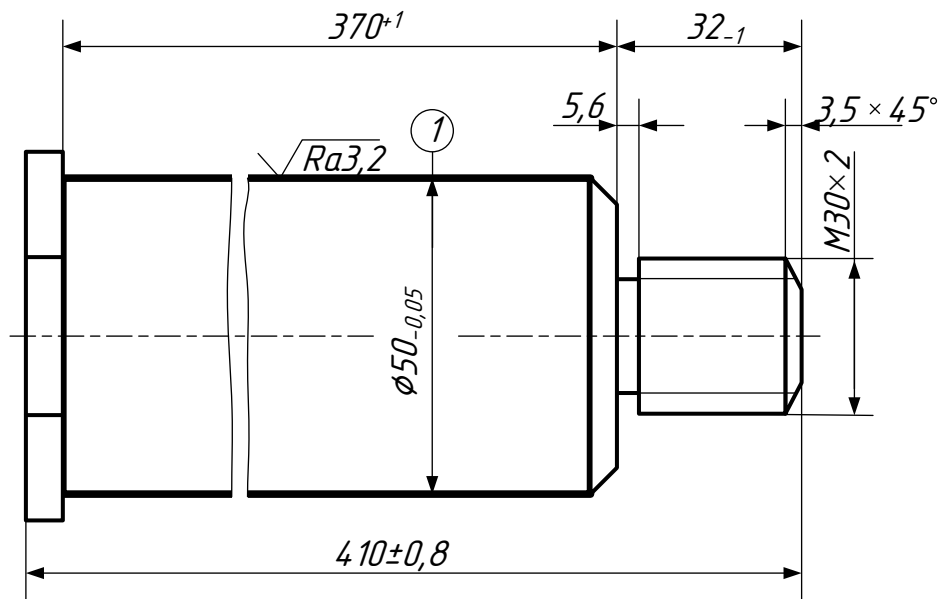


Рисунок 1.21 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Этап 1. Назначаем последний вид обработки поверхности 1 по таблице 1.13.

Допуск 0,05 мм для диаметра 50 мм соответствует 8 качеству (таблица 1.11). Согласно таблице 1.13 для получения наружной поверхности вращения 8 качества с шероховатостью $R_a = 3,2$ мкм назначаем круглое получистовое шлифование.

Этап 2. Определим операции маршрута восстановления для поверхности 1 (рисунок 1.6):

005 Токарная – восстановление базовых поверхностей (центровых отверстий).

010 Наплавочная – наплавка поверхности 1 оси в среде углекислого газа ($R_z = 160$ мкм, IT15).

015 Токарная – точение получистовое продольной подачей поверхности 1 ($R_a = 12,5$ мкм, IT13).

020 Токарная – точение чистовое продольной подачей поверхности 1 ($R_a = 3,2$ мкм, IT11).

025 Шлифовальная – шлифование получистовое поверхности 1 (чертежные параметры: $R_a = 3,2$ мкм, $d = 50_{-0,05}$ мм).

Этап 3. Для удобства расчетов составляем вспомогательную таблицу 1.15, в которую заносим уже определенные значения размеров детали.

Таблица 1.15 – Расчет припусков и операционных размеров

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчетный размер, мм	Допуск Td , мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{черт}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
010 (IT15)	$R_z = 160$	–	52,41	1,0	$53,5_{-1}$	52,5	53,5	–	–	–
015 (IT13)	12,5	2,0	50,35	0,39	$50,8_{-0,39}$	50,41	50,8	2,09	2,7	2,7
020 (IT11)	3,2	0,3	50,05	0,16	$50,21_{-0,16}$	50,05	50,21	0,36	0,59	0,59
025	3,2	0,1	49,95	0,05	$50_{-0,05}$	49,95	50	0,1	0,21	0,21

Этап 4. Назначаем операционные припуски на все переходы за исключением наплавки.

Припуск на шлифование (операция 025) назначаем по таблице 1.1 (при диаметре Свыше 30 до 50 предварительное после чистового точения при длине вала Свыше 260 до 500 мм): 0,1 мм.

Припуск на точение чистовое (операция 020) назначаем по таблице 1.1 (при диаметре Свыше 30 до 50 на чистовое точение при длине вала Свыше 260 до 500 мм): 0,3 мм.

Двухсторонний припуск на точение черновое (операция 015) назначаем по таблице 1.2: 2,0 мм (обтачивание после наплавки в среде углекислого газа).

Значения припусков заносим в таблицу 1.15.

Для операции 025 Шлифование расчетный размер поверхности (принимается минимальный): 49,95 мм, номинальный (чертежный): $50_{-0,05}$ мм, минимальное и максимальное значения операционного размера: 49,95 мм и 50 мм.

Этап 5. Определяем размеры детали (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на предпоследней операции – 020 Точение чистовое (рисунки 1.13, 1.15).

Определяем расчетный размер детали для операции по формуле (1.5): $49,95 + 0,1 = 50,05$ мм.

Допуск на размер по IT13 (таблица 1.11): 0,16 мм.

Находим максимальный (номинальный) операционный размер по формуле (1.8): $50,05 + 0,16 = 50,21$ мм.

В колонки 6 и 7 таблицы 1.15 заносим чертежный и минимальный операционный размер детали соответственно.

Этап 6. Определяем размеры детали (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на остальных операциях аналогично этапу 5 (рисунок 1.17).

Для операции 015 Точение черновое:

- расчетный размер поверхности $50,05 + 0,3 = 50,35$ мм;
- допуск по таблице 1.11 (IT11): 0,39 мм;
- максимальный (номинальный) размер: $50,35 + 0,39 = 50,74$ мм. Округляем в сторону увеличения припуска до 50,8 мм;
- минимальный размер: $50,8 - 0,39 = 50,41$ мм.

Для операции 010 Наплавочная:

- расчетный размер поверхности $50,41 + 2,0 = 52,41$ мм;
- допуск по таблице 1.11 (IT15): 1,0 мм;
- максимальный (номинальный) размер: $52,41 + 1 = 53,41$ мм. Округляем в сторону увеличения припуска до 53,5 мм;
- минимальный размер: $53,5 - 1,0 = 52,5$ мм.

В колонку 6 таблицы 1.15 заносим значения чертёжных операционных размеров.

Этап 7. Определяем размеры припусков $2z_{min}$, $2z_{max}$ и $2z$ по формулам (1.19), (1.20) и (1.21) и заносим полученные значения в колонки 9, 10 и 11.

Для операции 025 Шлифование

- минимальный припуск: $50,05 - 49,95 = 0,1$ мм;
- максимальный припуск: $50,21 - 50 = 0,21$ мм;
- номинальный припуск: $50,21 - 50 = 0,21$ мм.

Для операции 020 Точение чистовое

- минимальный припуск: $50,41 - 50,05 = 0,36$ мм;
- максимальный припуск: $50,8 - 50,21 = 0,59$ мм;
- номинальный припуск: $50,8 - 50,21 = 0,59$ мм.

Для операции 015 Точение черновое

- минимальный припуск: $52,5 - 50,41 = 2,09$ мм;
- максимальный припуск: $53,5 - 50,8 = 2,7$ мм.
- номинальный припуск: $53,5 - 50,8 = 2,7$ мм.

Этап 8. Находим номинальное значение общего припуска на механическую обработку по формуле (1.26):

$$2z_n = 0,21 + 0,59 + 2,7 = 3,5 \text{ мм.}$$

Этап 9. Находим номинальную толщину нанесенного слоя металла на сторону по формуле (1.28)

$$y = 0,12 + 0,5 \cdot 3,5 = 1,87 \text{ мм.}$$

Пример 2. Расчет операционных размеров для валов.

Определить припуски, толщину нанесенного слоя металла и операционные размеры при восстановлении поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 1.21) плазменной наплавкой. Материал: сталь 30 ГОСТ 1050-88. Величина одностороннего износа поверхности 1 под втулку $h = 0,12$ мм.

Решение.

Этап 1. Назначаем последний вид обработки поверхности 1 по таблице 1.13, который с учетом экономической точности обработки, обеспечит требуемые параметры.

Допуск 0,05 мм для диаметра 50 мм соответствует 8 качеству (таблица 1.11). Согласно таблице 1.13 для получения наружной поверхности вращения 8 качества с шероховатостью $R_a = 3,2$ мкм назначаем круглое получистовое шлифование.

Этап 2. Определим операции маршрута восстановления для поверхности 1 (рисунок 1.6):

005 Токарная – восстановление базовых поверхностей (центровых отверстий).

010 Наплавочная – плазменная наплавка поверхности 1 оси ($R_a = 100$ мкм, IT14).

015 Токарная – точение чистовое продольной подачей поверхности 1 ($R_a = 3,2$ мкм, IT11).

020 Шлифовальная – шлифование получистовое поверхности 1 (чертежные параметры: $R_a = 3,2$ мкм, $d = 50_{-0,05}$ мм).

Этап 3. Для удобства расчетов составляем вспомогательную таблицу 1.16, в которую заносим уже найденные значения шероховатости и диаметров.

Этап 4. Назначаем операционные припуски на все переходы за исключением наплавки (рисунок 1.11).

Таблица 1.16 – Расчет припусков и операционных размеров

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчетный размер, мм	Допуск Td , мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$d_{черт}$	d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
010 (IT14)	80	–	51,45	0,62	$51,5_{-0,62}$	50,88	51,5	–	–	–
015 (IT11)	3,2	1,4	50,05	0,16	$50,21_{-0,16}$	50,05	50,21	0,83	1,29	1,29
020	3,2	0,1	49,95	0,05	$50_{-0,05}$	49,95	50	0,1	0,21	0,21

Припуск на шлифование назначаем по таблице 1.1, на точение чистовое двухсторонний припуск назначаем по таблице 1.2. Значения припусков заносим в таблицу 1.16.

Этап 5. Определяем размеры (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на предпоследней операции 015 Токарная и заносим их в таблицу 1.16 (рисунки 1.13, 1.15).

Этап 6. Определяем номинальные операционные размеры для операции 010 Наплавочная и заносим их в таблицу 1.16 (рисунок 1.17). Максимальный размер округляем в сторону увеличения припуска до 51,5 мм.

Этап 7. Определяем максимальные, минимальные и номинальные припуски для каждой операции и заносим в колонки 9, 10 и 11 таблицы 1.16 (рисунок 1.19).

Этап 8. Номинальное значение общего припуска на механическую обработку:

$$2z_H = 0,21 + 1,29 = 1,5 \text{ мм.}$$

Этап 9. Номинальная толщина нанесенного слоя металла на сторону

$$y = 0,12 + 0,5 \cdot 1,5 = 0,87 \text{ мм.}$$

Пример 3. Расчет операционных размеров для отверстий.

Определить припуски, толщину нанесенного слоя металла и операционные размеры при восстановлении поверхности под цапфу 1 вальца нижнего комбайна (рисунок 1.22) железнением. Материал: чугун СЧ18-36 ГОСТ 1412-85. Величина одностороннего износа поверхности $h = 0,15$ мм.

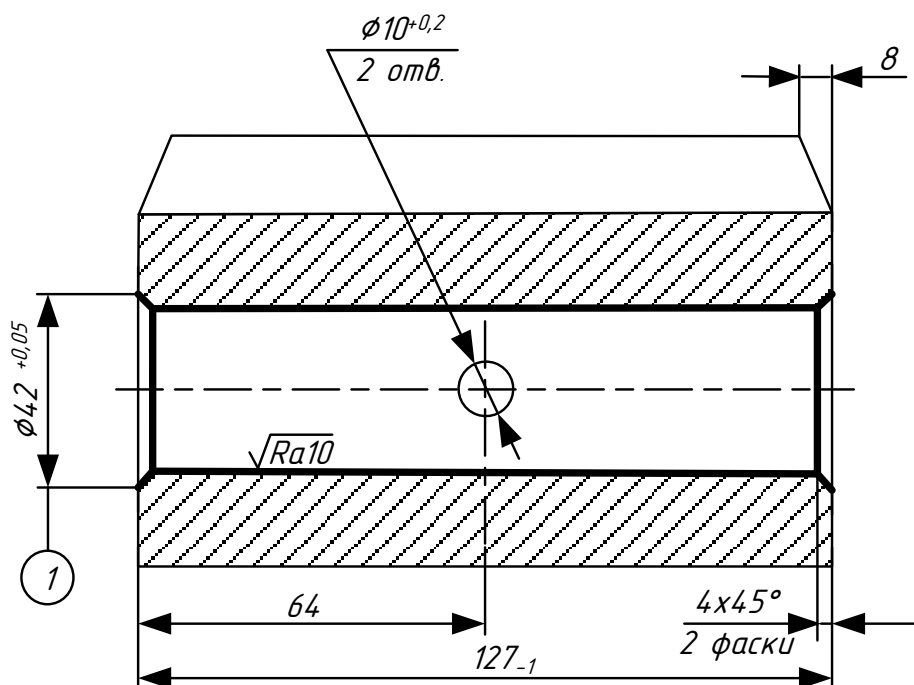


Рисунок 1.22 – Валец нижний комбайна

Решение.

Этап 1. Назначаем последний вид обработки поверхности 1 по таблице 1.13, который с учетом экономической точности обработки, обеспечит требуемые параметры.

Допуск 0,05 мм для диаметра 42 мм соответствует 8 качеству (таблица 1.10). Согласно таблице 1.13 для получения внутренней поверхности вращения 8 качества с шероховатостью $R_a = 10$ мкм назначаем внутреннее полуступовое шлифование.

Этап 2. Определим операции маршрута восстановления для поверхности 1 (рисунок 1.7):

005 Гальваническая – нанесение слоя металла на поверхность 1 ($R_a = 25$ мкм, IT12).

010 Шлифовальная – шлифование внутреннее получистовое поверхности 1 (чертежные параметры: $R_a = 10$ мкм, $d = 42^{+0,05}$ мм).

Этап 3. Для удобства расчетов составляем вспомогательную таблицу 1.17, в которую заносим уже полученные данные (рисунок 1.10).

Таблица 1.17 – Расчет припусков и операционных размеров восстанавливаемой поверхности

Технологические операции	R_a , мкм	$2z$, мм	Расчетный размер, мм	Допуск TD , мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$D_{черт}$	D_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$	$2z$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT12)	25	–	41,85	0,25	$41,6^{+0,25}$	41,6	41,85	–	–	–
010	10	0,2	42	0,05	$42^{+0,05}$	42	42,05	0,2	0,4	0,4

Этап 4. Назначаем двухсторонний припуск на шлифование по таблице 1.2 для железнения: 0,2 мм.

Этапы 5 и 6. Определяем расчетный размер для операции 005 Гальваническая путем *вычитания из максимального размера отверстия* поверхности по чертежу припуска на операции 010 Шлифовальная: $42,05 - 0,2 = 41,85$ мм.

В колонку 5 таблицы 1.17 заносим допуск на операционный размер по IT12 (таблица 1.12): 0,25 мм (рисунок 1.14).

Для операции 005 Гальваническая минимальный (номинальный) размер: $41,85 - 0,25 = 41,6$ мм (рисунок 1.14).

В колонки 6, 7 и 8 таблицы 1.17 заносим чертежное, минимальное и максимальное значения операционного размера соответственно (рисунки 1.14, 1.16).

Этап 7. Размеры припусков $2z_{min}$, $2z_{max}$ и $2z$ определяем по формулам (1.22), (1.23) и (1.24) и заносим полученные значения в колонки 9, 10 и 11.

Этап 8. Номинальное значение общего припуска на механическую обработку:

$$2z_H = 0,4 \text{ мм.}$$

Этап 9. Номинальная толщина нанесенного слоя металла на сторону

$$y = 0,15 + 0,5 \cdot 0,4 = 0,35 \text{ мм.}$$

Пример 4. Расчет операционных размеров для линейных размеров.

Определить припуски, толщину нанесенного слоя металла и операционные размеры при восстановлении поверхности 1 ступицы ведомого диска муфты сцепления двигателя СМД (рисунок 1.23) ручной электродуговой наплавкой. Материал: сталь 40. Величина одностороннего износа поверхности $h = 0,8$ мм.

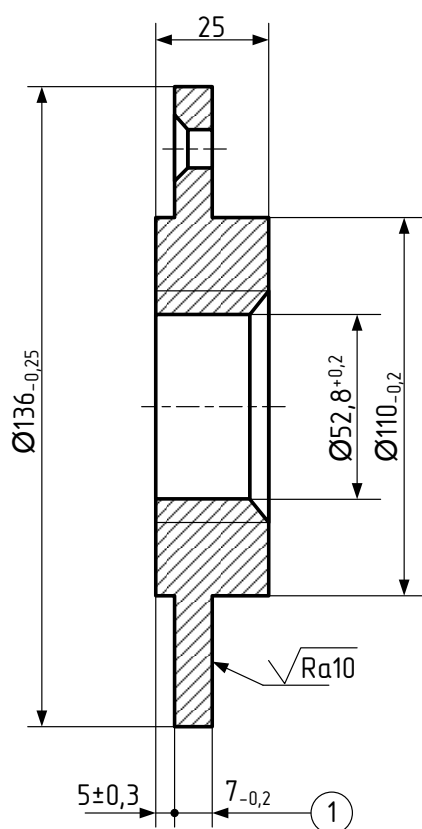


Рисунок 1.23 – Ступица ведомого диска муфты сцепления двигателя СМД

Решение.

Этап 1. Назначаем последний вид обработки поверхности 1 ступицы по таблице 1.13, который с учетом экономической точности обработки, обеспечит требуемые параметры.

Допуск 0,2 мм для размера 7 мм соответствует 12 качеству (таблица 1.11). Согласно таблице 1.13 для получения торцевой поверхности 12 качества с шероховатостью $R_a = 10$ мкм назначаем получистовое точение продольной подачей.

Этап 2. Размер $7_{-0,2}$ мм – охватывающий (вал). Определим операции маршрута восстановления поверхности 1 (рисунок 1.8):

005 Наплавочная – нанесение слоя металла на поверхность 1 ($R_z = 320$ мкм, IT17) ручной электродуговой наплавкой.

010 Токарная – черновое точение продольной подачей поверхности 1 (по таблице 1.13 $R_a = 50$ мкм, IT15).

015 Токарная – чистовое точение продольной подачей поверхности 1 (по чертежу $R_a = 10$ мкм, $L = 7_{-0,2}$ мм).

Этап 3. Для удобства расчетов составляем вспомогательную таблицу 1.18, в которую заносим уже найденные значения припусков и операционных размеров поверхности 1 ступицы (рисунок 1.9).

Таблица 1.18 – Расчет припусков и операционных размеров

Технологические операции	R_a , мкм	z , мм	Расчетный размер, мм	Допуск Td , мм	Размер, мм			Припуск, мм		
					$L_{черт}$	L_{min}	L_{max}	z_{min}	z_{max}	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 (IT17)	$R_z = 160$	–	9,52	1,5	$11,1_{-1,5}$	9,6	11,1	–	–	–
010 (IT15)	50	1,7	7,8	0,58	$8,4_{-0,58}$	7,82	8,4	1,78	2,7	2,7
015	10	1,0	6,8	0,2	$7_{-0,2}$	6,8	7,0	1,02	1,4	1,4

Этап 4. Назначаем операционные припуски.

Назначаем припуск на черновую обработку торца (операция 010) по таблице 1.2: 1,7 мм (обтачивание после ручной электродуговой наплавки).

Назначаем припуск на чистовую обработку торца (операция 015) по таблице 1.8: 1,0 мм.

Значения припусков заносим в таблицу 1.18 (рисунок 1.11).

Этап 5. Определяем размеры восстанавливаемой поверхности (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на операции 010 Токарная (рисунки 1.13, 1.15).

Определяем расчетный размер для операции по формуле (1.3): $6,8 + 1,0 = 7,8$ мм.

Допуск на размер по IT15 (таблица 1.11): 0,58 мм.

Максимальный (номинальный) операционный размер по формуле (1.7): $7,8 + 0,58 = 8,38$ мм. Округляем в сторону увеличения припуска до 8,4 мм.

В колонки 6 и 7 таблицы 1.18 заносим чертежный и минимальный операционный размеры соответственно.

Этап 6. Определяем размеры (расчетный, максимальный, минимальный и номинальный) на операции 005 Наплавочная аналогично этапу 5 (рисунок 1.17).

Для операции 005 Наплавочная:

- расчетный размер поверхности $7,82 + 1,7 = 9,52$ мм;
- допуск по таблице 1.11 (IT17): 1,5 мм;
- максимальный (номинальный) размер: $9,52 + 1,5 = 11,02$ мм.

Округляем максимальный размер в сторону увеличения припуска до 11,1 мм;

- минимальный размер: $11,1 - 1,5 = 9,6$ мм.

В колонку 6 таблицы 1.18 заносим значения чертежных операционных размеров.

Этап 7. Определяем максимальные, минимальные и номинальные припуски для каждой операции по формулам (1.13), (1.14) и (1.15) и заносим полученные значения в колонки 9, 10 и 11 таблицы 1.18.

Этап 8. Номинальное значение общего припуска на механическую обработку:

$$z_H = 2,7 + 1,4 = 4,1 \text{ мм.}$$

Этап 9. Номинальная толщина нанесенного слоя металла на сторону

$$y = 0,8 + 4,1 = 4,9 \text{ мм.}$$

Контрольные вопросы

1. Дайте определение операционного, общего и минимального припусков.
2. Как определяется толщина нанесенного слоя металла?
3. Что такое «операционный размер»?
4. Чем отличаются «припуск на диаметр» и «припуск на сторону»?
5. Какие операции необходимо назначать в первую очередь при выборе маршрута восстановления поверхности?
6. Какие операции назначаются последними при выборе маршрута восстановления поверхности?
7. Как назначаются отклонения для валов? Для отверстий?
8. Как производится округление операционных размеров?

2 РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ

2.1 Общие положения

Расчёт режимов обработки поверхностей деталей при их восстановлении состоит из нескольких этапов:

1. Выбор оборудования.
2. Выбор инструмента.
3. Определение собственно режимов (силы тока, шага наплавки, скорости подачи проволоки, глубины резания, скорости резания и т. д.).
4. Определение нормы времени на обработку.

Выбор оборудования и инструмента зависит от способа восстановления, который определяется конструктивно-технологическими особенностями рабочей поверхности деталей (формы и размера, материала и термообработки, поверхностной твердости и шероховатости), от условий их работы (характера нагрузки, вида трения) и износа, а также от стоимости восстановления [1]. Необходимо также учитывать наличие оборудования на предприятии или в доступной близости.

Определение режимов обработки производят после определения припусков и толщины нанесенного слоя металла по общим методикам или методикам предприятия, если такие имеются.

Определение нормы времени на обработку в ремонтном производстве производится по одной методике для всех видов обработки.

Нормируемое время – это время полезной работы, связанное с выполнением производственного задания. Оно классифицируется на основное, вспомогательное, дополнительное и подготовительно-заключительное, характеризуемые как техническая норма времени, мин:

$$T_H = T_O + T_B + T_D + \frac{T_{ПЗ}}{n_{шт}}, \quad (2.1)$$

где T_H – норма времени (часто называемая штучно-калькуляционным временем);

T_O – основное время, мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

T_D – дополнительное время, мин;
 $T_{ПЗ}$ – подготовительно-заключительное время, мин;
 $n_{шт}$ – количество деталей восстановленных, разобранных (собранных) сборочных единиц и т.п. в партии.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время, мин:

$$T_{ОП} = T_O + T_B. \quad (2.2)$$

Дополнительное время рассчитывают пропорционально затратам оперативного. Поэтому определяют его в процентном отношении от оперативного времени

$$T_{ДОП} = \frac{T_{ОП}K}{100}, \quad (2.3)$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах).

Сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени составляет штучное время, мин

$$T_{Ш} = T_O + T_B + T_{ДОП}, \quad (2.4)$$

В таблицах нормативов времени на различные виды работ время задается по-разному. Иногда в виде оперативного, иногда штучного. Тогда норму времени определяют, в первом случае, мин

$$T_H = T_{ОП} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{ШГ}}, \quad (2.5)$$

во втором случае, мин

$$T_H = T_{Ш} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{ШГ}}. \quad (2.6)$$

3 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И НОРМ ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИЯХ НАНЕСЕНИЯ СЛОЯ МЕТАЛЛА

3.1 Ручная газовая сварка

3.1.1 Ручная газовая сварка в ремонтном производстве

Газовая сварка относится к сварке плавлением. Источником тепла в этом случае является высокотемпературное пламя, образующееся в результате сгорания горючего газа (ацетилена, пропан-бутана, метана и др.) в смеси с техническим кислородом. В зависимости от применяемого газа температура горения бывает различной и колеблется от 2100 до 3200 °С.

В ремонтном производстве широкое распространение получила газовая сварка и наплавка ацетиленокислородным пламенем (рисунок 3.1). В процессе сварки и наплавки кромки и поверхности деталей расплавляются, одновременно с этим расплавляется конец присадочной проволоки, которая вводится в пламя горелки. При этом сварочное пламя образует вокруг ванны расплавленного металла газовую зону, которая защищает ванну от воздействия окружающего воздуха (кислорода и азота).

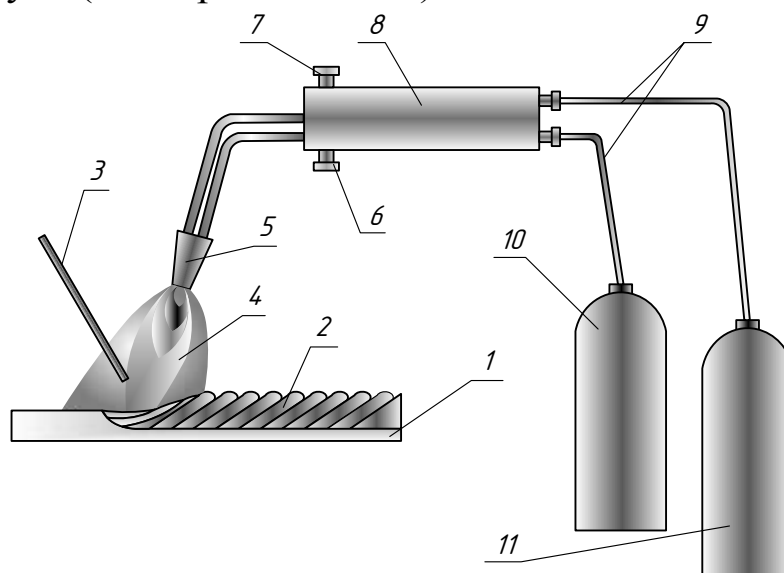


Рисунок 3.1 – Схема газовой сварки и наплавки:

- 1 – свариваемое или наплавляемое изделие; 2 – наплавленный металл;
- 3 – присадочный материал; 4 – пламя горелки; 5 – сопло горелки;
- 6 – вентиль подачи горючего газа; 7 – вентиль подачи кислорода;
- 8 – корпус горелки; 9 – шланги подачи кислорода и горючего газа;
- 10 – баллон с горючим газом; 11 – баллон с кислородом

Ацетиленокислородным пламенем рекомендуется выполнять следующие работы: сварку стальных тонкостенных деталей; чугуновых деталей сложной конструкции; деталей из цветных металлов и сплавов; поверхностную закалку деталей; пайку твердыми припоями; сварку пластмасс.

Площадь поперечного сечения канала мундштука должна быть прямо пропорциональна толщине свариваемого или наплавляемого металла.

В зависимости от соотношения смеси газов ацетиленокислородное пламя может быть *нормальным, науглероживающим и окислительным*. Теоретически нормальное пламя получается тогда, когда на один объем ацетилена в горелку подается один объем кислорода. Нормальным (нейтральным) пламенем сваривают детали из алюминиевых сплавов, меди, бронзы, стали с содержанием углерода менее 0,5 %.

При уменьшении подачи кислорода или при увеличении подачи ацетилена получают науглероживающее пламя. Температура такого пламени ниже температуры нормального пламени.

Науглероживающее пламя применяют при сварке чугуна, высокоуглеродистых сталей (0,5 %С), для наплавки деталей твердыми сплавами.

Если увеличить подачу кислорода или уменьшить подачу ацетилена в горелку, то получают окислительное пламя. Температура окислительного пламени выше температуры нормального, однако приводит к получению крупного и пористого шва. Окислительным пламенем режут металлы, нагревают детали при закалке.

Материал присадочного прутка при газовой сварке по своим химическим и физико-механическим свойствам должен быть таким же, как металл детали.

В качестве присадочного, материала для сварки ответственных стальных деталей применяют малоуглеродистую сталь. При сварке малоуглеродистых сталей применяют проволоку Св-08ГС. При сварке среднеуглеродистых сталей (до 0,55 % С) в качестве присадочного материала применяют проволоку Св-08А.

Для получения сварного соединения с высокими механическими свойствами используют низколегированную кремнемарганцовистую и марганцовистую присадочную проволоку.

Сварку с подогревом чугуновых деталей сложной конфигурации выполняют чугуновыми прутками марки А.

Для сварки чугуновых деталей в холодном состоянии используют чугуновые прутки марки Б, отличающиеся от прутков марки А наличием марганца и повышенным содержанием кремния. Марганец при сварке нейтрализует вредное действие серы (уменьшает краснотомкость), кремний интенсифицирует процесс графитизации и препятствует образованию «отбеленного» чугуна.

Для газовой сварки медных деталей применяют присадочные прутки из электролитической меди.

Латунные детали сваривают с применением латунных присадочных прутков, содержащих значительное количество цинка.

При сварке бронзовых, алюминированных деталей и деталей из их сплавов используют присадочные прутки, имеющие такой же состав, что и свариваемые детали.

Недостатком газовой сварки является низкая производительность процесса, большая зона теплового воздействия на основной металл, что приводит к значительному короблению свариваемых деталей.

3.1.2 Расчет режимов обработки и нормирование ручной газовой наплавки

Рекомендуемые диаметры присадочной проволоки при наплавке в зависимости от толщины наплавляемого металла приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Диаметр присадочной проволоки в зависимости от толщины наплавляемого металла

Толщина наплавляемого металла, мм	до 3	3–5	5–10	10–15	15 и более
Диаметр проволоки, мм	2	3–4	3–5	4–6	6–8

Масса наплавляемого металла, г, определяется по формуле:

$$G = Lh\gamma, \quad (3.1)$$

где L – длина наплавляемого слоя, см;

h – толщина наплавляемого слоя, см;
 b – ширина слоя наплавки, см;
 γ – удельный вес материала (таблица 3.2), г/см³.

Таблица 3.2 – Удельный вес металлов и сплавов

Наименование металлов и сплавов	Удельный вес, г/см ³
Алюминий	2,70
Сталь	7,87
Медь	8,92
Чугун	7,0

Основное время на наплавку поверхности детали, мин, определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{60G}{\beta} A m_1 m_2, \quad (3.2)$$

где G – масса наплавляемого металла, г;

A – коэффициент, учитывающий длину наплавляемой поверхности (таблица 3.3);

β – расход ацетилен, л/ч, (таблица 3.4);

m_1 – коэффициент, учитывающий материал наплавляемой детали (таблица 3.5);

m_2 – коэффициент, учитывающий положение наплавляемой поверхности в пространстве (таблица 3.6).

Таблица 3.3 – Коэффициент A , учитывающий длину восстанавливаемой поверхности

Длина восстанавливаемой поверхности не более, мм	Значение коэффициента A
200	1,2
500	1,1
1000	1,00

Таблица 3.4 – Технические характеристики газовых горелок и параметрические данные процесса

Тип горелки	Номер наконечника	Толщина наплавки, мм	Расход, л/ч	
			ацетилена	кислорода
СУ	0	0,3–1	75	85
	1	1–2	150	165
	2	2–4	300	330
	3	4–6	500	550
	4	6–9	750	825
	5	9–14	1200	1300
	6	14–20	1700	1850
	7	20–30	2600	2750
ГСМ	00	0,2–0,5	50	55
	0	0,5–1	75	85
	1	1–2	150	165
	2	2–4	300	330
	3	4–6	500	550

Таблица 3.5 – Коэффициент, учитывающий материал наплавляемой детали

Наплавляемый материал и присадочные металлы	Значение коэффициента m_1
Наплавка стали с содержанием углерода не более 0,4 %	1,00
Наплавка стали с содержанием углерода более 0,4 %	1,20
Наплавка чугуна, присадка – чугун или латунь	0,80
Наплавка меди, присадка – медь	0,90
Наплавка алюминия и его сплавов, присадка – алюминий	0,60

Таблица 3.6 – Коэффициент, учитывающий положение наплавляемой поверхности в пространстве

Пространственное расположение шва наплавляемой поверхности	Значение коэффициента m_2
Наплавка при нижнем положении наплавляемой поверхности	1,00
Наплавка при вертикальном положении наплавляемой поверхности	1,20
Наплавка при потолочном положении наплавляемой поверхности	1,60

Вспомогательное время, затрачиваемое на свариваемое изделие, распределяется на установку, повороты, снятие свариваемых изделий и подноску изделий на расстояние до 5 м.

Вспомогательное время на установку детали на стол и ее снятие определяют по таблице 3.7, время, связанное со сваркой или наплавкой изношенной детали, – по таблице 3.8.

Таблица 3.7 – Вспомогательное время на установку детали на стол и ее снятие, мин

Толщина свариваемого металла, не более, мм	Длина свариваемого шва не более, мм				
	100	200	300	400	500
4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,1
10	0,9	1,0	1,3	1,5	1,6
16	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2
20	1,4	1,8	2,0	2,3	2,5
24	1,7	2,0	2,3	2,7	2,9

Таблица 3.8 – Вспомогательное время, связанное со сваркой или наплавкой изношенной детали, мин.

Переходы	Масса детали не более, кг				
	5	10	15	20	30
Поднести, уложить, снять и отнести деталь	0,4	0,6	0,7	1,0	1,4
Повернуть деталь на 90°	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
Повернуть деталь на 180°	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3), при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному K определяется по таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Поправочный коэффициент, зависящий от условий выполнения сварки и наплавки

Условия выполнения сварки без подогрева детали	Коэффициент K , %
Удобное положение	8
Неудобное положение	10
Напряженное положение	13

Подготовительно-заключительное время, мин, определяется в процентах от оперативного времени:

$$T_{ПЗ} = 0,08(T_O + T_B), \quad (3.3)$$

Норма времени определяется по формуле (2.5).

Пример 1. Расчет режимов и нормирование ручной газовой наплавки.

Определить режимы и норму времени на операцию ручной газовой наплавки поверхностей кулачков 1 кулачковой муфты привода гидронасоса двигателя СМД (рисунок 3.2). Толщина наплавки $h = 1,1$ мм. Материал: сталь 40. Наплавка производится на верстаке.

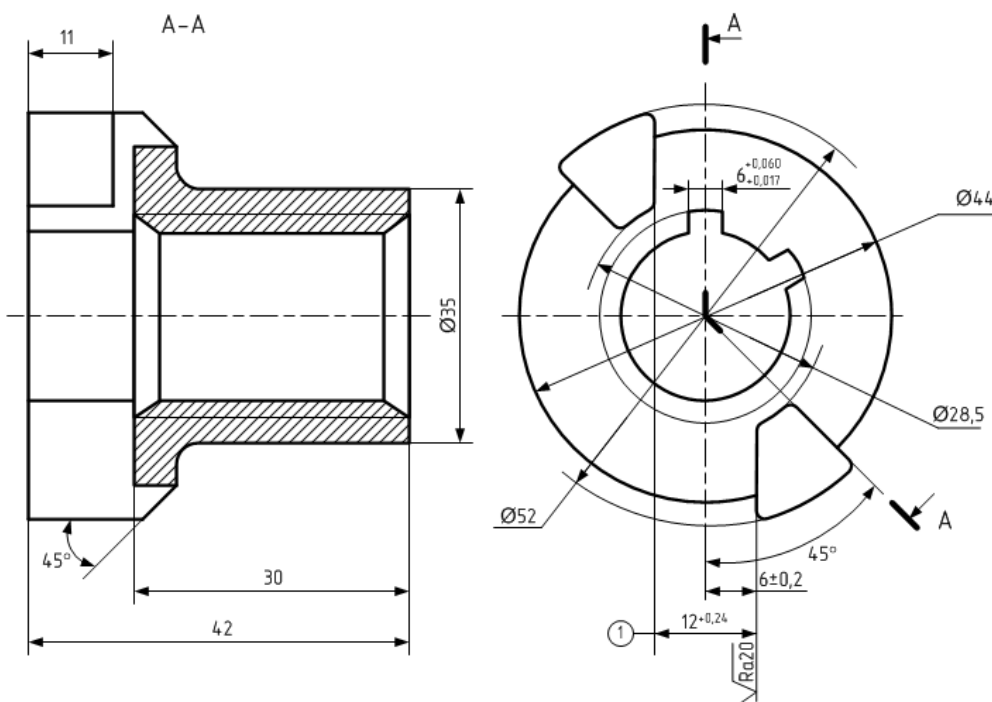


Рисунок 3.2 – Кулачковая муфта привода гидронасоса двигателя СМД

Решение.

Диаметр присадочной проволоки – 2 мм (таблица 3.1).

Массу наплавленного металла на два кулачка можно определяем по формуле (3.1):

$$G = 2Lhb\gamma,$$

где h – толщина наплавляемого слоя, $h = 0,11$ см;

L – длина наплавляемого слоя, $L = 1,1$ см;

B – ширина слоя наплавки, $B = 0,5(5,2 - 2,85) = 1,175$ см;

γ – удельный вес материала, $\gamma = 7,8$ г/см³ (таблица 3.2).

$$G = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,11 \cdot 1,175 \cdot 7,8 = 2,2 \text{ г.}$$

Для горелки СУ (наконечник 1) имеем (таблица 3.4):

– расход ацетилен $\beta = 150$ л/ч;

– расход кислорода 165 л/ч.

Основное время на обработку детали определим по формуле (3.2)

$$T_O = \frac{60G}{\beta} A m_1 m_2,$$

где G – масса наплавляемого металла, $G = 2,2$ г;

β – расход ацетилен, $\beta = 150$ л/ч;

A – коэффициент, учитывающий длину наплавляемой поверхности, $A = 1,2$ (таблица 3.3);

m_1 – коэффициент, учитывающий материал наплавляемой детали, $m_1 = 1$ (таблица 3.5);

m_2 – коэффициент, учитывающий положение наплавляемой поверхности в пространстве, $m_2 = 1$ (таблица 3.6).

$$T_O = \frac{60 \cdot 2,2}{150} 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 0,88 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время (таблицы 3.7 и 3.8)

– на установку детали на стол и ее снятие $T'_B = 0,6$ мин;

– время, связанное с наплавкой, $T''_B = 0,4 + 0,12 = 0,52$ мин.

Полное вспомогательное время будет:

$$T_B = T'_B + T''_B.$$

$$T_B = 0,6 + 0,52 = 1,12 \text{ мин.}$$

Дополнительное время согласно формуле (2.3) определяется в процентах от оперативного времени (таблица 3.9):

$$T_{\text{ДОП}} = \frac{(T_O + T_B)K}{100},$$

$$T_{\text{ДОП}} = \frac{(0,88 + 1,12)8}{100} = 0,16 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время согласно формуле (3.3) определяется в процентах от оперативного времени:

$$T_{\text{ПЗ}} = 0,08(T_O + T_B),$$

$$T_{\text{ПЗ}} = 0,08(0,88 + 1,12) = 0,16 \text{ мин.}$$

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{ДОП}} + T_{\text{ПЗ}}$$

$$T_H = 0,88 + 1,12 + 0,16 + 0,16 = 2,32 \text{ мин.}$$

3.2 Ручная электродуговая наплавка

3.2.1 Ручная электродуговая сварка и наплавка в ремонтном производстве

В ремонтном производстве ручную электродуговую сварку обычно применяют при устранении в деталях трещин и изломов небольших размеров, когда применение механизированных способов сварки нерационально, а также при сварке деталей сложной формы (рисунок 3.3).

Ручную наплавку применяют при восстановлении изношенных поверхностей деталей небольших размеров, а также при восстановлении гладких и резьбовых отверстий диаметром менее 25 мм.

При ручной электродуговой сварке можно пользоваться постоянным и переменным током. Во время сварки постоянным током дуга горит более устойчиво, причем на положительном полюсе выделяется больше тепла ($Q = 43 \%$, температура $t = 4200 \text{ }^\circ\text{C}$), чем на отрицательном ($Q = 36 \%$, $t = 3500 \text{ }^\circ\text{C}$).

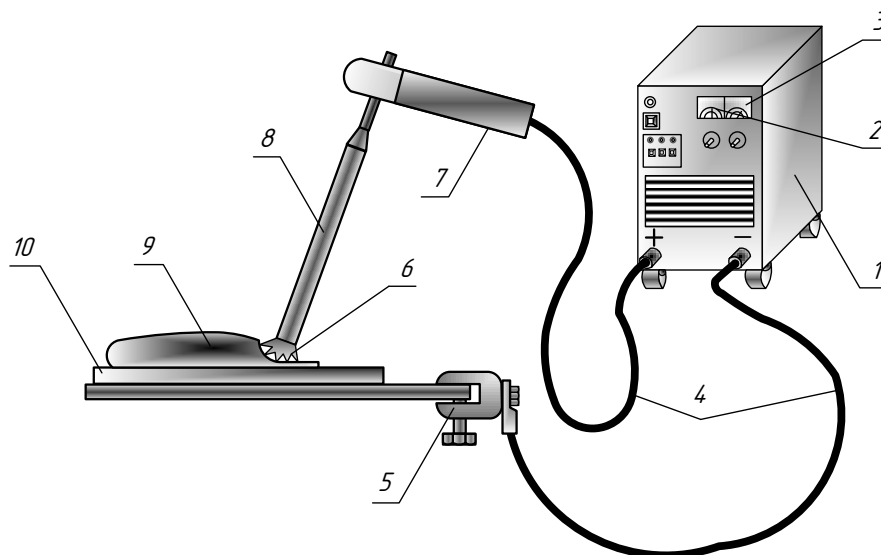


Рисунок 3.3 – Схема ручной электродуговой сварки и наплавки:
 1 – источник питания; 2 – вольтметр; 3 – амперметр; 4 – сварочные кабели;
 5 – электродный зажим; 6 – сварочная дуга; 7 – электрододержатель; 8 – покрытый электрод; 9 – наплавленный металл; 10 – основной металл

Если необходимо при сварке *увеличить глубину проплавления детали*, то сварку ведут на *прямой полярности*, подключая деталь к *положительному полюсу*. Детали небольшой толщины (чтобы избежать прожогов), а также из среднеуглеродистых и высоколегированных сталей (чтобы в переходной зоне не образовались закалочные трещины) сваривают при *обратной полярности*, подключая деталь к *отрицательному полюсу*.

При сварке переменным током на электроде и детали выделяется примерно одинаковое количество тепла. В этом случае фазовый провод с электродом, нулевой – с деталью.

В качестве электродов при ручной сварке и наплавке применяют стальной стержень с покрытием (обмазкой).

Стержень электрода при сварке изготавливают из проволоки по ГОСТ 2246-70, а при наплавке – из проволоки по ГОСТ 10543-75 (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Типы и марки электродов

Тип электрода	Марка электрода	Назначение электрода
Ручная сварка		
Э-42	ВСП-1; ОММ-5; ЦМ-7; АМО-1; ВСЦ-2; СМ-5; ОМА-2	Для сварки малоуглеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа; ремонт неответственных деталей
Э-46 Э-50	АНО-3; МП-3; ОЗС-4; РБУ-4; ЗРС-2; ОЗС-3; ОЗС-6; РБУ-5; ЗРС-1; ВСН-3; ВСЦ-3; УОНИ-13/55; ДСК-50; УП-1/55; К-5А	
Э-42А	УОНИ-13/45; СМ-11; УП-1/45; ОЗС-2	Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с повышенными требованиями по пластичности и ударной вязкости, ремонт ответственных деталей и металлоконструкций машин
Э-46А	Э-138/45Н	
Э-50А	Э-138/50Н; АН-Х7	
Э-55 Э-60	УОНИ-13/65	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа; ремонт ответственных деталей и металлоконструкций машин
Наплавка деталей		
ЭН-10Г2 ЭН-11Г3	ОЗН-250у; ОЗН-300у	Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок
ЭН-12Г4 ЭН-15Г5	ОЗН-350у; ОЗН-400у	
ЭН-30Г2ХМ	НР-70	
ЭН-65Х11Н3	ОМГ-Н	Наплавка изношенных деталей из высокомарганцовистых сталей типа Г13 и Г13Л
ЭН-65Х25Г13Н3	ЦНИИ-4	
ЭН-95Х7Г5С	12АН-ЛИВТ	Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания
ЭН-30Х5В2Г2СМ	ТКЗ-Н	
ЭН-300Х28Н4С4	ЦС-I	Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с ударными нагрузками
ЭН-225Х10Г10С	ЦН-II	
ЭН-110Х14В12Ф2	ВСН-6	
ЭН-175В8Х6СТ	ЦН-16	
Э-320Х25С2ГТР	Т-590	Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания без ударных нагрузок

Для дуговой сварки и наплавки используют источники переменного или постоянного тока. Источники переменного тока – сварочные трансформаторы. Для ручной сварки, наплавки и резки металлов используют трансформаторы ТС-300, ТС-55, ТД-300, ТД-500, ОСТА-350 и др.

В индексации моделей трансформаторов числа 300, 500, 350 означают номинальную силу сварочного тока (в амперах). Источники постоянного тока делятся на сварочные выпрямители (ВДГ-301, ВДГ-302 и др.) и сварочные преобразователи и агрегаты (ПСО-300, ПС-500 и др.), состоящие из электродвигателя переменного и генератора постоянного тока.

Качество сварки и наплавки в большой степени зависит от режима, который устанавливается в зависимости от размеров и материала восстанавливаемой детали. Основными параметрами режима сварки и наплавки являются диаметр электрода и сила сварочного тока, а при применении постоянного тока еще и полярность.

Сварочные работы характеризуются высокой производительностью, низкой себестоимостью и простой технологией. Однако сварка имеет и ряд существенных недостатков:

- нарушение термической обработки и структуры металла;
- снижение усталостной прочности деталей;
- появление местных напряжений, приводящих к возникновению трещин и короблению деталей;
- выгорание составных частей присадочного материала.

Сварка при восстановлении деталей, изготовленных из металлов, склонных к образованию трещин и короблению, не применяется.

3.2.2 Расчет режимов обработки и нормирование ручной электродуговой наплавки

Масса наплавленного металла определяют по формуле (3.1).

Основное время на обработку детали, мин, определяют по формуле:

$$T_0 = \frac{60G}{Ia_k} A m_1 m_2, \quad (3.4)$$

где G – масса наплавляемого металла, г;
 a_k – коэффициент наплавки, г/А·ч (таблица 3.11);
 I – величина сварочного тока, А (таблица 3.11);
 A – коэффициент, учитывающий длину наплавляемой поверхности (таблица 3.4);
 m_1 – коэффициент, учитывающий материал наплавляемой детали (таблица 3.5);
 m_2 – коэффициент, учитывающий положение наплавляемой поверхности в пространстве (таблица 3.6).

Вспомогательное время на установку детали на стол и ее снятие определяют по таблице 3.7. Время, связанное со сваркой или наплавкой изношенной детали, – по таблице 3.8.

Таблица 3.11 – Коэффициент наплавки и величина сварочного тока

Марка электрода	Назначение электрода	Диаметр электрода, мм	Коэффициент наплавки a_k , г/А·ч	Сварочный ток I , А
Э-34, с меловой обмазкой	Малоответственные конструкции, работающие при статических нагрузках	3,0	6,5	300–400
		4,0		140–180
		5,0		200–240
		6,0		270–320
Э-42 ОММ-5	Ответственные конструкции, работающие при статических и динамических нагрузках	3,0	7,25	100–130
		4,0		160–190
		5,0		210–240
		6,0		240–280
Э-42 ЦМ-5	Конструкции, работающие при знакопеременной и ударной нагрузках	4,0	10,0	160–190
		5,0		210–240
		6,0		260–300
Э-42А УОНИ- 13/45	Особо ответственные конструкции, работающие при статических, динамических и переменных нагрузках	3,0	8,0	80–100
		4,0		130–150
		5,0		170–200
		6,0		210–240
Э-42 ОМА-2	Тонколистовая сталь	1,5	9,0	16–25
		2,0		25–45
		3,0		50–80
Биметаллический с меловой обмазкой	Заварка дефектов после литья, трещин и т. д.	3,0	6,5	130–170
		4,0		180–240
		5,0		250–290

Продолжение таблицы 3.11

Марка электрода	Назначение электрода	Диаметр электрода, мм	Коэффициент наплавки a_k , г/А·ч	Сварочный ток I , А
ОЗ4-1 МНЧ-1	Сварка и наплавка чугуновых деталей без подогрева	3,0	13,7	90–100
		4,0		120–140
		5,0		160–190
УОНИ-13/45	Наплавка особо ответственных деталей, работающих при различных нагрузках	3,0	9,0	80–100
		4,0		130–150
		5,0		170–200
		6,0		210–240
У-340	Наплавка деталей твердостью 280–360 НВ	4,0	8,0	160–220
		5,0		200–240
ОЗН-300	Наплавка деталей твердостью 270–330 НВ	4,0	8,0	160–190
		5,0		210–240
ОЗН-350	Наплавка деталей твердостью 320–380 НВ	4,0	8,0	170–220
		5,0		210–240

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3), при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному K определяется по таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Поправочный коэффициент, зависящий от условий выполнения сварки и наплавки

Условия выполнения сварки без подогрева детали	Коэффициент K , %
Удобное положение	13
Неудобное положение	15
Напряженное положение	18

Подготовительно-заключительное время определяется по формуле (3.3). Норму времени определяют по формуле (2.5).

Пример 2. Расчет режимов и нормирование ручной электродуговой наплавки.

Определить режимы и норму времени на операцию ручной электродуговой наплавки поверхностей кулачков 1 кулачковой муфты привода гидронасоса двигателя СМД (рисунок 3.4). Толщина наплавки $h = 1,1$ мм. Материал: сталь 40. Наплавка производится на верстаке.

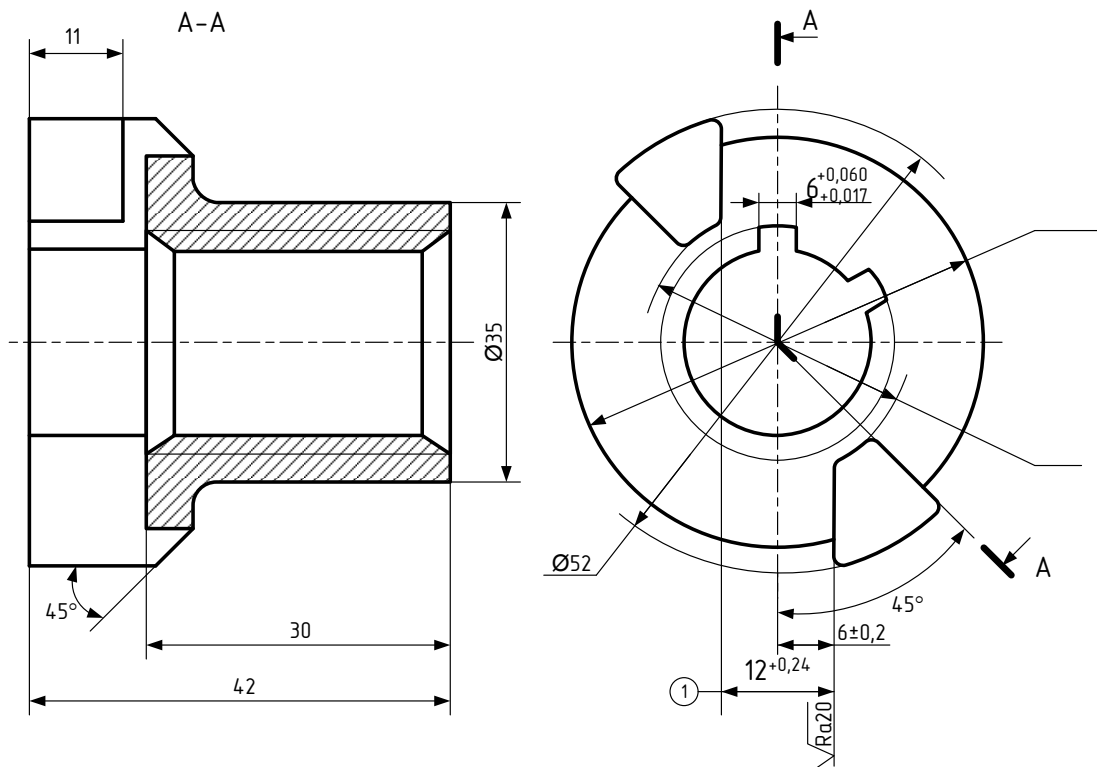


Рисунок 3.4 – Кулачковая муфта привода гидронасоса двигателя СМД

Решение.

Выбираем электрод Э-42, диаметром 3 мм (таблица 3.11).

Массу наплавляемого металла на два кулачка можно определяем по формуле (3.1):

$$G = 2Lhb\gamma,$$

где h – толщина наплавляемого слоя, $h = 0,11$ см;

L – длина наплавляемого слоя, $L = 1,1$ см;

B – ширина слоя наплавки, $B = 0,5(5,2 - 2,85) = 1,175$ см;

γ – удельный вес материала, $\gamma = 7,8$ г/см³ (таблица 3.2).

$$G = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,11 \cdot 1,175 \cdot 7,8 = 2,2 \text{ г.}$$

Основное время на наплавку детали определим по формуле (3.4)

$$T_O = \frac{60G}{Ia_k} Am_1m_2,$$

где G – масса наплавляемого металла, $G = 2,2$ г;
 a_k – коэффициент наплавки, $a_k = 7,25$ г/А·ч (таблица 3.11);
 I – величина сварочного тока, $I = 120$ А (таблица 3.11);
 A – коэффициент, учитывающий длину наплавляемой поверхности, $A = 1,2$ (таблица 3.3);
 m_1 – коэффициент, учитывающий материал наплавляемой детали, $m_1 = 1$ (таблица 3.5);
 m_2 – коэффициент, учитывающий положение наплавляемой поверхности в пространстве, $m_2 = 1$ (таблица 3.6).

$$T_O = \frac{60 \cdot 2,2}{120 \cdot 7,25} 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 0,18 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время определяем по таблицам 3.7 и 3.8.

- на установку детали на стол и ее снятие $T'_B = 0,6$ мин;
- время, связанное с наплавкой, $T''_B = 0,4 + 0,12 = 0,52$ мин.

Полное вспомогательное время будет:

$$T_B = T'_B + T''_B,$$

$$T_B = 0,6 + 0,52 = 1,12 \text{ мин.}$$

Дополнительное время согласно формуле (2.3) определяется в процентах от оперативного времени (таблица 3.12):

$$T_{\text{доп}} = \frac{(T_O + T_B) K}{100}.$$

$$T_{\text{доп}} = \frac{(0,18 + 1,12) 12}{100} = 0,16 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время согласно формуле (3.3) определяем в процентах от оперативного времени:

$$T_{\text{ПЗ}} = 0,08(T_O + T_B).$$

$$T_{ПЗ} = 0,08(0,18 + 1,12) = 0,1 \text{ мин.}$$

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{ДОП} + T_{ПЗ},$$

$$T_H = 0,18 + 1,12 + 0,16 + 0,1 = 1,56 \text{ мин.}$$

3.3 Наплавка цилиндрических поверхностей деталей

Большинство восстанавливаемых поверхностей деталей являются телами вращения.

Наплавку тел вращения вручную штучными электродами или полуавтоматом открытой дугой выполняют отдельными валиками вдоль образующей или круговыми валиками. В первом случае ось детали располагают горизонтально (рисунок 3.5), а во втором – вертикально. Наплавка отдельными валиками требует прерывания процесса и вызывает значительную деформацию детали вследствие несимметричного нагрева. Для предупреждения коробления необходимо наплавлять валики на диаметрально противоположные стороны детали.

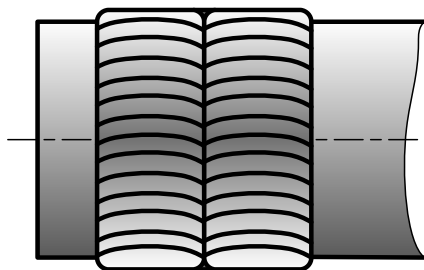


Рисунок 3.5 – Наплавка тел вращения широкими валиками

При механизированных способах наплавки тела вращения лучше всего наплавлять по винтовой линии или кольцевыми валиками (рисунок 3.6). Наплавку по винтовой линии целесообразно применять на деталях небольшого диаметра (менее 100 мм). Недостаток этого способа заключается в необходимости использовать в наплавочной установке редуктор с большим передаточным чис-

лом, который должен обеспечить небольшую величину шага (примерно 3–15 мм) на каждый оборот изделия. Поэтому последние конструкции наплавочных установок, особенно для деталей большого диаметра, обеспечивают наплавку кольцевыми валиками.

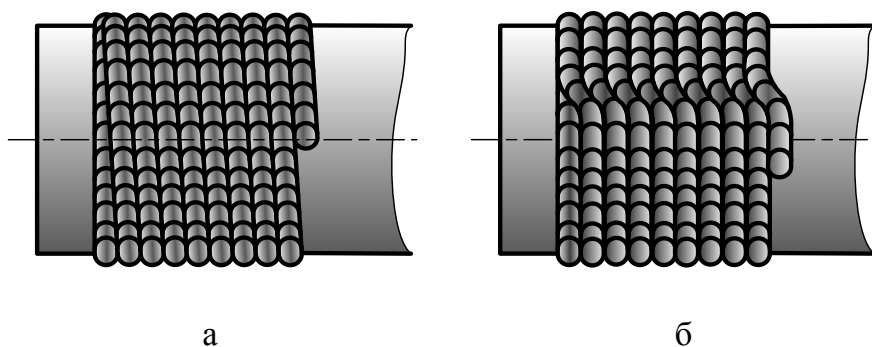


Рисунок 3.6 – Наплавка тел вращения:
а – по винтовой линии; б – кольцевыми валиками
с прерывистым смещением на шаг

Подача на шаг осуществляется сравнительно простыми электромеханическими устройствами, которые при каждом обороте изделия дают импульс тока на двигатель тележки, перемещающей наплавочный аппарат вдоль оси изделия. При средних величинах диаметра деталей (100–400 мм) целесообразны поперечные колебания электрода, а при больших – наплавка электродной лентой.

Шаг наплавки зависит от способа (в один, два прохода) наплавки, диаметра детали, диаметра электродной проволоки, скорости подачи проволоки. Величина шага наплавки колеблется в пределах от 3 до 12 мм/об. При выборе шага наплавки следует обеспечивать такое наложение валиков, при котором каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на $1/2$ – $1/3$ его ширины.

Уменьшение шага способствует увеличению толщины наплавленного за один проход слоя, снижению глубины проплавления основного металла и получению более гладкой наплавленной поверхности (рисунок 3.7). Например, для увеличения толщины наплавленного слоя (в пределах 20–40 % от номинального) необходимо выбирать уменьшенный шаг наплавки. Однако при очень малом шаге (менее 0,5 ширины валика) возможно образование под-

воротов и несплавлений, а также заклинивание шлаковой корки и образование шлаковых включений.

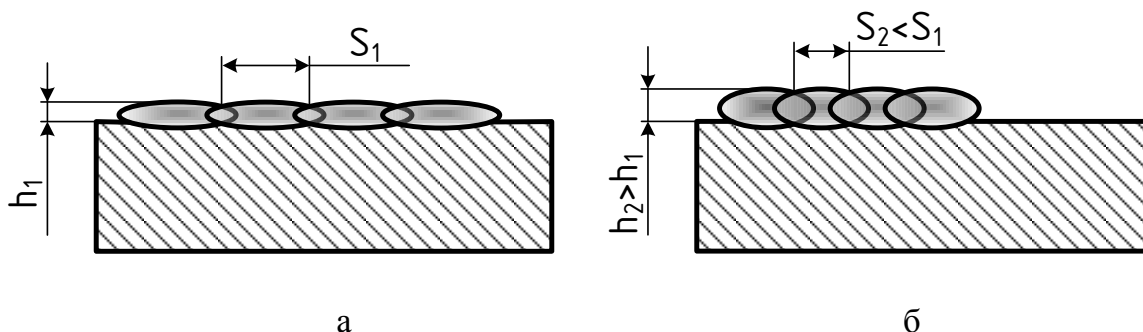


Рисунок 3.7 – Образование наплавленного слоя при разных шагах наплавки:
 а – при небольшом шаге наплавки; б – при малом шаге наплавки;
 в – ширина валика; S_1 , S_2 – шаг наплавки; h_1 , h_2 – толщина наплавленного слоя

3.4 Автоматическая наплавка под слоем флюса

3.4.1 Автоматическая наплавка под слоем флюса в ремонтном производстве

В ремонтном производстве широко применяют способы механизированной и автоматизированной наплавки и сварки под слоем флюса при производстве ремонтно-восстановительных работ. Сущность этого производственного процесса при автоматической сварке и наплавке под слоем флюса заключается в том, что в зону горения дуги подают сыпучий флюс, состоящий из мелких крупиц (зерен). Расплавляясь, флюс образует вокруг дуги эластичную оболочку, которая надежно защищает расплавленный металл от воздействия кислорода и азота (рисунок 3.8).

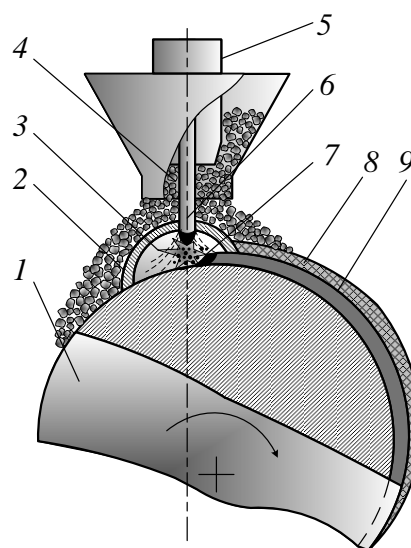


Рисунок 3.8 – Схема автоматической наплавки под слоем флюса:
 1 – деталь; 2 – слой флюса;
 3 – газовое пространство;
 4 – бункер с флюсом; 5 – мундштук;
 6 – электрод; 7 – электрическая дуга;
 8 – шлаковая корка; 9 – наплавленный слой

При перемещении дуги жидкий металл твердеет, флюс образует над расплавленной поверхностью металла ломкую шлаковую корку, которая обеспечивает получение более пластичного металла. Этот способ эффективен при наплавке слоя толщиной более 3 мм.

При наплавке применяются флюсы двух видов: 1) плавящиеся и неплавящиеся; 2) керамические.

Плавящиеся и неплавящиеся флюсы (АН-348А, АН-60, АН-20, АН-28, ОСУ-45) содержат шлакообразующие и стабилизирующие элементы без легирующих добавок, поэтому они не способствуют повышению прочности и износостойкости наплавленного металла. При их использовании получают наплавленный слой, твердость которого редко превышает 300–380НВ.

Керамические флюсы (АКН-18, КС-Х12М, КС-Х14Р, КС-Р18) содержат до 50 % окисленных элементов (легирующих добавок), что дает возможность получать наплавленный слой определенного химического состава с высокой твердостью и износостойкостью. Этими флюсами можно восстанавливать детали без последующей термической обработки, получая соответственно твердость слоя HRC39–43, HRC48–53 или HRC60–63.

Для наплавки деталей из низкоуглеродистых и низколегированных сталей используют проволоку марок: Св-08; Св-10; Св-15; Св-10ГА; Св-08ГС диаметром 2,0; 2,4; 2,5; 3,0; 3,2; 4,0; 5,0 мм.

Для наплавки деталей из высокоуглеродистых и легированных сталей используют проволоку марок: Нп-60; Нп-65; Нп-80; Нп-30ЗГСА; Нп-40Х13; Нп-30ХФА. Диаметр проволок – в диапазоне от 1,0 до 2,5 мм.

Кроме вышеперечисленной проволоки широко применяется порошковая проволока марок ПП-АН120 (тип 20Х2Г2М); ПП-АН150 (тип 10Х17С5М2); ПП-125 (тип 20Х15СГРТ). Наиболее применяемый диаметр проволоки – от 1,6 до 3,5 мм.

Наплавка производится на стендах, смонтированных на токарных станках или на специальных установках. Основным агрегатом таких станков являются наплавочные головки А-580М, А-348МК, А-874Н, А-1409, закрепленные на суппорте токарного станка.

Таблица 3.13 – Характеристика оборудования, применяемого для наплавки деталей под слоем флюса

Автомат или полуавтомат	Сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч
Сварочные автоматы			
АБС	3000–1000	3–6	28–225
А-874С	до 1500	2,5–6	5–230
А-384	1000	3–5	28–219
А-409	100–400	1,5–2	78–600
А-580М	200–700	1,6–4	78–198
Сварочные полуавтоматы			
ПШ-5	150–650	1,6–2,0	79–100
ПШ-54	150–650		81–598
ПДШР-500	280–550		108–420
ПДШМ-500	280–550	1,6–2,5	108–420
А-765 (А-936)	140–450	1,6–3,5	58–582

Производство работ по наплавке деталей под слоем флюса выполняют наплавочными аппаратами, сварочными полуавтоматами или с использованием наплавочных станков. Технические характеристики некоторого оборудования приведены в таблице 3.13.

3.5 Наплавка в среде углекислого газа

3.5.1 Наплавка в среде углекислого газа в ремонтном производстве

При этой наплавке углекислый газ подается в зону сварки из специальных горелок, монтируемых на автоматических сварочных головках, а также с помощью специальных аппаратов, предназначенных для сварки в среде углекислого газа. Из баллона по трубке (рисунок 3.9) углекислый газ поступает в сопло горелки 3, прикрепленной к мундштуку 1.

Углекислый газ оттесняет воздух от наконечника 4 и электродной проволоки 2 и защищает зону сварки от воздействия азота и кислорода.

Вследствие низкой стоимости углекислого газа такой вид сварки может в ряде случаев заменить сварку и наплавку под слоем флюса, а также ручную газовую сварку тонколистового материала.

Сварку в среде углекислого газа целесообразно применять для восстановлений деталей толщиной более 1 мм в любом пространственном положении.

Наплавку в среде углекислого газа выполняют на постоянном токе обратной полярности. Тип и марку электрода выбирают в зависимости от материала восстанавливаемой детали и физико-механических свойств наплавляемого металла.

Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа позволяет в 2,5–3,5 раза увеличить производительность по сравнению с ручной сваркой. При этом отсутствует шлаковая корка.

Наплавка в среде защитного газа имеет ряд достоинств: отсутствие шлаковой корки упрощает ведение процесса, возможность вести процесс в любом пространственном положении, деталь мало нагревается, обеспечивается высокая производительность процесса.

Однако способ имеет и недостатки: ограниченное получение твердых и износостойких наплавленных слоев и разбрызгивание металла при сварке не дает положительных результатов из-за образования окислов и пор в металле шва.

Для устранения этих вредных явлений применяют электродные проволоки Св-08ГС, Св-10ГС, Св-18ХГСА и др., содержащие раскислители, обычно кремний и марганец, диаметром 1,6; 2,0; 2,4; 2,5; 3,0 мм.

Наплавку в среде защитных газов можно вести плавящимися и неплавящимися электродами. В качестве источника постоянного тока применяются преобразователи: ПСГ-500, ПСУ-500, а в качестве наплавочной головки – полуавтоматы А-547У, ПДГ-500 и др.

Типы распространенных полуавтоматов для наплавки слоя металла в среде защитных газов приведены в таблице 3.14.

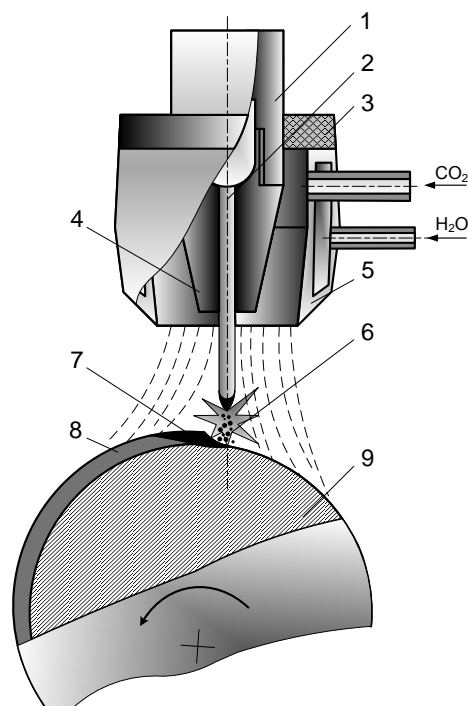


Рисунок 3.9 – Схема автоматической наплавки в среде углекислого газа:
1 – мундштук; 2 – электрод;
3 – горелка; 4 – наконечник; 5 – сопло;
6 – электрическая дуга; 7 – сварочная ванна; 8 – наплавленный металл;
9 – наплавляемая деталь

Таблица 3.14 – Технические характеристики полуавтоматов для сварки и наплавки в среде защитных газов

Параметр	Тип полуавтомата, марка				
	ПДГ-521-1	ПДГ-3034	ПДГ-6011	ПДГО-6020	ОСА
Номинальный сварочный ток, А	500	315	630	630	110
Потребляемая мощность, кВт, не более	40	23	50	48	17
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60–500	40–315	60–630	65–630	40–110
Диапазон регулирования напряжения на дуге, В	18–56	15–30	18–56	18–56	17–28
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8–2,0	0,8–1,4	0,8–2,0	1,6–3,0	0,8–1,6
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,25–16	1,25–16	1,25–16	2,0–12	2,0–10
Расход защитного газа, л/ч	500–1200	500–850	500–1200	500–1200	–
Масса полуавтомата, кг	350	180	330	330	90

3.6 Расчет режимов обработки и нормирование автоматической наплавки под слоем флюса и в среде углекислого газа

Определение числа проходов

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.5)$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, мм.

Наплавку цилиндрических поверхностей деталей выполняют, как правило, по винтовой линии с перекрытием валиков на 1/2–1/3 ширины.

В таблице 3.15 дана зависимость толщины наплавляемого слоя за один проход от диаметра электродной проволоки.

Таблица 3.15 – Зависимость толщины наплавляемого слоя от диаметра электродной проволоки

Толщина наплавляемого слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	
	Автоматическая наплавка под слоем флюса	Наплавка в среде углекислого газа
0,8–1,0	–	0,8–1,0
1,0	1,6	1,0–1,2
1,2	–	1,2–1,4
1,4	–	1,4–1,6
1,6	–	1,6–2,0
2,0	2,0	–
3,0	2,5	–

Выбор шага наплавки S , мм/об

$$S = k_{III} d_{np}, \quad (3.6)$$

где d_{np} – диаметр электродной проволоки, мм;

k_{III} – коэффициент шага наплавки, $k_{III} = 2,0–2,5$.

Определение скорости наплавки V_H , м/ч

$$V_H = \frac{\alpha_H I}{hS\gamma}, \quad (3.7)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч (для автоматической наплавки под слоем флюса $\alpha_H = 11–14$ г/А·ч; при наплавке в среде углекислого газа $\alpha_H = 10–12$ г/А·ч);

γ – плотность материала электродной проволоки, г/см³ (для стали $\gamma = 7,85$ г/см³);

I – сила тока, А (таблицы 3.16, 3.17).

Расчет частоты вращения детали n , мин⁻¹

$$n = \frac{1000V_H}{60\pi d}, \quad (3.8)$$

где d – диаметр детали, мм.

Таблица 3.16 – Зависимость силы тока от диаметра детали при автоматической наплавке под слоем флюса

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

Таблица 3.17 – Зависимость силы тока и напряжения от диаметра детали при наплавке в среде углекислого газа

Диаметр детали, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила тока I , А	Напряжение U , В	Расход CO_2 , л/мин
10–20	0,8	70–80	17–18	6–8
20–30	0,8	80–90	18–19	6–8
30–40	0,8–1,0	100–110	19–20	8–10
40–50	1,0	110–140	20–21	8–10
50–60	1,0–1,2	120–150	20–21	10–12
60–70	1,2–1,4	120–160	21–22	10–12
70–80	1,4	150–170	21–22	12–14
80–90	1,6	170–180	22–23	14–16
90–100	1,6–2,0	180–190	22–23	15–18
100–150	2,0	190–210	22–24	18–20

Расчетную частоту вращения корректируют по используемому наплавочному станку. Большинство наплавочных станков имеет плавное регулирование частоты вращения.

Определение скорости подачи проволоки V_{np} , м/ч

$$V_{np} = \frac{4\alpha_H I}{\pi d_{np}^2 \gamma}, \quad (3.9)$$

Установление вылета электрода δ , мм

$$\delta = k_{\text{Э}} d_{np}, \quad (3.10)$$

где $k_{\text{Э}}$ – коэффициент вылета электрода, $k_{\text{Э}} = 10–12$.

Вылет электрода принимается от 8 до 15 мм.
 Определение смещения электрода l , мм

$$l = k_{CЭ} d, \quad (3.11)$$

где $k_{CЭ}$ – коэффициент смещения электрода, $k_{CЭ} = 0,05–0,07$.

Основное время наплавки T_O определяется по следующей формуле:

$$T_O = \frac{60\pi dLi}{1000V_H S}, \quad (3.12)$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, мм.

Вспомогательное время T_B для наплавки под слоем флюса складывается из времени на установку и снятие детали (таблица 3.18) и вспомогательного времени, связанного с наплавкой, которое принимают равным 0,6 мин на один проход.

Таблица 3.18 – Вспомогательное время для автоматической наплавки под слоем флюса

Способ установки	Масса наплавляемой детали, не более, кг			
	5	10	20	30
	Время, мин			
В центрах	0,6	0,8	1,1	1,4
В трехкулачковом патроне	0,7	1,0	1,5	2,0
В центрах на оправке	1,6	1,8	2,1	2,4

Дополнительное время для наплавки под слоем флюса находят:

$$T_{ДОП} = 0,15(T_O + T_B). \quad (3.13)$$

Дополнительное время при наплавке в среде углекислого газа определяют:

$$T_{ДОП} = 0,1 (T_O + T_B). \quad (3.14)$$

Подготовительно-заключительное время принимают примерно равным 16–20 мин.

Норму времени определяют по формуле (2.5).

Пример 3. Расчет режимов и нормирование автоматической наплавки под слоем флюса.

Определить режимы и норму времени на операцию автоматической наплавки под слоем флюса поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 3.10). Толщина наплавки $h = 1,6$ мм. Материал: сталь 30. Масса в обработанном виде 6,47 кг.

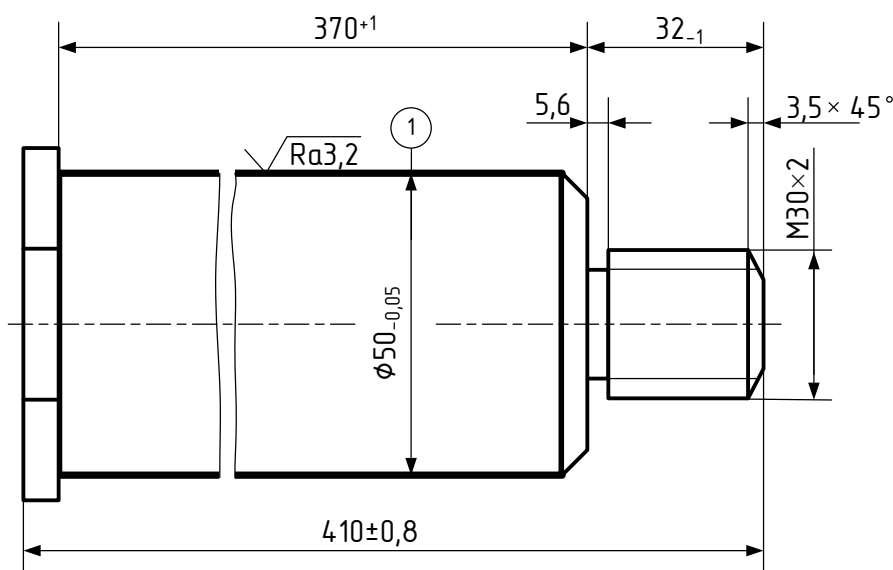


Рисунок 3.10 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Находим число проходов по формуле (3.5)

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, $h = 1,6$ мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, выбираем $t = 1,6$ мм (таблица 3.15).

$$i = \frac{1,6}{1,6} = 1.$$

Выбираем шаг наплавки по формуле (3.6)

$$S = k_{III} d_{np},$$

Принимаем диаметр электродной проволоки $d_{np} = 2$ мм (таблица 3.15), $k_{III} = 2,5$.

$$S = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ мм.}$$

Определяем скорость наплавки по формуле (3.7)

$$V_H = \frac{\alpha_H I}{h S \gamma},$$

где α_H – коэффициент наплавки, $\alpha_H = 12$ г/А·ч;
 γ – плотность электродной проволоки, $\gamma = 7,85$ г/см³;
 I – сила тока, $I = 150$ А (таблица 3.16).

$$V_H = \frac{12 \cdot 150}{1,6 \cdot 5 \cdot 7,85} = 28,66 \text{ м/ч.}$$

Находим частоту вращения детали по формуле (3.8)

$$n = \frac{1000 V_H}{60 \pi d},$$

где d – диаметр детали, $d = 50$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 28,66}{60 \cdot 3,14 \cdot 50} = 3,04 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем $n = 3$ мин⁻¹.

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (3.9)

$$V_{np} = \frac{4\alpha_H I}{\pi d_{np}^2 \gamma}$$

$$V_{np} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 150}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,85} = 73 \text{ м/ч}$$

Находим вылет электрода по формуле (3.10)

$$\delta = k_{\text{Э}} d_{np}$$

Принимаем $k_{\text{Э}} = 10$.

$$\delta = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм.}$$

Определяем смещение электрода по формуле (3.11)

$$l = k_{\text{СЭ}} d.$$

Принимаем $k_{\text{СЭ}} = 0,06$.

$$l = 0,06 \cdot 50 = 3 \text{ мм.}$$

Основное время определяем по формуле (3.12)

$$T_O = \frac{60\pi dLi}{1000V_H S},$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, $L = 370$ мм.

$$T_O = \frac{60 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 370 \cdot 1}{1000 \cdot 28,66 \cdot 5} = 24,3 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время T_B для наплавки под слоем флюса складывается из времени на установку и снятие детали T_{B1} и вспомогательного времени, связанного с наплавкой, которое принимают равным $T_{B2} = 0,6$ мин на один проход. $T_{B1} = 0,6$ мин (таблица 3.18).

$$T_B = 0,6 + 0,6 = 1,2 \text{ мин.}$$

Дополнительное время вычисляем по формуле (3.13)

$$T_{\text{ДОП}} = 0,15(T_O + T_B).$$

$$T_{\text{ДОП}} = 0,15(24,3 + 1,2) = 3,83 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{ПЗ}} = 16$ мин.

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{ДОП}} + T_{\text{ПЗ}}.$$

$$T_H = 24,3 + 1,2 + 3,83 + 16 = 45,33 \text{ мин.}$$

Пример 4. Расчет режимов и нормирование наплавки в среде углекислого газа.

Определить режимы и норму времени на операцию наплавки в среде углекислого газа поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 3.11). Толщина наплавки $h = 1,6$ мм. Материал: сталь 30. Масса в обработанном виде 6,47 кг.

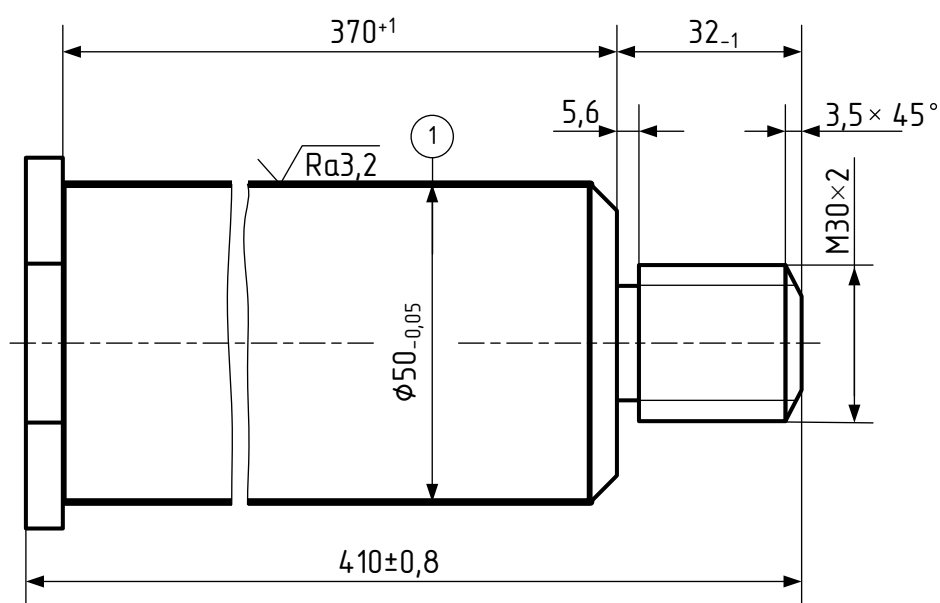


Рисунок 3.11 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Находим число проходов по формуле (3.5)

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, $h = 1,6$ мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, выбираем $t = 1,6$ мм (таблица 3.15).

$$i = \frac{1,6}{1,6} = 1.$$

Определяем шаг наплавки по формуле (3.6)

$$S = k_{III} d_{np},$$

где d_{np} – диаметр электродной проволоки;

k_{III} – коэффициент шага наплавки, принимаем $k_{III} = 2,5$.

Наплавку цилиндрических поверхностей деталей выполняют, как правило, по винтовой линии с перекрытием предыдущего валика последующим на $1/2 - 1/3$ ширины, поэтому $d_{np} = 1,6$ мм (таблица 3.15).

$$S = 2,5 \cdot 1,6 = 4 \text{ мм.}$$

Скорость наплавки определяем по формуле (3.7)

$$V_H = \frac{\alpha_H I}{hS\gamma},$$

где α_H – коэффициент наплавки, $\alpha_H = 11$ г/А·ч;

γ – плотность электродной проволоки, $\gamma = 7,85$ г/см³;

I – сила тока, $I = 200$ А (таблица 3.16).

$$V_H = \frac{11 \cdot 200}{1,6 \cdot 4 \cdot 7,85} = 43,79 \text{ м/ч.}$$

Частоту вращения детали определяем по формуле (3.8)

$$n = \frac{1000V_H}{60\pi d},$$

где d – диаметр детали, $d = 50$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 43,79}{60 \cdot 3,14 \cdot 50} = 4,6 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем $n = 4,6 \text{ мин}^{-1}$.

Скорость подачи проволоки рассчитываем по формуле (3.9)

$$V_{np} = \frac{4\alpha_H I}{\pi d_{np}^2 \gamma},$$

$$V_{np} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,85} = 139,5 \text{ м/ч}$$

Вылет электрода устанавливаем по формуле (3.10)

$$\delta = k_{\text{Э}} d_{np}.$$

Принимаем $k_{\text{Э}} = 10$.

$$\delta = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм.}$$

Принимаем $\delta = 15$ мм.

Смещение электрода определяем по формуле (3.11)

$$l = k_{C\text{Э}} d.$$

Принимаем $k_{C\text{Э}} = 0,06$.

$$l = 0,06 \cdot 50 = 3 \text{ мм.}$$

Расход углекислого газа принимаем равным 10 л/мин (таблица 3.14 для полуавтомата ПДГ-6011).

Основное время определяем по формуле (3.12)

$$T_O = \frac{60\pi dLi}{1000V_H S},$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, $L = 370$ мм.

$$T_O = \frac{60 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 370 \cdot 1}{1000 \cdot 43,79 \cdot 4} = 19,9 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время принимаем $T_B = 3$ мин.

Дополнительное время вычисляем по формуле (3.14)

$$T_{\text{ДОП}} = 0,1(T_O + T_B),$$

$$T_{\text{ДОП}} = 0,1(19,9 + 3) = 2,3 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время принимаем $T_{\text{ПЗ}} = 16$ мин.

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{ДОП}} + T_{\text{ПЗ}},$$

$$T_H = 19,9 + 3 + 2,3 + 16 = 41,2 \text{ мин.}$$

3.7 Вибродуговая наплавка

3.7.1 Вибродуговая наплавка в ремонтном производстве

Вибродуговую наплавку применяют для восстановления цилиндрических деталей с незначительным износом. Особенность этого вида наплавки заключается в том, что в процессе работы электрод подвергается вибрации. Наплавлять металл можно на

воздухе, в среде водяного пара, защитного газа или с подачей жидкости к месту дуговых разрядов.

Вибродуговая наплавка имеет ряд преимуществ перед другими видами наплавки: нагрев детали при наплавке не превышает 100 °С, что почти не вызывает деформации детали и не нарушает термическую обработку близлежащих участков; при наплавке закаливается поверхность детали; слой наплавки может быть от 0,5 до 3 мм на сторону в зависимости от степени износа. При значительных износах наплавляют несколько слоев.

Для вибродуговой наплавки используется постоянный ток, вырабатываемый генератором 10 (рисунок 3.12).

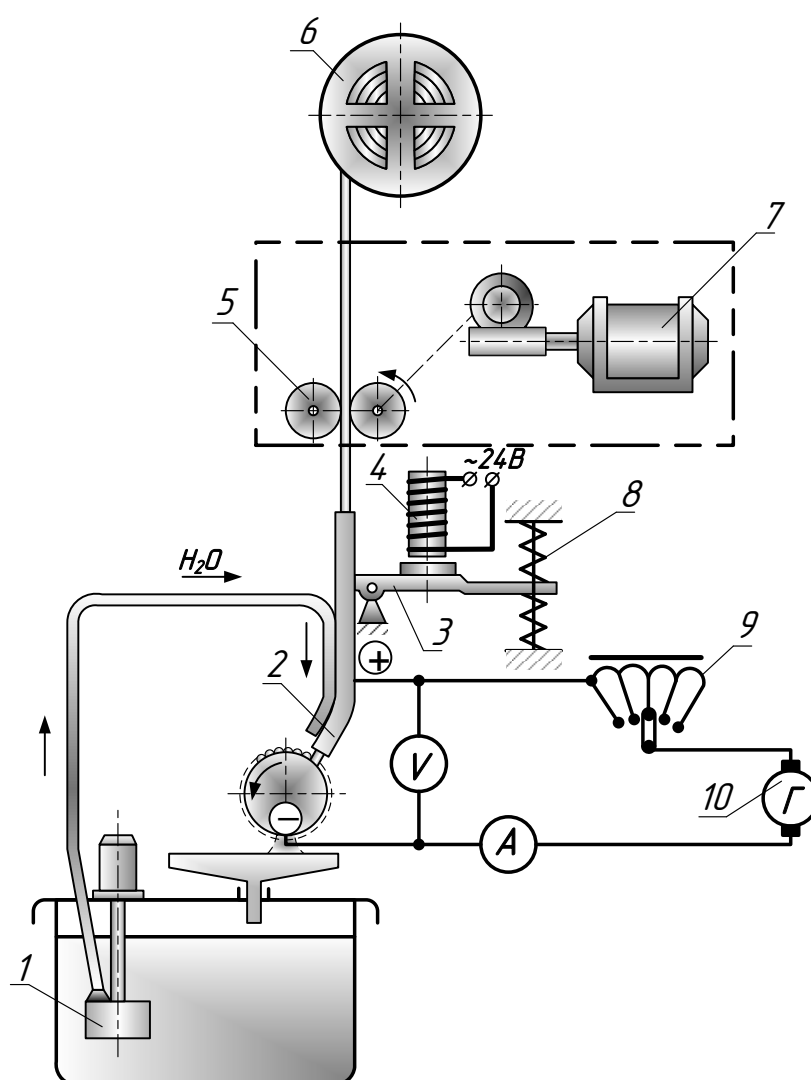


Рисунок 3.12 – Схема вибродуговой наплавки:
 1 – насос; 2 – мундштук; 3 – рычаг; 4 – электромагнит;
 5 – роликовый механизм; 6 – кассета с проволокой; 7 – электродвигатель;
 8 – пружины; 9 – дроссель; 10 – генератор

Сила тока регулируется дросселем 9. Вибратор генератора состоит из качающегося рычага 3 и электромагнита 4, питаемого переменным током. Пружины 8 способствуют созданию устойчивых колебаний рычага.

Электродная проволока проходит через мундштук 2, укрепленный на качающемся рычаге. Автоматическая подача проволоки из кассеты 6 производится роликовым механизмом 5, приводимым в действие электродвигателем 7. В зону наплавки насосом 1 по шлангу подается охлаждающая жидкость, которая защищает металл от окисления кислородом воздуха, уменьшая зону термического воздействия, способствует быстрому формированию шва и повышает твердость наплавленного слоя металла.

Вибрация электрода улучшает стабильность процесса в результате частых возбуждений дуговых разрядов и способствует переносу электродного материала в мелкокапельном состоянии.

Применение охлаждающей жидкости уменьшает тепловое влияние дуги на деталь, увеличивает скорость охлаждения наплавленного и основного металла и защищает расплавленный металл от взаимодействия с воздухом.

Установки для вибродуговой наплавки цилиндрических деталей в среде жидкости состоят из станка, вращающего деталь, источника питания, наплавочной головки и системы подачи жидкости.

Таблица 3.19 – Техническая характеристика наплавочных головок

Наплавочная головка	Параметры процесса наплавки		
	диаметр проволоки, мм	скорость подачи, мм/с	амплитуда вибрации, мм
ВНИИАН УАНЖ-5	1,2–2,0	12,5–22	0,8–3,0
ВНИИАН УАНЖ-6	1,4–2,0	5–39	0,8–3,0
ГМВК-2 ВИМ	1,0–2,3	19–70	До 3,0
КУМА-5	0,5–2,5	3,3–50	–
УЛИВГ-5	До 3,0	8,7–42,7	1,4–1,6
УЛИВГ-7	До 3,0	10–34,5	1,65–3,25
ОКС-6569	До 3,0	8,7–75	0–3,0

Вибрация электродной проволоки с амплитудой колебаний до 3 мм при частоте 50–100 кол/с создается с помощью электромагнитных или механических вибраторов.

Наплавочные головки (ОКС-6569, ОКС-1252, НИИАТ УАНЖ-6, ГМВК-2 ВИМ, КУМА-5, УПИВГ-7) при вибродуговой наплавке устанавливают на суппорте токарного станка.

При вибродуговой наплавке в качестве источников питания применяют низковольтные генераторы постоянного тока типа; АДН-500/250, АДН-1000/500 и сварочные генераторы типа ПС-300 и др. (выпрямители ВС-300 и ВС-600, преобразователи ПД-305 и ПСГ-500).

Наплавляемую деталь устанавливают в центрах станка или же один конец закрепляют в патроне передней бабки. В последнем случае устраняется возможность деформации при наплавке. При установке длинных деталей применяют люнеты.

Технические характеристики наплавочных головок приведены в таблице 3.19.

3.7.2 Расчет режимов обработки и нормирование вибродуговой наплавки

Число проходов определяют по формуле:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.13)$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, мм.

В таблице 3.20 дана зависимость силы тока, а в таблице 3.21 – напряжения от толщины наплавляемого слоя и диаметра электродной проволоки.

Таблица 3.20 – Зависимость силы тока от толщины наплавляемого слоя и диаметра электродной проволоки при вибродуговой наплавке

Толщина наплавляемого слоя не более, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А
1	1,6	140
2	2,0	180
3	2,5	210

Таблица 3.21 – Зависимость напряжения от толщины наплавляемого слоя и диаметра электродной проволоки при вибродуговой наплавке

Толщина наплавленного металла, мм	0,3–0,9	1,0–1,6	1,8–2,5
Диаметр электрода, мм	1,6	2,0	2,5
Напряжение, В	12–15	15–20	20–25

Скорость подачи электродной проволоки находят по формуле:

$$V_{np} = \frac{0,1IU}{d_{np}^2}, \quad (3.14)$$

где V_{np} – скорость подачи проволоки, м/ч;
 I – сила тока, А;
 U – напряжение, В;
 d_{np} – диаметр электродной проволоки, мм.

Шаг наплавки S , мм/об, определяют

$$S = k_{III}d_{np}. \quad (3.15)$$

где k_{III} – коэффициент шага наплавки, $k_{III} = 1,6–2,2$.

Скорость наплавки рассчитывают по формуле:

$$V_H = \frac{0,785d_{np}^2 V_{np} \eta}{hSa}, \quad (3.16)$$

где V_H – скорость наплавки, м/ч;
 η – коэффициент перехода электродного материала в наплавляемый металл (принимают $\eta = 0,8–0,9$);
 h – толщина наплавляемого слоя, мм;
 S – шаг наплавки, мм/об;
 a – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавляемого слоя от площади четырехугольника с высотой h ($a = 0,7–0,85$).

Частоту вращения детали n , мин⁻¹, определяют по формуле:

$$n = \frac{1000V_H}{60\pi d}, \quad (3.17)$$

где d – диаметр детали, мм.

Расчетную частоту вращения необходимо скорректировать по принятому конкретному наплавочному станку.

Амплитуда колебаний A , мм, находят

$$A = k_A d_{np}. \quad (3.18)$$

где k_A – коэффициент амплитуды колебаний, $k_A = 0,75–1,0$.

Вылет электрода δ , мм, определяют

$$\delta = k_{\delta} d_{np}. \quad (3.19)$$

где k_{δ} – коэффициент вылета электрода, $k_{\delta} = 5–8$.

Основное время T_O рассчитывают по следующей формуле:

$$T_O = \frac{60\pi dLi}{1000V_H S}, \quad (3.20)$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, мм.

Вспомогательное время T_B для вибродуговой наплавке складывается из времени на установку и снятие детали (таблица 3.22) и вспомогательного времени, связанного с наплавкой. Вспомогательное время, связанное с процессом наплавки принимают равным 0,9 мин на один проход.

Таблица 3.22 – Вспомогательное время при вибродуговой наплавке детали

Масса детали, кг	Время на установку и снятие детали, мин		
	в трехкулачковом патроне	в центрах	в центрах с люнетом
До 10 кг	1,0	0,5	1,0
Свыше 10 кг	1,5	1,0	1,5

Дополнительное время находят

$$T_{ДОП} = 0,15(T_O + T_B). \quad (3.21)$$

Подготовительно-заключительное время $T_{ПЗ}$ при вибродуговой наплавке определяют по таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Подготовительно-заключительное время $T_{ПЗ}$

Высота центров станка, мм	Время, мин
200	16
300	20

Норма времени определяется по формуле (2.5).

Пример 5. Расчет режимов и нормирование вибродуговой наплавки.

Определить режимы и норму времени на операцию вибродуговой наплавки поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 3.13). Толщина наплавки $h = 1,6$ мм. Материал: сталь 30. Вес в обработанном виде 6,47 кг.

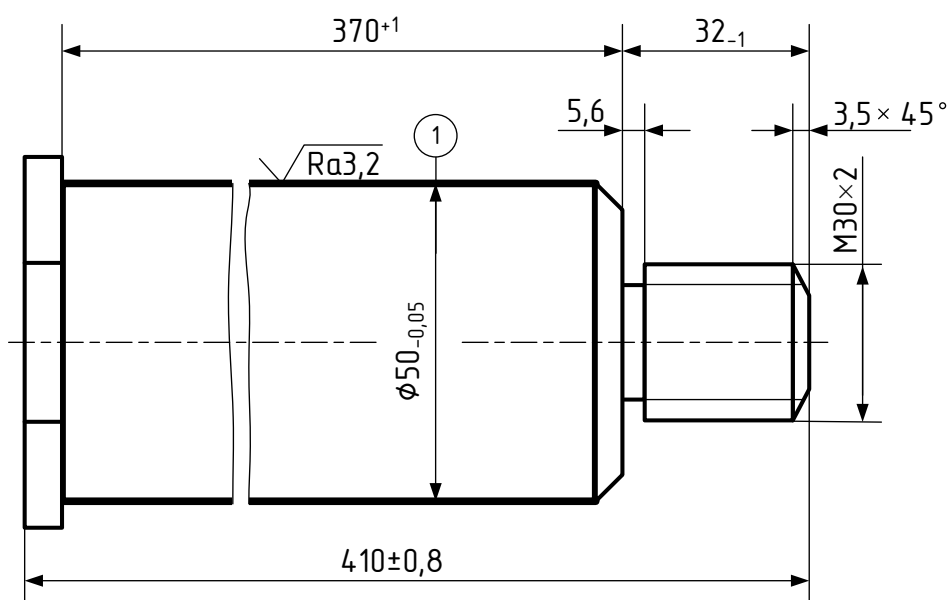


Рисунок 3.13 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Находим число проходов по формуле (3.13)

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, $h = 1,6$ мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, $t = 1,6$ мм.

$$i = \frac{1,6}{1,6} = 1.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (3.14)

$$V_{np} = \frac{0,1IU}{d_{np}^2},$$

где I – сила тока, $I = 180$ А (таблица 3.20);

U – напряжение, $U = 20$ В (таблица 3.21);

d_{np} – диаметр электродной проволоки, $d_{np} = 2,0$ мм (таблица 3.20).

$$V_{np} = \frac{0,1 \cdot 180 \cdot 20}{2^2} = 90 \text{ м/ч.}$$

Шаг наплавки рассчитываем по формуле (3.15)

$$S = k_{III} d_{np}.$$

где k_{III} – коэффициент шага наплавки, $k_{III} = 2$.

$$S = 2 \cdot 2 = 4 \text{ мм/об.}$$

Скорость наплавки рассчитываем по формуле (3.16)

$$V_H = \frac{0,785d_{np}^2 V_{np} \eta}{hSa},$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавляемый металл, $\eta = 0,8$;

h – толщина наплавляемого слоя, $h = 1,6$ мм;

S – шаг наплавки, $S = 4$ мм/об;

a – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавляемого слоя от площади четырехугольника с высотой h , $a = 0,7$.

$$V_H = \frac{0,785 \cdot 2^2 \cdot 90 \cdot 0,8}{1,6 \cdot 4 \cdot 0,7} = 50,5 \text{ м/ч.}$$

Частоту вращения детали рассчитываем по формуле (3.17)

$$n = \frac{1000V_H}{60\pi d},$$

где d – диаметр детали, $d = 50$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 50,5}{60 \cdot 3,14 \cdot 50} = 5,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n = 5,4 \text{ мин}^{-1}$.

Амплитуда колебаний рассчитываем по формуле (3.18)

$$A = k_A d_{np}.$$

где k_A – коэффициент амплитуды колебаний, $k_A = 1,0$.

$$A = 1,0 \cdot 2 = 2 \text{ мм.}$$

Вылет электрода определяем по формуле (3.19)

$$\delta = k_{\text{э}} d_{\text{np}},$$

где $k_{\text{э}}$ – коэффициент вылета электрода, $k_{\text{э}} = 6$.

$$\delta = 6 \cdot 2 = 12 \text{ мм.}$$

Основное время определяем по формуле (3.20)

$$T_O = \frac{60\pi dLi}{1000V_H S},$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, $L = 370$ мм.

$$T_O = \frac{60 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 370 \cdot 1}{1000 \cdot 50,5 \cdot 4} = 17,24 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время при установке в центрах принимаем равным $T_{B1} = 0,5$ мин (таблица 3.22). Вспомогательное время, связанное с процессом наплавки принимаем равным $T_{B2} = 0,9$ мин на один проход.

$$T_B = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ мин.}$$

Дополнительное время вычисляем по формуле (3.21)

$$T_{\text{ДОП}} = 0,15(T_O + T_B).$$

$$T_{\text{ДОП}} = 0,15(17,24 + 1,4) = 2,8 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время при наплавке на станке 16К20 принимаем равным $T_{\text{ПЗ}} = 16$ мин (таблица 3.23).

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{ДОП}} + T_{\text{ПЗ}}.$$

$$T_H = 17,24 + 1,4 + 2,8 + 16 = 37,44 \text{ мин.}$$

3.8 Плазменная наплавка

3.8.1 Плазменная наплавка в ремонтном производстве

Плазменная наплавка – один из перспективных способов восстановления деталей, основана на использовании тепла плазменной струи, которая представляет собой поток ионизированных частиц газа, обладающих большой энергией (рисунок 3.14).

Для получения плазменной струи между катодом и анодом возбуждают электрическую дугу от источника постоянного тока. Электрическая дуга, горящая между катодом и анодом, нагревает подаваемый в плазмотрон газ до температуры плазмы, т. е. до состояния электропроводности.

В поток нагретого газа вводят материал для сварки и наплавки. Образующиеся расплавленные частицы материала выносятся потоком горячего газа из сопла и наносятся на поверхность изделия.

При любой ширине наплавляемого валика наплавку следует производить с поперечными колебаниями плазменной головки. В этом случае по всей ширине наплавляемого валика обеспечивается примерно постоянная температура нагрева поверхности основного металла.

Преимущество наплавки с поперечными колебаниями плазменной головки состоит в том, что наплавляемый валик при этом имеет плавный переход от наплавляемого металла к основному, что позволяет успешно сплавлять валики между собой и с основным металлом при необходимости получения широкого слоя наплавки.

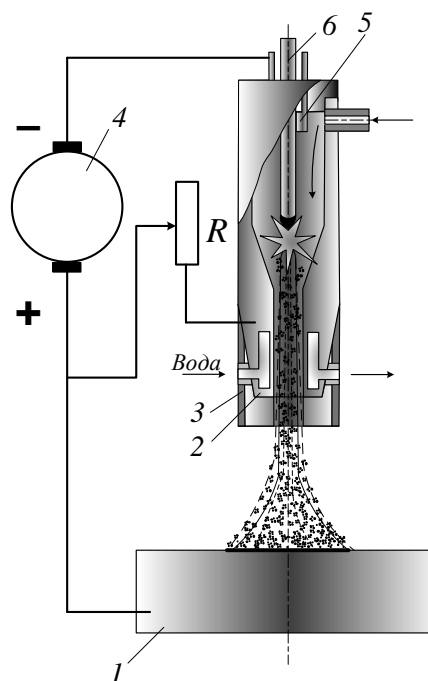


Рисунок 3.14 – Схема плазменной горелки прямого действия:
1 – деталь; 2 – сопло; 3 – газозащитное сопло; 4 – источник питания; 5 – камера для плазмообразующего газа;
6 – электрод

Источник питания – два последовательно включенных сварочных преобразователя типа ПСО-500 или полупроводниковый выпрямитель ИПН-160/600. Плазмообразующими газами могут служить аргон, азот, водород, гелий, кислород. В качестве защитного газа при плазменной наплавке могут применяться аргон, азот, гелий и их смеси, углекислый газ.

При наплавке с вдуванием порошка в дугу используют плазменные установки УМП-4-64 или УМП-5-68.

При плазменной наплавке используют такие же наплавочные материалы, как и при электродуговой наплавке, – проволоку, прутки и порошки. Наилучшие результаты достигнуты при применении самофлюсующихся порошков типа ПГ-ХН80СРЗ и СНГН-60. При отсутствии этих порошков могут быть использованы для плазменной наплавки порошковые сплавы на железной основе ФБХ-6-2, УС-25, КБХ, Т-590. Размер частиц порошка нужно поддерживать в пределах 70–600 мкм. Однако лучшее качество наплавки достигается при однородных частицах, разница между которыми не должна превышать более 30 мкм.

3.8.2 Расчет режимов обработки и нормирование плазменной наплавки

При плазменной наплавке слоев толщиной до 1 мм производительность при оптимальных режимах, составляет: при широкослойной наплавке с колебаниями $W = 60 - 66 \text{ см}^2/\text{мин}$, при наплавке по винтовой линии $W = 38 - 42 \text{ см}^2/\text{мин}$. Наплавку с колебаниями применяют для деталей диаметром более 35 мм и шириной изношенной поверхности до 40 мм. Амплитуда колебаний устанавливается в зависимости от необходимой ширины валика наплавленного металла и может находиться в пределах $A = 1-8 \text{ см}$.

Скорость широкослойной наплавки V_H , м/ч, определяют по формуле:

$$V_H = \frac{0,6W}{l}, \quad (3.22)$$

где l – ширина наплавки за один оборот детали, см.

$$l = A + A_I, \quad (3.23)$$

где A – амплитуда колебаний горелки, $A = 1–8$ см;

A_I – превышение ширины наплавляемого слоя относительно колебания горелки ($A_I = 0,3$ см).

Скорость наплавки по винтовой линии V_H , м/ч, определяют по формуле

$$V_H = \frac{0,6W}{S}. \quad (3.24)$$

где S – шаг наплавки, см/об.

$$S = 4–5 \text{ см/об.} \quad (3.25)$$

Расход порошка Q , г/мин, определяют по формуле

$$Q = 0,1Wh\gamma K_n, \quad (3.26)$$

где h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см³. Для порошковых твердых сплавов на железной основе $\gamma = 0,74$ г/см³, для сплавов на никелевой основе $\gamma = 0,8$ г/см³;

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

Силу тока I , А, принимают:

$$I = \frac{60Q}{\alpha_H}, \quad (3.27)$$

где α_H – коэффициент наплавки, $\alpha_H = 12–14$ г/А·ч.

Частоту вращения n , мин⁻¹, находят:

$$n = \frac{1000 V_H}{60\pi d}, \quad (3.28)$$

где d – диаметр детали, мм.

3.7.3 Нормирование наплавки

Основное время наплавки T_O , мин, находят:

$$T_O = \frac{F_H}{W}, \quad (3.29)$$

где F_H – площадь наплавляемой поверхности, см^2 .

Приближенно штучное время $T_{шт}$, затрачиваемое на плазменную наплавку той или иной детали, можно подсчитать по формуле, мин:

$$T_{шт} = \frac{T_O}{\varphi}, \quad (3.30)$$

где φ – коэффициент использования наплавочной установки, $\varphi = 0,5-0,6$.

Пример 6. Расчет режимов и нормирование плазменной наплавки.

Определить режимы и норму времени на операцию плазменной наплавки поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 3.15). Толщина наплавки $h = 0,9$ мм. Материал: сталь 30. Вес в обработанном виде 6,47 кг.

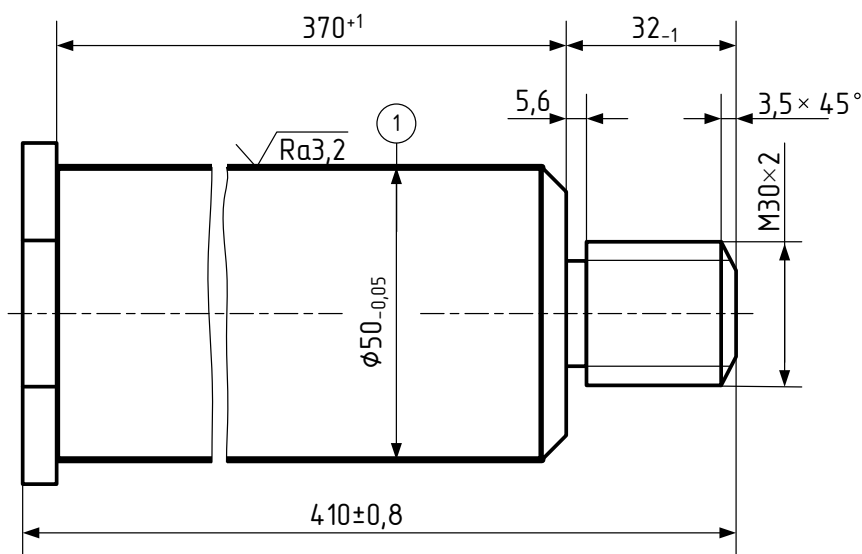


Рисунок 3.15 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Наплавку будем производить по винтовой линии. Принимаем производительность $W = 60 \text{ см}^2/\text{мин}$, шаг наплавки $S = 4 \text{ см/об}$ определяем из соотношения (3.25).

Скорость наплавки по винтовой линии определяем по формуле (3.24)

$$V_H = \frac{0,6W}{S},$$

$$V_H = \frac{0,6 \cdot 60}{4} = 9 \text{ м/ч.}$$

Расход порошка по находим формуле (3.26)

$$Q = 0,1Wh\gamma K_n,$$

где h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность наплавляемого металла, $\gamma = 0,74 \text{ г/см}^3$.

K_n – коэффициент, учитывающий потери порошка, $K_n = 1,15$.

$$Q = 0,1 \cdot 60 \cdot 0,9 \cdot 0,74 \cdot 1,15 = 4,6 \text{ г/мин.}$$

Силу тока определяем по формуле (3.27)

$$I = \frac{60Q}{\alpha_H},$$

где α_H – коэффициент наплавки, $\alpha_H = 12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$.

$$I = \frac{60 \cdot 4,6}{12} = 23 \text{ А.}$$

Частоту вращения находим по формуле (3.28)

$$n = \frac{1000 V_H}{60\pi d},$$

где d – диаметр детали, $d = 50$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 9}{60 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,95 \text{ мин}^{-1}.$$

Площадь наплавляемой поверхности определяем, как

$$F_H = \pi dL,$$

где d – диаметр детали, $d = 5$ см;

L – длина наплавляемой поверхности детали, $L = 31$ см.

$$F_H = 3,14 \cdot 5 \cdot 31 = 486,7 \text{ см}^2.$$

Основное время наплавки по формуле (3.29) составит

$$T_O = \frac{F_H}{W},$$

$$T_O = \frac{486,7}{60} = 8,11 \text{ мин.}$$

Штучное время определяем по формуле (3.30)

$$T_{шт} = \frac{T_O}{\varphi},$$

где φ – коэффициент использования наплавочной установки,
 $\varphi = 0,5$.

$$T_{шт} = \frac{8,11}{0,5} = 16,22 \text{ мин.}$$

3.9 Газопламенное напыление

Газопламенное напыление – наиболее доступный из методов газотермического напыления. Металлический либо полимерный порошковый, проволочный либо шнуровой материал подается в пламя ацетилен-кислородной либо пропан-кислородной горелки, расплавляется и переносится сжатым воздухом на поверхность изделия, где, остывая, формирует покрытие (рисунок 3.16).

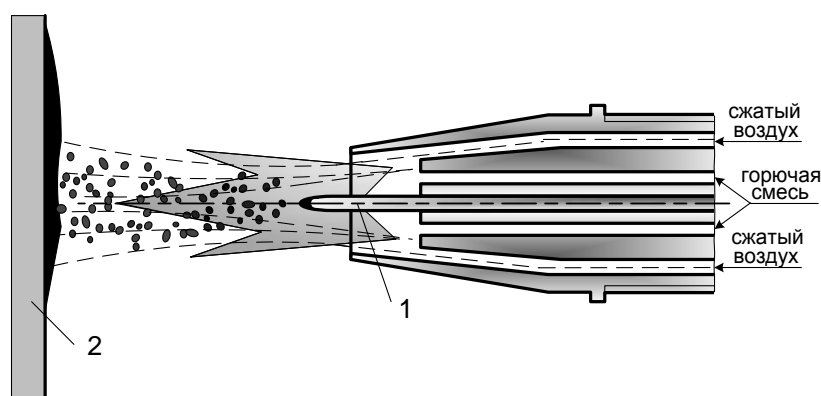


Рисунок 3.16 – Схема устройства проволочной газопламенной распылительной головки:
1 – электродная проволока; 2 – напыляемая деталь

Для восстановления деталей применяют 3 вида газопламенного напыления: без оплавления, с последующим оплавлением, с одновременным оплавлением (газопорошковая наплавка).

1. Напыление без оплавления служит для восстановления деталей, не испытывающих деформации, высокую температуру и знакопеременные нагрузки при работе. Покрытия без оплавления наносят при восстановлении наружных и внутренних цилиндрических поверхностей подвижных и неподвижных соединений при невысоких требованиях к прочности соединения с основным материалом.

2. Оплавление после напыления выполняют газокислородным пламенем, в индукторе или другим источником тепла для покрытий толщиной 0,5–1,3 мм. Нанесенное покрытие оплавляют при восстановлении наружных и внутренних цилиндрических поверхностей подвижных и неподвижных соединений при повышенных требованиях к износостойкости и прочности соединения с основным материалом.

Этот вид оплавления покрытий, полученных газопламенным напылением, применяют редко.

3. Газопламенное напыление с одновременным оплавлением покрытия (газопорошковая наплавка) используют для восстановления деталей из стали и чугуна при износе на сторону 1,3–1,8 мм.

Метод прост в освоении и применении, может применяться как в ручном, так и в автоматизированном режиме.

С помощью газопламенного напыления наносят износостойкие и коррозионно-стойкие покрытия из железных, никелевых, медных, алюминиевых, цинковых сплавов, баббитовые покрытия подшипников скольжения, электропроводные покрытия, электроизоляционные покрытия (рилсан), декоративные покрытия.

Широко применяется для восстановления геометрии деталей насосно-компрессорного оборудования, крышек и валов электродвигателей, нестандартного оборудования. Покрытия, полученные газопламенным напылением, отличаются пористостью 2–10 %, могут обрабатываться резанием либо шлифованием.

Покрытия, полученные газопламенным напылением шнуровых материалов, представляют альтернативу плазменным покрытиям.

Покрытия, полученные газопламенным напылением шеек валов шнуровыми материалами, показывают высокие эксплуатационные качества, однако высокая стоимость шнуров сдерживает их широкое применение в ремонтном производстве.

При газопламенном наплавлении применяют проволоку диаметром 3–3,5 мм из следующих материалов: нержавеющая сталь марок 20Х13, 40Х13 и т. д., углеродистые конструкционные стали, алюминий, латунь, бронза, медь, баббит, молибден, цинк, олово, свинец.

Некоторое современное оборудование, применяемое при газопламенном наплавлении:

– *электродуговой металлатор ЭМ-17* – предназначен для нанесения покрытий из стали с целью восстановления и упрочнения различных деталей и механизмов методом электродуговой металлзации, а также для нанесения противокоррозионных покрытий из цинка и алюминия в условиях автоматизированных производств;

– *горелка ГМС-2П* – предназначена для предварительного подогрева и оплавления газотермических покрытий. Горелка может

применяться для предварительного нагрева металла перед сваркой, газопламенной плавки и т. д.;

– установка газопламенного порошкового напыления *МРК-10* – предназначена для термического распыления порошковых материалов с целью нанесения покрытий для защиты поверхностей деталей от различных видов изнашивания кавитации фреттинг-коррозии, окисления, коррозионного воздействия различных сред. Восстановление и упрочнение изношенных деталей происходит с одновременным улучшением эксплуатационных свойств поверхности;

– установка газопламенного порошкового напыления *Powder Gun 5PM-II* – предназначена для термического распыления порошковых сплавов с целью получения на рабочих поверхностях деталей покрытий с заданными свойствами: износостойкостью, твердостью, жаропрочностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, антифрикционными свойствами.

– горелка *MST-100* (система «3 в 1»: сварка, наплавка, подогрев) – предназначена для нанесения износостойких покрытий методом газопорошковой наплавки с использованием ацетилена в качестве горючего газа и кислорода, и гранулированных самофлюсующихся материалов на основе Ni, Co, Fe с добавками легирующих элементов и раскислителей, а также порошковых смесей с добавками карбида вольфрама до 80 %. Применяется для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей деталей машин и оборудования, упрочнения плунжеров, а также для исправления дефектов литья.

– установки газопламенного напыления *Spray jet 12M (88)* и *Spray jet K5* – предназначены для распыления металлических порошковых проволок и проволок сплошного сечения с целью нанесения покрытий для защиты поверхностей деталей от коррозии, различных видов изнашивания, а также ремонта изношенных деталей с одновременным улучшением их эксплуатационных свойств, в том числе восстановления посадочных мест.

К основным достоинствам газопламенного напыления покрытий относятся:

– возможность получения покрытий из большинства материалов, плавящихся при температуре до 2800 °С без разложения;

– относительно малое тепловое воздействие на подложку (в пределах 50–150 °С), что позволяет наносить покрытия на поверх-

ность широкого круга материалов, включая пластмассы, дерево, картон и т. п.;

- толщина покрытия может быть обеспечена в пределах от 50 мкм до 10 мм и более;

- возможность регулирования газового режима работы горелки позволяет управлять химическим составом среды (восстановительная, нейтральная, окислительная) и энергетическими характеристиками струи и напыляемых частиц;

- высокая производительность процесса (до 10 кг/ч), например, 8–10 кг/ч для порошков самофлюсующихся сплавов типа ПГ-Р4 при расходе ацетилена 0,9 м³/ч и высокий коэффициент использования материала (0,60–0,95);

- возможность нанесения покрытий на изделия практически без ограничения их размеров при наличии необходимых средств механизации и обеспечении правил техники безопасности;

- относительно низкий уровень шума и излучений;

- возможность во многих случаях нанесения покрытий при любом пространственном положении аппарата;

- легкость и простота обслуживания оборудования;

- гибкость технологии и мобильность оборудования, что позволяет производить газопламенное напыление на месте, без демонтажа изделий;

- возможность автоматизации процесса и встройки в автоматическую линию с небольшими затратами и др.

Основными недостатками газопламенного метода напыления покрытий являются:

- недостаточная в некоторых случаях прочность сцепления покрытий с основой (5–45 МПа);

- наличие пористости (обычно в пределах 5–25 %), которая препятствует применению покрытий в коррозионных средах без дополнительной обработки;

- невысокий коэффициент использования энергии газопламенной струи на нагрев порошка (2–12 %);

- невозможность нанесения покрытий из тугоплавких материалов с температурой плавления более 2800 °С.

3.10 Газопорошковая наплавка

3.10.1 Газопорошковая наплавка в ремонтном производстве

Газопорошковая наплавка – один из способов формирования покрытий, за счет диффузионных процессов происходящих между поверхностью детали и расплавленным материалом порошка в высокотемпературном пламени горючего газа ацетилена (C_2H_2) и кислорода.

Процесс восстановления деталей методом газопорошковой наплавки заключается в нанесении за счет инжекции кислородом на подготовленную поверхность частиц самофлюсующегося порошкового сплава, струей горючих газов ацетиленокислородного пламени (рисунок 3.17). Нагретые до высокопластичного состояния в пламени горелки частицы порошка соударяются с поверхностью детали, сплавляются между собой и формируют на ней покрытие за счет тепловой и кинетической энергии, которая определяется температурой и скоростью этих частиц.

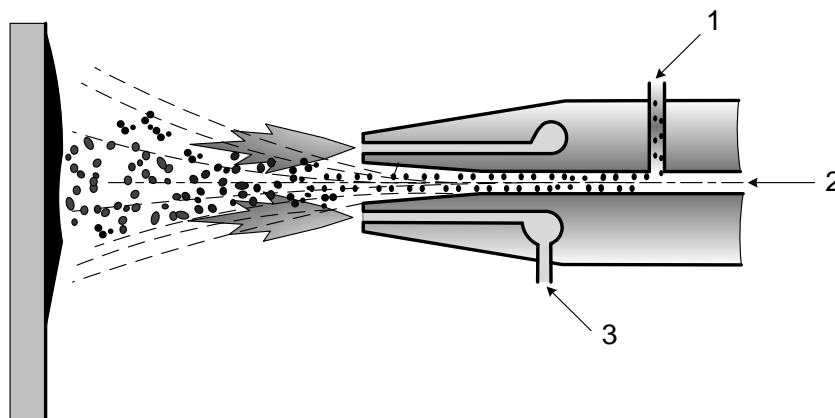


Рисунок 3.17 – Схема устройства порошковой газопламенной распылительной головки:

1 – напыляемый порошок; 2 – сжатый воздух; 3 – горючая смесь

Газопорошковой наплавке подвергаются детали, изготовленные из чугуна и стали (в том числе нержавеющей) с локальными износами независимо от формы поверхности, величина износа которых составляет 0,1–5,0 мм, работающих в условиях знакопеременных и ударных нагрузок на восстанавливаемую поверхность, а также для исправления дефектов чугунного литья. Данный способ

позволяет восстанавливать первоначальные размеры деталей и увеличивает их износостойкость в 3–5 раз.

При наплавке используют порошковые самофлюсующиеся материалы зернистостью 40–100 мкм на хромборникелевой основе (Cr, Ni, В, Si) с добавками кремния. Наличие в порошках этих элементов ведет к образованию твердых карбидов хрома и флюса, очищающего поверхность наплавляемого металла от окислов в виде стеклообразных шлаков. Соотношение хрома и никеля определяет твердость и пластичность наплавленного слоя. Порошковый материал для конкретной детали выбирается с учетом условий ее работы и необходимой твердости восстанавливаемой поверхности. Для наплавки чугуна применяют порошки НПЧ с содержанием меди до 5–7 % (таблица 3.24). Наплавляемый металл получается плотным, предел прочности на разрыв составляет 240–270 МПа, по цвету близок к чугуну и обрабатывается шлифовальными корундовыми кругами. Для некоторых составов применяется лезвийная обработка с применением резцов из гексанита-Р, эльбора и киборита.

Таблица 3.24 – Марки порошковых самофлюсующихся материалов

Марка	Состав	Твердость наплавленного слоя	Применение
НПЧ-3	Твердые сплавы на основе N с добавкой Cu, В и Si	НВ180–210	Наплавки на чугун, еще не подвергавшийся поверхностной закалке. Температура плавления сплава 960 °С.
НПЧ-2	То же	НВ360	Наплавка на изношенные рабочие поверхности чугунных изделий, которые имеют высокочастотную закалку. Температура плавления сплава 1170 °С.
НПЧ-1	То же	НВ220	Наплавка на дефектные площади чугунных деталей – до 20 см ² , имеющих поверхностную закалку. Плавление при 1280 °С.
НПЧ-4	То же	НВ450–500	Наплавление на чугунные детали, подвергнутые поверхностной закалке.
СНГН-50	Самофлюсующийся порошковый сплав, содержащий Cr, В, Ni и Si	HRC53–57 HRC58–60 HRC50–52	Для упрочнения и восстановления деталей, работающих в условиях абразивного износа

Газопорошковая наплавка производится наплавочными горелками: MST-100, ГН-5П, ГН-2У, Евро Джет XS-8 и др. Характеристики некоторых горелок представлены в таблице 3.25.

Таблица 3.25 – Характеристики наплавочных горелок

Параметры	ГН-1	ГН-2	ГН-2У	ГН-3	ГН-4
Расход напыляемого порошка, кг/ч, менее	0,9	2	2–4	–	3,6
Давление ацетилена, МПа, не менее	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Расход ацетилена, л/ч	140–300	350–600	400–700	150–1750	800–1100
Масса (без порошка), кг	0,75	0,77	1,5	1,1	1,3

Газопорошковая наплавка обеспечивает следующие преимущества:

1. При использовании порошковых материалов возможно получение широкого диапазона твердости восстанавливаемой поверхности без последующей термообработки.

2. Благодаря микропористости покрытия происходит пропитывание его верхнего слоя маслом, что значительно улучшает условия работы сопрягаемых деталей. Так как само покрытие имеет низкий коэффициент трения, то в несколько раз снижается износ как самой детали, имеющей покрытие, так и детали, работающей с ней в сопряжении.

3. Возможность наплавки деталей сложной формы.

4. Использование порошка позволяет наносить покрытия с минимальными припусками на механическую обработку.

5. Низкая стоимость оборудования.

Недостатки покрытий из порошковых материалов:

1. Высокие требования к качеству и грануляционному составу самофлюсующихся порошков.

2. Некачественный материал может привести к повышенной пористости покрытия.

3. Сравнительно невысокая адгезия покрытия и основного материала.

4. Высокая трудоемкость подготовки поверхности детали к восстановлению.

3.10.2 Расчет режимов обработки и нормирование газопорошковой наплавки

Число проходов определяют по формуле

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.31)$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, $t = 0,5$ мм.

Шаг наплавки S и скорость наплавки V_H в зависимости от диаметра детали определяют по таблице 3.26.

Таблица 3.26 – Режимы обработки при газопорошковой наплавке

Диаметр детали, мм	10–30	30–100	100–200	200–300
Шаг наплавки S , мм/об	3–2	1,8–1,5	1,4–1,2	1,2–1,0
Скорость наплавки V_H , м/мин	11	12	14	15
Расстояние от сопла до металлизированной поверхности, мм	100–150			
Давление, МПа:				
воздуха	0,4–0,5			
ацетилена	0,3			
кислорода	0,25–0,3			

Частота вращения детали n , мин⁻¹, находят по формуле

$$n = \frac{1000V_H}{\pi d}, \quad (3.32)$$

где d – диаметр детали, мм.

Расчетную частоту вращения корректируют по выбранному конкретному наплавочному станку. Большинство наплавочных станков имеет плавное регулирование частоты вращения.

Основное время T_o , мин, определяют по следующей формуле:

$$T_o = \frac{\pi d L i}{1000 K_H V_H S}, \quad (3.33)$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, мм;
 K_{II} – коэффициент использования порошка, $K_{II} = 0,7–0,8$.

Вспомогательное время принимают $T_B = 4,8–5,8$ мин.
 Дополнительное время $T_{ДОП}$, мин, находится по формуле:

$$T_{ДОП} = 0,2T_0. \quad (3.34)$$

Подготовительно-заключительное время принимается примерно равным 16–20 мин.

Норму времени определяют по формуле (2.5).

Пример 7. Расчет режимов и нормирование газопорошковой наплавки.

Определить режимы и норму времени на операцию газопорошковой наплавки поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 3.18). Толщина наплавки $h = 0,9$ мм. Материал: сталь 30. Масса в обработанном виде 6,47 кг.

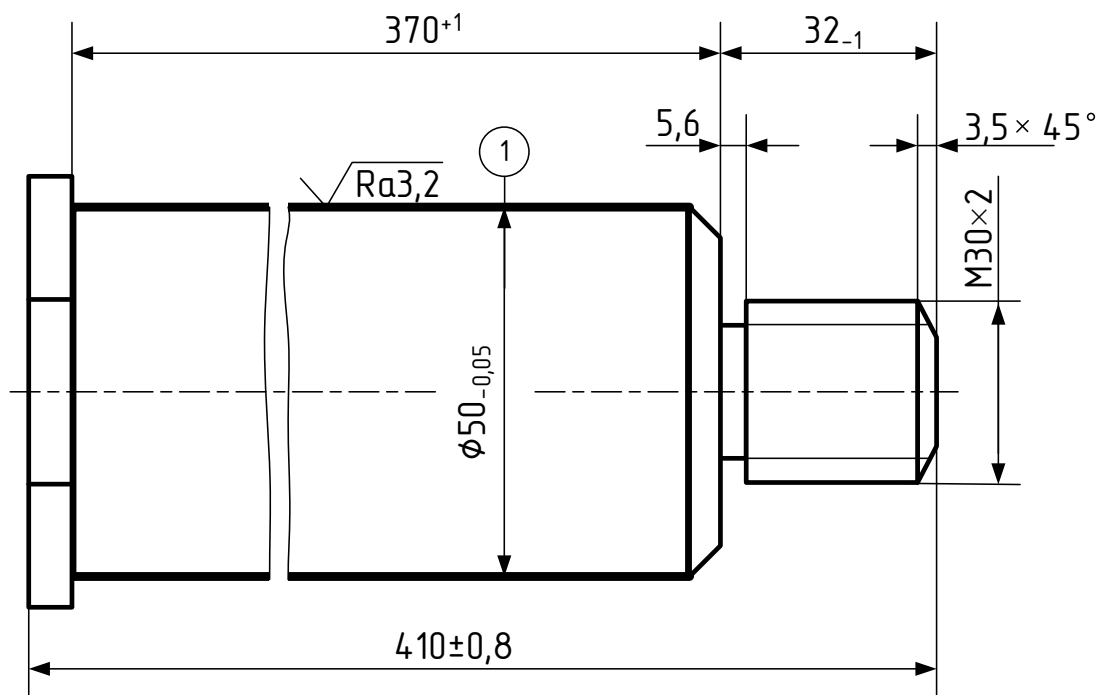


Рисунок 3.18 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Число проходов находят по формуле (3.31)

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – общая толщина наплавляемого слоя, $h = 0,9$ мм;

t – толщина наплавляемого слоя за один проход, $t = 0,5$ мм.

$$i = \frac{0,9}{0,5} = 1,8.$$

Принимаем число проходов $i = 2$ (таблица 3.26).

Выбираем шаг наплавки $S = 1,7$ мм/об для диаметра $d = 50$ мм, скорость наплавки принимаем $V_H = 12$ м/мин, расстояние от сопла до металлизированной поверхности выбираем 125 мм, давление: ацетилена – 0,3 МПа, кислорода – 0,25 МПа (таблица 3.26).

Частоту вращения детали определяем по формуле (3.32)

$$n = \frac{1000V_H}{\pi d},$$

где d – диаметр детали, $d = 50$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{3,14 \cdot 50} = 76 \text{ м/мин.}$$

Расчетную частоту вращения корректируем по выбранной наплавочной установке.

Основное время T_o определим по формуле (3.33)

$$T_o = \frac{\pi d L i}{1000 K_H V_H S},$$

где L – длина наплавляемой поверхности детали, $L = 370$ мм;

K_H – коэффициент использования порошка, $K_H = 0,7$.

$$T_O = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 370 \cdot 2}{1000 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 1,7} = 8,1 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время принимаем $T_B = 5,3$ мин.

Дополнительное время определяем по формуле (3.34)

$$T_{ДОП} = 0,2T_O.$$

$$T_{ДОП} = 0,2 \cdot 8,1 = 1,62 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время принимаем равным $T_{ПЗ} = 16$ мин.

Норма времени (или штучно-калькуляционное время) для наплавки одной детали согласно формуле (2.5) составит:

$$T_H = T_O + T_B + T_{ДОП} + T_{ПЗ}.$$

$$T_H = 8,1 + 5,3 + 1,62 + 16 = 31,02 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Какие достоинства и недостатки у вибродуговой наплавки?
2. Какие детали целесообразно восстанавливать вибродуговой наплавкой?
3. Какие достоинства и недостатки наплавки под флюсом?
4. Какие сварочные флюсы применяются при наплавке под слоем флюса?
5. Для чего необходим углекислый газ при наплавке?
6. Для чего необходимо смещение (зенит) электрода?
7. Особенности восстановления изношенной поверхности методом газотермического напыления.
8. Назовите требования подготовки поверхности к напылению.
9. Какова физическая сущность метода газотермического напыления.
10. Чем определяется прочность сцепления напыляемых частиц с основной (подготовленной поверхностью)?

4 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И НОРМ ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИЯХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

При ремонте машин процессы электролитического и химического осаждения применяют для восстановления деталей, имеющих сравнительно малые износы, для защиты деталей от коррозии, а также для декоративного покрытия. В ремонтном производстве наиболее распространены электролитическое хромирование и железнение, в меньшей степени – меднение, никелирование, цинкование, а также химическое никелирование.

4.1 Электролитические покрытия

Электролитическое (гальваническое) покрытие – это процесс нанесения металла на поверхность детали путем кристаллизации его из раствора соответствующей соли (электролита) в результате прохождения через соль электрического тока. На рисунке 4.1 показана простейшая схема электролитического осаждения металла.

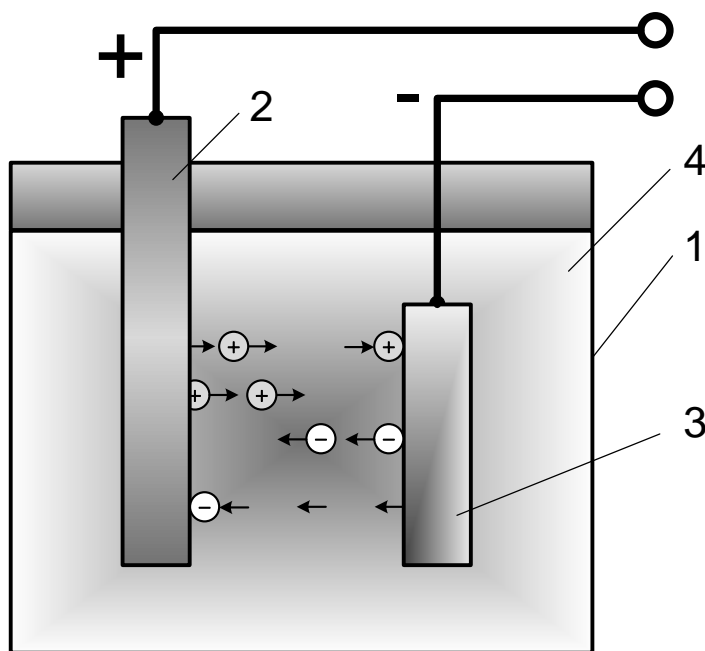


Рисунок 4.1 – Схема процесса электролитического наращивания металлов:
1 – ванна; 2 – анод; 3 – катод; 4 – электролит

Ванну 1 заполняют электролитом 4; при пропускании через него постоянного тока молекулы раствора расщепляются на положительно заряженные частицы – катионы, которые перемещаются к отрицательному электроду 3 (катоду), где осаждаются, превращаясь в нейтральные атомы, и отрицательно заряженные частицы – анионы, перемещающиеся к положительному электроду 2 (аноду), где они теряют свой заряд и превращаются в нейтральные атомы. При многих процессах катодом служит обрабатываемая деталь, анодом – либо металл, соль которого находится в растворе, либо металл, который нерастворим в электролите.

При гальванических процессах структура и свойства основного материала детали не изменяются, т.к. нагрев детали не превышает 70–90 °С.

4.1.2 Хромирование

Хромовые покрытия применяют для восстановления размеров изношенных деталей, а также в качестве антикоррозионного и декоративного покрытия. Хромовые покрытия отличаются высокой твердостью, хорошей износостойкостью, превышающей в 2–3 раза износостойкость закаленной стали 45, хорошей сцепляемостью почти с любыми металлами.

К недостаткам хромирования относят ограничение толщины покрытия (до 0,3 мм), так как при большей толщине слой хрома отслаивается и теряет износостойкие свойства; относительно низкую производительность процесса (до 0,03 мм/ч) из-за малых значений выхода металла по току; высокую стоимость процесса.

При нанесении хромового покрытия технологические операции выполняют в такой последовательности:

- 1 – очистка детали от грязи и масла;
- 2 – сушка детали;
- 3 – наружный осмотр в целях выявления дефектов;
- 4 – удаление слоя хрома с детали, если она ранее находилась в эксплуатации;
- 5 – промывка в холодной проточной, а затем в горячей воде при температуре 70—80 °С;
- 6 – обдувка сухим сжатым воздухом;
- 7 – магнитный контроль для выявления трещин в детали;
- 8 – обработка детали путем шлифования или полирования для получения размера, указанного в чертеже;

- 9 – контроль качества обработки;
- 10 – изоляция деталей и подвесочных приспособлений;
- 11 – обрезка изоляции с рабочей поверхности и мест контактов, зачистка поверхности наждачной шкуркой;
- 12 – закрепление деталей на подвесочные приспособления;
- 13 – монтаж и установка анодов;
- 14 – обезжиривание детали;
- 15 – промывка детали теплой проточной водой;
- 16 – химическое декапирование в течение 0,25–1,0 мин в растворе серной кислоты при температуре 18–25 °С;
- 17 – промывка детали холодной проточной водой;
- 18 – электрохимическое декапирование в электролите, используемом при хромировании;
- 19 – хромирование;
- 20 – промывка детали дистиллированной водой над ванной хромирования;
- 21 – промывка детали в холодной проточной воде;
- 22 – промывка детали в течение 0,5—1 мин в нейтрализующем растворе;
- 23 – промывка детали холодной проточной водой;
- 24 – промывка детали горячей проточной водой;
- 25 – сушка в печи при температуре 120—130 °С;
- 26 – контрольное измерение детали после демонтажа с подвесок, снятие изоляционного слоя;
- 27 – термическая обработка при температуре 200–250 °С
- 28 – шлифование до номинальных размеров;
- 29 – окончательный контроль размеров и качества хромированной поверхности.

В зависимости от назначения покрытия применяют электролиты различных составов (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Состав электролитов для хромирования

Наименование показателей и компонентов	Электролиты		
	№1	№2	№3
Хромовый ангидрид, г/л	120–150	200–250	300–350
Серная кислота, г/л	1,2–1,5	2,0–2,5	3,5
Плотность тока D_K , А/дм ²	40–100	20–60	10–30
Температура, °С	50–65	45–55	40–50

4.1.3 Железнение

Железнение (осталивание) – процесс электролитического осаждения железа. Железнение намного производительнее и экономичнее хромирования, так как скорость осаждения металла составляет 0,3–0,5 мм/ч, а выход по току достигает 85–90 %, т.е. в 5–6 раз выше, чем при обычном хромировании. Сцепляемость железного покрытия с поверхностью стальной детали достаточно высокая (400–450 МПа). К недостаткам процесса относится снижение усталостной прочности деталей, достигающее 30 % при покрытии стальных деталей. Это обусловлено наличием растягивающих внутренних напряжений в покрытии.

Железнение применяют для наращивания поверхностей деталей под неподвижные посадки, для восстановления деталей с большим износом (до 2–3 мм), а также с целью получения подслоя в 1–3 мм для тонкого хромового покрытия (0,02–0,03 мм).

Качество покрытия (твердость, износостойкость, вязкость) зависит от состава и температуры электролита, плотности тока. Мелкозернистые и вязкие покрытия получают при малой плотности тока и высокой температуре; с увеличением плотности тока, при снижении температуры электролита и уменьшении концентрации хлористого железа твердость покрытия возрастает.

Технологический процесс железнения мало чем отличается от хромирования (таблица 4.2). При подготовке детали к железнению не всегда требуется предварительное ее шлифование: при наращивании значительного слоя деталь обычно не шлифуют. Другие подготовительные операции (обезжиривание, изоляция мест, не подлежащих железнению, вторичное обезжиривание, анодная обработка) принципиально те же, что и при хромировании.

Таблица 4.2 – Технологический процесс железнения

Операция	Последовательность операций в вариантах	
	первом	втором
Очистка деталей от грязи и масла	1	1
Механическая обработка	(2)	(2)
Промывка органическим растворителем	(3)	(3)
Сушка	(4)	(4)
Зачистка покрываемых поверхностей	(5)	(5)

Продолжение таблицы 4.2

Операция	Последовательность операций в вариантах	
	1	2
Изоляция поверхностей, не подлежащих покрытию, и монтаж деталей в подвесные приспособления	6	6
Обезжиривание деталей	7	7
Промывка горячей водой (70–80 °С)	8	8
Промывка холодной водой	9	9
Анодное травление в электролите железнения	–	10
Промывка холодной водой	–	11
Анодная обработка в растворе серной кислоты	10	12
Промывка холодной водой	11	13
Промывка теплой водой (50–60 °С)	12	14
Железнение	13	15
Промывка горячей водой (70–80 °С)	14	16
Нейтрализация	15	17
Промывка горячей водой (70–80 °С)	16	18
Демонтаж деталей с подвесок и снятие изоляции	17	19
Контроль качества покрытий	18	20
Механическая обработка	19	21
Консервация деталей	(20)	(22)
Примечание. Цифры в скобках означают, что операции могут не выполняться при определенных конкретных условиях.		

Наиболее распространены горячие хлористые электролиты, которые готовят путем травления стружек из малоуглеродистых сталей в соляной кислоте. Железнение в горячих электролитах позволяет получать плотные мелкокристаллические осадки значительной толщины (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Составы электролитов для железнения и режимы работы

№ электролита	Хлористое железо, г/л	Хлористый натрий, г/л	Соляная кислота, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²
1	700	–	0,8–1,5	95–100	20–50
2	500	100	0,5–0,8	95	10–20
3	200	100	0,5–0,8	85–90	10–40

Электролит № 1 применяется для деталей с неподвижными посадками и деталей, цементируемых после железнения, электролит

№ 2 – для получения покрытий повышенной твердости толщиной 2,0–3,0 мм, электролит № 3 – для стальных закаленных деталей с толщиной покрытия до 1,0 мм, работающих на скольжение.

4.1.4 Вневаннные процессы электролитического наращивания

Электролитическое осаждение металла также можно вести вневанными способами.

Электролитическое натирание – один из способов нанесения покрытий вневанным способом. Деталь 7 (рисунок 4.2), подключенную к катоду, закрепляют в шпинделе или центрах токарного станка. Анодом 3 служит угольный стержень, обернутый специальным адсорбирующим материалом и образующий тампон 4. Электролит поступает из резервуара и в течение всего процесса подпитывает тампон 4. Расход электролита регулируют краном 2.

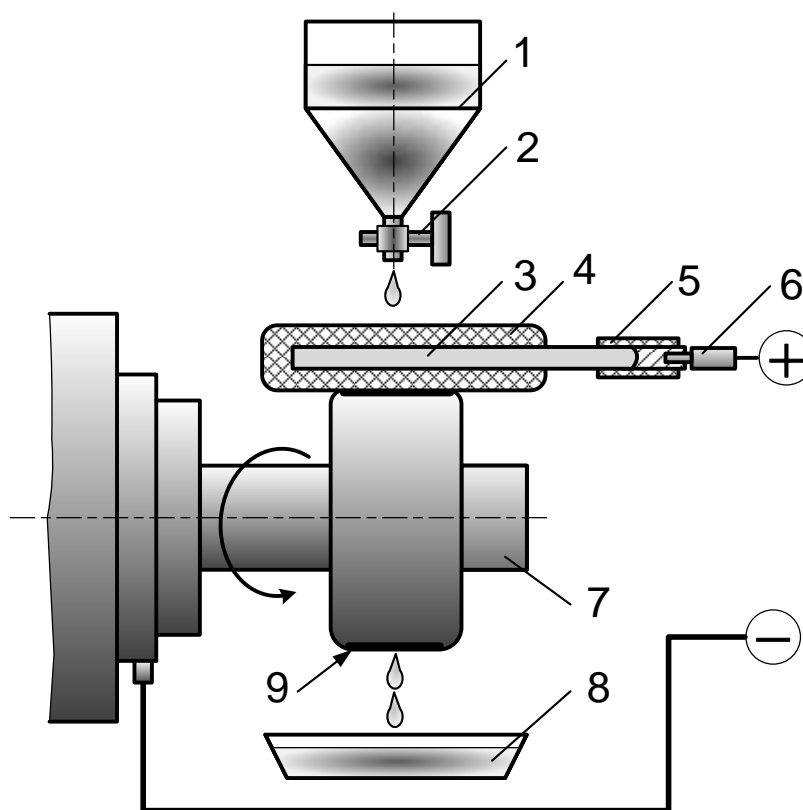


Рисунок 4.2 – Схема процесса электролитического натирания:
1 – резервуар для электролита; 2 – кран; 3 – анод; 4 – тампон;
5 – рукоятка; 6 – штекер; 7 – деталь; 8 – ванна

Непрерывное поступление электролита на анодный тампон и перемещение анода по покрываемой поверхности детали дают возможность применять высокую плотность тока и обеспечивают повышенную производительность.

Кроме электролитического натирания в обоснованных случаях проводят электролитическое покрытие в проточном электролите. При этом у покрываемой поверхности создается местная ванна, через которую циркулирует электролит. Этот способ целесообразно применять при покрытии внутренних поверхностей отверстий корпусов, цилиндров, труб и т. п.

Местное электролитическое наращивание также относится к ваннанным способам. При местном железнении на детали в нужном месте с помощью приспособления создают местную ванночку и проводят наращивание (рисунок 4.3).

Местное железнение применяют для восстановления посадочных поверхностей корпусных деталей. Отверстие растачивают для удаления следов износа и поверхностного слоя металла, обезжиривают венской известью или карбидным илом, промывают. Поверхность детали, подготовленную к железнению, травят раствором соляной кислоты и промывают. Затем монтируют местную «ванну» (рисунок 4.3), состоящую из резиновой прокладки 2 толщиной 3–5 мм и диаметром на 20–30 мм больше восстанавливаемого отверстия. Внизу ванны устанавливают алюминиевую или стальную крышку 3 и прижимают их распорной гайкой 4 к отверстию. Уста-

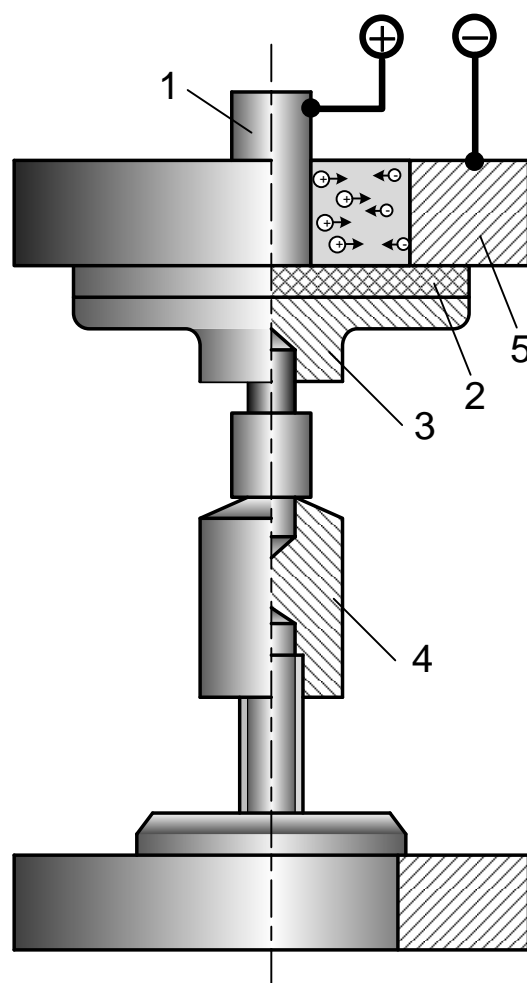


Рисунок 4.3 – Приспособление для местного железнения:

- 1 – анод; 2 – резиновая прокладка;
- 3 – крышка; 4 – распорная гайка;
- 5 – восстанавливаемая деталь

Внизу ванны устанавливают алюминиевую или стальную крышку 3 и прижимают их распорной гайкой 4 к отверстию. Уста-

навливают электрод из малоуглеродистой стали и заливают электролит. Подключают деталь к катоду и производят железнение.

Местное железнение нашло широкое применение для восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях.

4.2 Расчет режимов обработки и нормирование электролитического наращивания металла

В таблице 4.4 представлена зависимость толщины слоя покрытия от плотности тока.

Таблица 4.4 – Зависимость плотности тока от толщины слоя покрытия

Вид покрытия	Толщина слоя покрытия, мм	Плотность тока D_K , А/дм ²
Железнение	0,5–1,5	20–60
Хромирование	0,001–0,050	20–60
Никелирование	0,005–0,025	0,5–3,0

Силу тока определяют по формуле

$$I = D_K F_K, \quad (4.1)$$

где D_K – катодная плотность тока, А/дм² (определяется условиями работы детали, видом покрытия, температурой и концентрацией электролита);

F_K – площадь покрываемой поверхности, дм².

Катодная плотность тока D_K определяется по таблицам 4.1 и 4.3 в зависимости от вида покрытия, а для железнения стальных деталей уточняется по таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Режимы железнения стальных деталей

Марка стали	Термическая обработка детали	Твердость детали НВ или HRC	Режим осталивания		
			№ электролита	Температура, °С	Плотность тока D_K , А/дм ²
20, 25, 30	Нормализация, улучшение	143–207	2	90	25
35, 40, 45		240–321	3	90	20
50Г		369–415	2	90	40
20	Цементация, закалка, низкий отпуск	56–62	3	80	50

Продолжение таблицы 4.5

Марка стали	Термическая обработка детали	Твердость детали НВ или HRC	Режим осталивания		
			№ электродита	Температура, °С	Плотность тока D_K , А/дм ²
40, 45	Закалка ТВЧ	50–62	3	80	50
30Х, 40Х, 35ХГ	Улучшение	255–320	3	90	50
			2	90	20
40ХМ	Улучшение	363–415	3	90	30
50ХГА					
15Х, 20Х, 20ХН, 8ХГТ	Цементация, закалка, отпуск	55–62	3	80	50

Основное время (время выдержки деталей в ванне) определяют по следующей формуле:

$$T_O = \frac{10h\gamma}{CD_K\eta_B}, \quad (4.2)$$

где h – толщина наращивания, мм. Толщина выбирается с учетом износа и припуска на обработку;

γ – плотность электролитического материала, г/см³ (для железа $\gamma = 7,8$ г/см³, для хрома $\gamma = 6,9$ г/см³, для никеля $\gamma = 8,9$ г/см³, для цинка $\gamma = 9,16$ г/см³);

C – электролитический эквивалент, г/А·ч (для железнения – $C = 1,042$ г/А·ч, для хромирования $C = 0,323$ г/А·ч, для никелирования $C = 1,095$ г/А·ч, для цинкования $C = 1,22$ г/А·ч);

η_B – выход металла по току (железнение – 0,52, хромирование – 0,13, никелирование – 0,95, цинкование – 0,81).

Продолжительность гальванической операции определяют по выражению:

$$T_H = \frac{(T_O + T_B + T_{On})K_{ПЗ}}{n\eta_I}, \quad (4.3)$$

где T_O – основное время покрытия в ванне, мин;

T_B – вспомогательное время (неперекрываемое) на загрузку деталей в основную ванну и выгрузку их из ванны (мин) определяют

по таблице 4.6. Зависимость вспомогательного времени от количества навесок и деталей, размещаемых в ванне, определяют по таблице 4.7.

T_{On} – оперативное непрерывное время на все операции, следующие после покрытия деталей (кроме сушки их в сушильном шкафу) определяют по таблице 4.8;

$K_{ПЗ}$ – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное и дополнительное время, при односменной работе принимают равным 1,1–1,2; при двухсменной – 1,03–1,05;

n – число деталей одновременно загруженных в основную ванну;

η_{II} – коэффициент использования оборудования (таблица 4.9).

Таблица 4.6 – Вспомогательное время (непрерывное) на загрузку деталей в основную ванну и выгрузку их из ванны в гальванических операциях

Масса приспособления с деталями, кг, до	1,0	3,0	4,0	5,5	7,5	10	14	20
Время на приспособление, мин	0,18	0,20	0,23	0,27	0,30	0,35	0,40	0,48

Таблица 4.7 – Зависимость вспомогательного времени от количества навесок и деталей в гальванических операциях

Масса детали, кг	0,10	0,40	1,5	5,0
	Время, мин			
На одном приспособлении может разместиться деталей	120	40	10	4
В ванне размещается навесок	8	8	8	8
Всего деталей в ванне	960	320	80	32

Таблица 4.8 – Оперативное непрерывное время для гальванических операций

Операция	Осталивание	Хромирование	Никелирование
Время, мин	4,33	6,39	3,14

Таблица 4.9 – Коэффициент использования оборудования в гальванических операциях

Операция	Осталивание	Хромирование	Никелирование
Коэффициент, η_{II}	0,80	0,80	0,85

Пример 1. Расчет режимов и нормирование операции железнения.

Определить режимы и норму времени на операцию железнения поверхности 1 штока комбайна (рисунок 4.4). Толщина наплавки $h = 0,3$ мм. Материал: сталь 45. Масса в обработанном виде 0,99 кг.

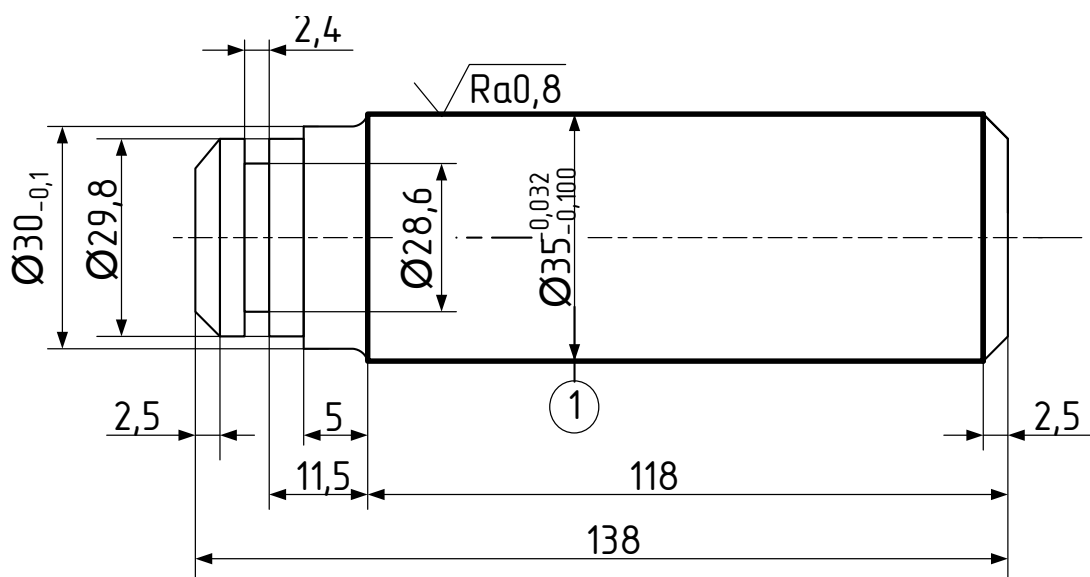


Рисунок 4.4 – Шток комбайна

Режим железнения: электролит № 3 (хлористое железо 200 г/л, хлористый натрий 100 г/л, соляная кислота 0,7 г/л, температура раствора 90 °С (таблицы 4.3, 4.5). Плотность тока согласно таблицы 4.5 $D_K = 20$ А/дм².

Находим площадь покрываемой поверхности

$$F_K = \frac{\pi D}{2} L,$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности 1, $D = 0,35$ дм;

L – длина обрабатываемой поверхности 1, $L = 1,18$ дм.

$$F_K = \frac{3,14 \cdot 0,35}{2} 1,18 = 1,3 \text{ дм.}$$

Определяем силу тока:

$$I = D_K F_K,$$

$$I = 20 \cdot 1,3 = 26 \text{ А.}$$

Определяем основное время (время выдержки деталей в ванне)

$$T_O = \frac{10h\gamma}{CD_K\eta_B},$$

где h – толщина наращивания, $h = 0,3$ мм;

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

C – электролитический эквивалент, $C = 1,042$ г/А·ч;

η_B – выход металла по току $\eta_B = 0,52$.

$$T_O = \frac{10 \cdot 0,3 \cdot 7,8}{1,042 \cdot 20 \cdot 0,52} = 2,16 \text{ ч.}$$

Продолжительность гальванической операции будет

$$T_H = \frac{(T_O + T_B + T_{On})K_{ПЗ}}{n\eta_H},$$

где T_O – основное время, $T_O = 2,16$ ч = 129,6 мин;

T_B – вспомогательное время (неперекрываемое) на загрузку детали в приспособление и выгрузку из него, $T_B = 0,18$ мин (таблица 4.6);

T_{On} – оперативное неперекрываемое время на все операции, следующие после покрытия деталей (кроме сушки их в сушильном шкафу), $T_{On} = 4,33$ мин (таблица 4.8);

$K_{ПЗ}$ – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное и дополнительное время, при односменной работе $K_{ПЗ} = 1,15$;

n – число одновременно обрабатываемых деталей, $n = 80$ (таблица 4.7);

η_{II} – коэффициент использования оборудования, $\eta_{II} = 0,8$ (таблица 4.9).

$$T_H = \frac{(129,6 + 0,18 + 4,33)1,15}{80 \cdot 0,8} = 2,41 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Пояснить сущность электролитического наращивания металла.
2. Охарактеризовать положительные и отрицательные особенности восстановления деталей электролитическими способами.
3. Охарактеризовать общее содержание режимов электролитического наращивания.
4. Дать сравнительную характеристику основным способам электролитического наращивания металла: железнению, хромированию.
5. Охарактеризовать особенности и возможности струйных способов электролитического наращивания металлов.
6. Охарактеризовать особенности и возможности электролитического наращивания металла в проточном электролите.

5 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ, СВЕРЛЕНИЯ И ФРЕЗЕРОВАНИЯ

5.1 Порядок определения параметров режимов при механической обработке

1. Выбор режущего инструмента.

При выборе режущего инструмента назначают его тип, размеры, материал и геометрические параметры режущей части в зависимости от обрабатываемого материала, выбранного оборудования, используемых приспособлений и оснастки [7, 9, 10].

2. Определение глубины резания.

Глубину резания t определяют в основном припуском z на обработку. Принято припуск рассчитывать на размер: для обработки цилиндрической поверхности припуск определяют на размер детали – диаметр (двухсторонний симметричный припуск), для обработки торца или плоскости – на координирующий линейный размер (односторонний припуск). В первом случае глубина резания равна половине припуска, во втором – собственно припуску.

Иногда припуск, особенно на чистовых операциях, удаляют не за один проход, а за несколько проходов.

Число проходов находят по формуле

$$i = \frac{z}{t}. \quad (5.1)$$

Глубину резания при сверлении определяют:

$$t = 0,5D, \quad (5.2)$$

при рассверливании, зенкерования и развертывании:

$$t = 0,5(D - D_1), \quad (5.3)$$

где D и D_1 – диаметры отверстий до и после обработки, мм.

3. Назначение подачи.

Подача назначается максимально допустимой для данных условий. При черновых проходах она ограничивается прочностью и жесткостью инструмента и механизма подачи станка, при чистовой обработке – требуемой шероховатостью и точностью обработанной поверхности. Подачу, как для черновых, так и для чистовых операций определяют по специальным таблицам, составленным на основании производственного опыта и специальных исследований. Затем подачу обязательно уточняют по паспорту станка.

4. Определение периода стойкости инструмента.

Период стойкости определяется временем работы инструмента до достижения принятого критерия затупления, т. е. отказа инструмента. На операциях, обеспечивающих требуемую точность или шероховатость, период стойкости определяется временем, в течение которого инструмент позволяет получить требуемые параметры.

Средний период стойкости для каждого вида инструмента и условий обработки подсчитывается по соответствующим нормативам.

5. Определение скорости резания.

Скорость резания можно рассчитать как по эмпирическим формулам, так и подобрать по таблицам, составленным на основании этих формул. Более точное значение скорости применительно к конкретным условиям обработки рассчитывается по формулам.

6. Нормирование операции механической обработки.

После определения режимов резания можно рассчитать нормируемое время на переходах и операциях.

5.2 Процессы механической обработки

Все способы обработки металлов, основанные на удалении припуска и превращении его в стружку, определяются понятием *резание металла*. Для успешной работы необходимо, чтобы процесс резания протекал непрерывно и быстро. Форма обрабатываемой детали обеспечивается, с одной стороны, относительным движением заготовки и инструмента, с другой, – геометрией инструмента.

5.2.1 Точение на токарных и токарно-винторезных станках

Токарная обработка (точение) – наиболее распространенный метод изготовления и восстановления деталей типа тел вращения (валов, дисков, осей, пальцев, цапф, фланцев, колец, втулок, гаек, муфт и др.) на токарных и токарно-винторезных станках. На них можно производить обтачивание и растачивание цилиндрических, конических, шаровых и профильных поверхностей деталей, подрезание торцев, вытачивание канавок, нарезание наружных и внутренних резьб, накатывание рифлений, сверление, зенкерование, развертывание отверстий и другие виды токарных работ.

Токарная обработка металла осуществляется на токарных станках, имеющих разный тип, назначение и отличающихся по компоновке, уровню автоматизации и прочим признакам.

Процесс резания возможен при наличии основных движений: главного движения V – вращения заготовки и поступательного движения резца s , называемого движением подачи, которое может совершаться вдоль или поперек изделия, а также под постоянным или изменяющимся углом к оси вращения изделия.

Резцы, предназначенные для обработки наружных поверхностей, не имеют специального названия, а для обработки внутренних поверхностей называются расточными с добавлением названия, характеризующего вид выполняемой работы. По виду выполняемой работы различают резцы проходные – для обработки гладкой цилиндрической поверхности (внутренней или наружной) на «проход» (рисунок 5.1) и упорные проходные – для обработки одновременно цилиндрической поверхности и торцевой плоскости (рисунок 5.2).

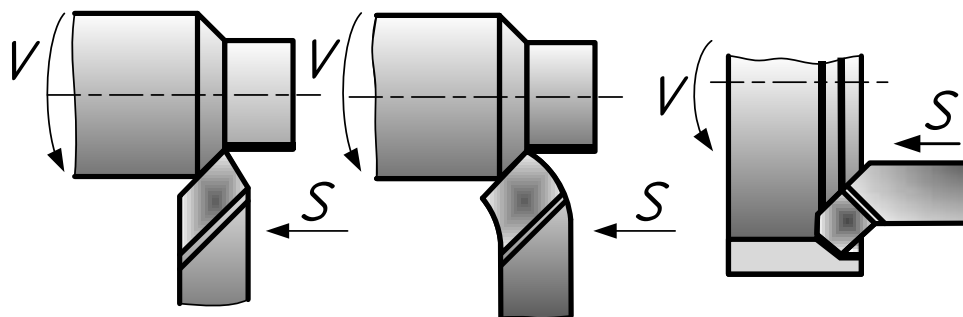


Рисунок 5.1 – Обработка проходными токарными резцами

Торцевые поверхности цилиндрических тел на токарных станках «подрезают» подрезными резцами (рисунок 5.2) которые работают с поперечной подачей к оси вращения или от оси вращения заготовки. Отрезку заготовки ведут отрезным резцом, а образование канавок – канавочным или прорезным резцом, фасонные поверхности выполняют фасонными резцами (рисунок 5.3).

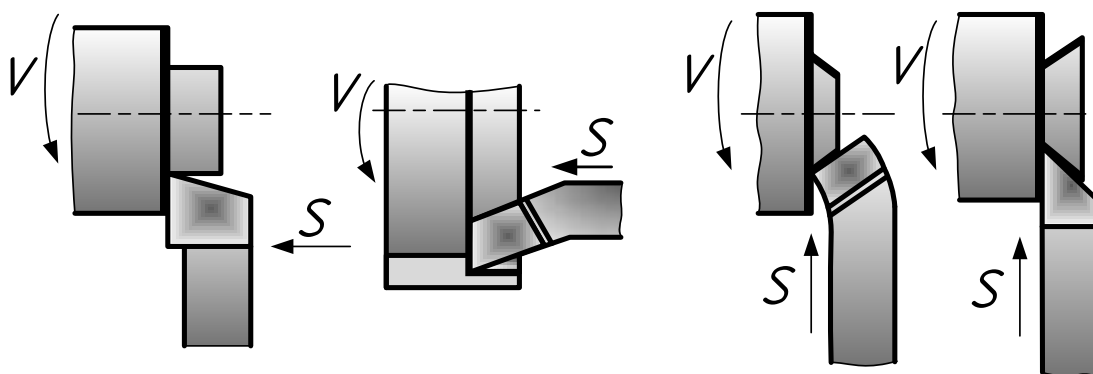


Рисунок 5.2 – Обработка упорными проходными и подрезными токарными резцами

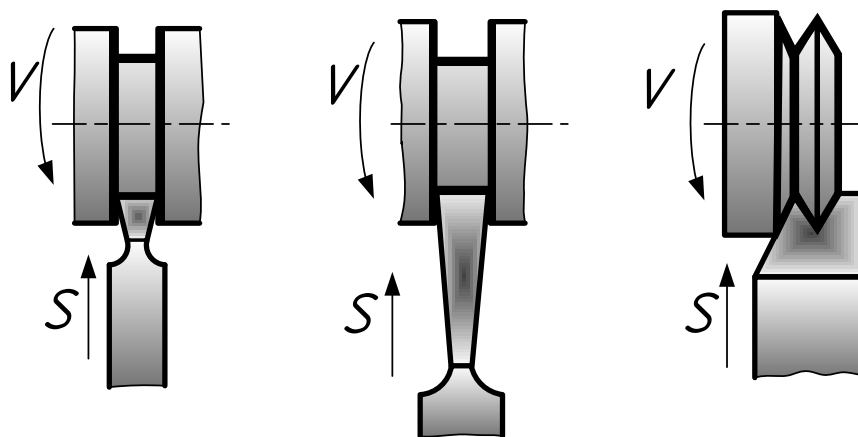


Рисунок 5.3 – Обработка отрезными, канавочными и фасонными токарными резцами

Различают также вспомогательные движения, которые не имеют непосредственного отношения к процессу резания, но обеспечивают транспортирование и закрепление заготовки на станке, его включение и изменение частоты вращения заготовки или скорости поступательного движения инструмента и др.

Режущая часть резцов изготавливается из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, в последнее время чаще стали использовать металлокерамические сплавы, эльбор или алмаз.

В последнее время на токарных станках часто проводят технологические операции, не связанные с точением: обкатывание (раскатывание) роликами и шариками, выглаживание алмазным инструментом, электромеханическую обработку (ЭМО), наплавку и напыление металлов.

5.2.2 Механическая обработка отверстий на сверлильных станках

Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий, рассверливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы.

Сверление – основной технологический способ образования отверстий в сплошном материале обрабатываемой заготовки. Сверлением могут быть получены как сквозные, так и глухие отверстия (рисунок 5.4). При сверлении используют стандартные сверла. Отверстия диаметром больше 30 мм в сплошном материале обычно сверлят двумя сверлами (первое – диаметром 12–15 мм, второе – в размер отверстия). Точность отверстий, полученных сверлением, находится в пределах 12–14 квалитетов.

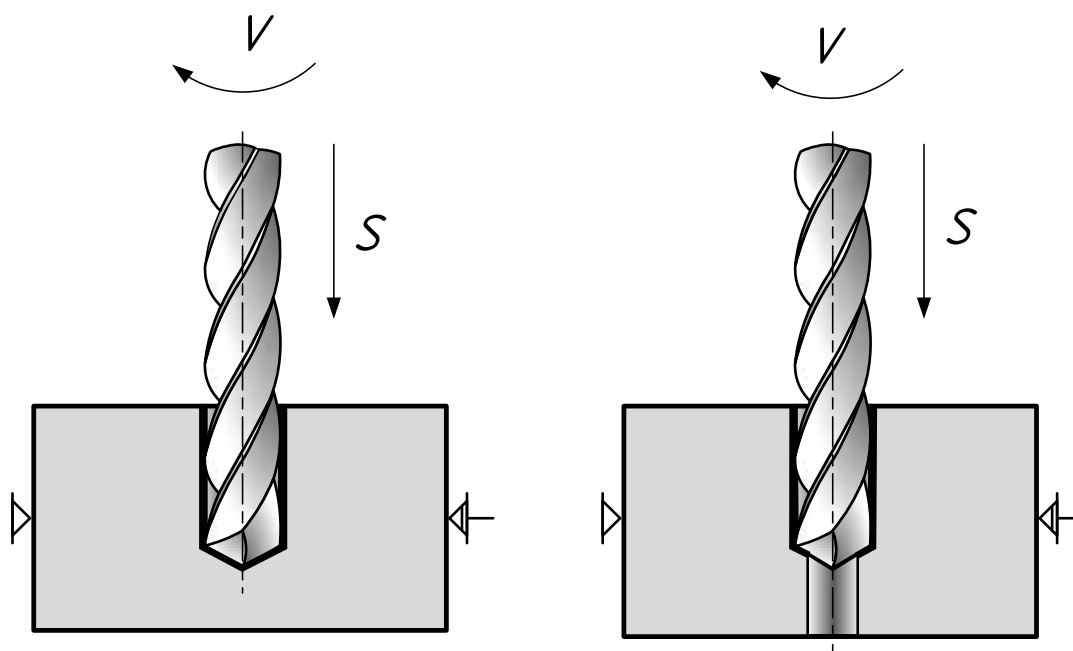


Рисунок 5.4 – Сверление глухих и сквозных отверстий

Рассверливание выполняют для увеличения диаметра отверстия, полученного литьем, ковкой, штамповкой или сверлением.

Зенкерование – технологический способ обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных литьем или штамповкой. Зенкерование осуществляется зенкером (рисунок 5.5). В отличие от рассверливания зенкерование обеспечивает большую производительность и точность обработки (10–11 квалитет).

Зенкерование может быть и окончательной операцией при обработке просверленных отверстий по 11–13 квалитетам или для полустойковой обработки перед развертыванием.

Зенкер отличается от сверла более жесткой рабочей частью, отсутствием поперечной режущей кромки и увеличенным числом зубьев.

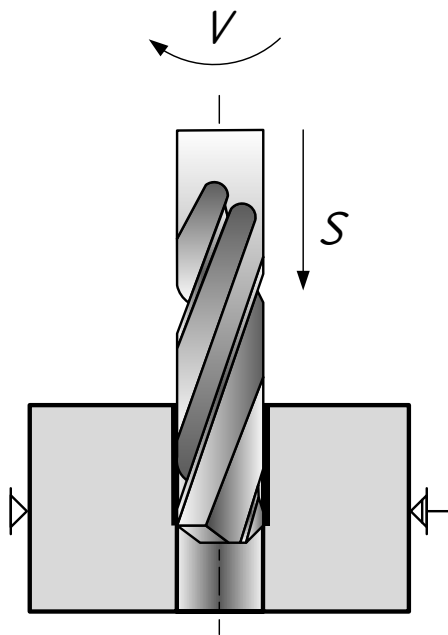


Рисунок 5.5 – Зенкерование отверстий

Развертывание – технологический способ окончательной обработки предварительно обработанных отверстий в целях получения точных по форме и диаметру цилиндрических и конических отверстий (6–9 квалитет точности) с малой шероховатостью ($R_a = 0,32–1,25$ мкм). В качестве инструмента используют развертки, имеющие четное число режущих кромок (рисунок 5.6). Развертки являются многолезвийным инструментом, срезающим очень тонкие слои с обрабатываемой поверхности.

Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, а свыше 10 мм – после сверления и зенкерования.

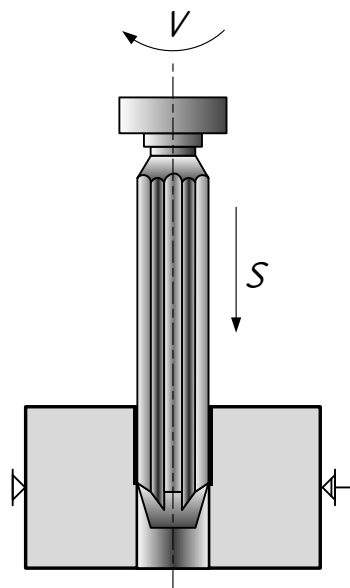


Рисунок 5.6 – Развертывание отверстий

5.2.3 Обработка на фрезерных станках

Фрезерование является одним из высокопроизводительных и распространенных методов обработки металлов резанием.

Этот процесс обеспечивает точность обработки в пределах 8–10 квалитетов и шероховатость поверхности $R_a = 10–1,25$ мкм.

По технологическому признаку различают фрезы для обработки:

- плоскостей;
- пазов;
- шлицев;
- фасонных поверхностей и др.

По конструктивным признакам фрезы подразделяют:

- по расположению зубьев: торцовые, цилиндрические, дисковые, двусторонние, угловые, фасонные, концевые и др.;
- по конструкции зуба;
- по направлению зуба;
- по конструкции фрезы (цельная, сборная);
- по способу крепления;
- по виду инструментального материала.

Основные типы фрез и схемы фрезерования показаны на рисунках 5.7–5.11.

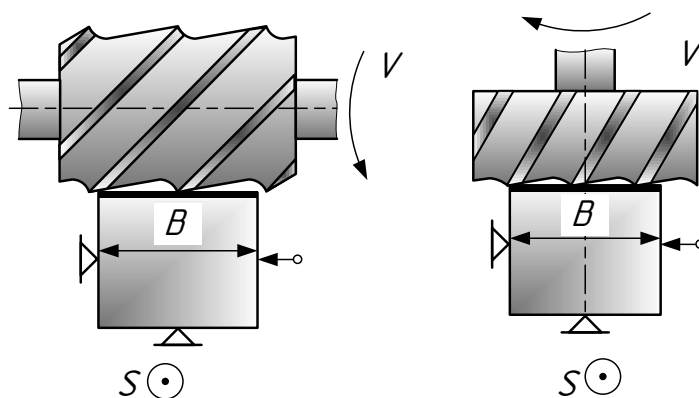


Рисунок 5.7 – Обработка горизонтальной плоскости цилиндрической фрезой и торцевой фрезой

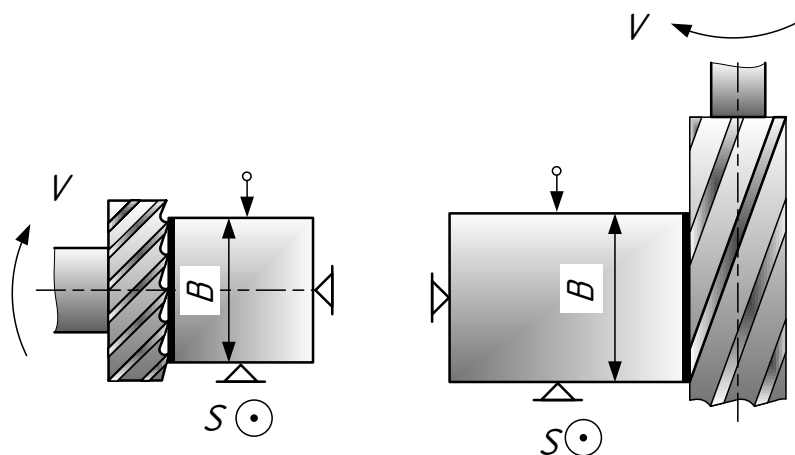


Рисунок 5.8 – Обработка вертикальной плоскости торцевой фрезой и концевой фрезой

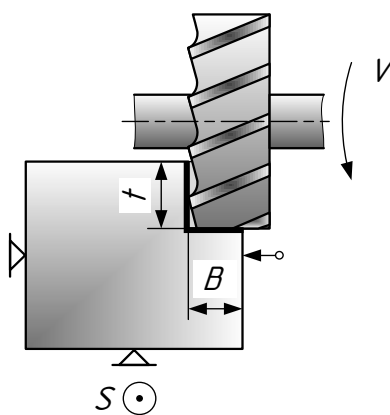


Рисунок 5.9 – Обработка уступа концевой фрезой

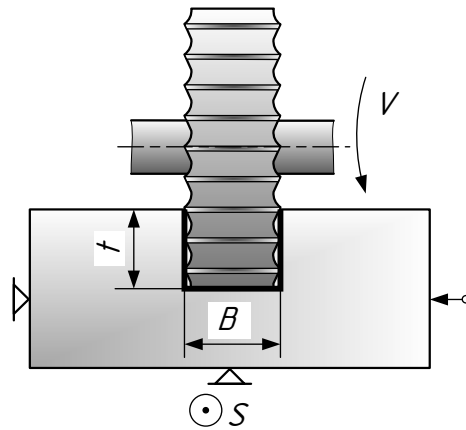


Рисунок 5.10 – Обработка прямоугольного паза дисковой прорезной фрезой

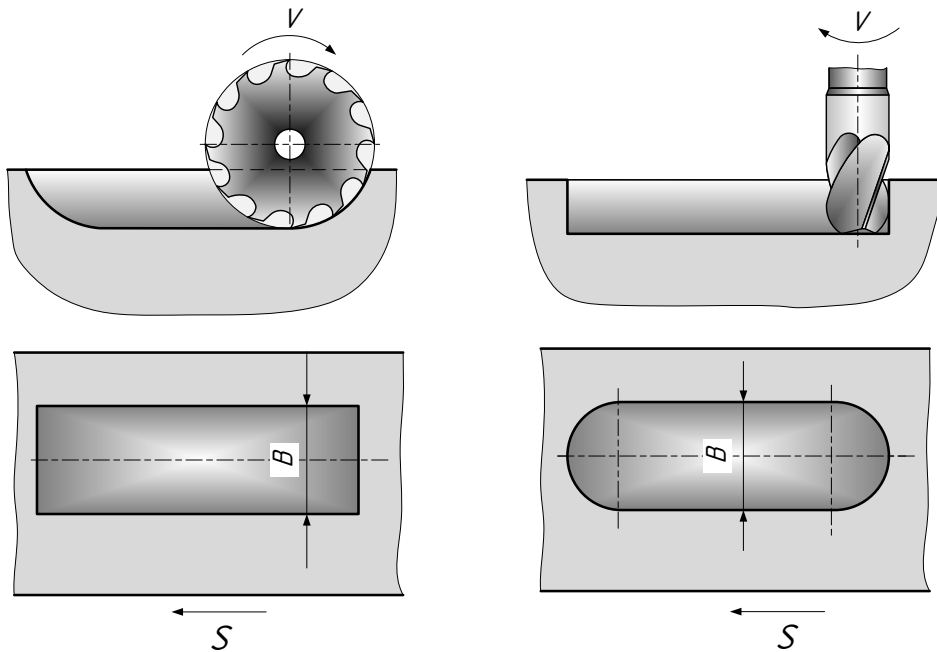


Рисунок 5.11 – Обработка шпоночного паза дисковой и концевой фрезой

На фрезерных станках можно обрабатывать наружные и внутренние поверхности различной конфигурации, прорезать прямые и винтовые канавки, нарезать наружные и внутренние резьбы, обрабатывать зубчатые колеса и т. п. Наиболее распространенными типами фрезерных станков являются консольные универсальные горизонтально- и вертикально-фрезерные.

В ремонтном производстве наиболее распространены консольные фрезерные станки. Универсальный консольный горизонталь-

но-фрезерный станок имеет горизонтальный шпиндель, выдвижной хобот, на который устанавливают фрезу. Консоль перемещается по направляющей стойке. На консоли расположены салазки и стол.

Для фрезерных станков характерны исполнительные движения: непрерывного вращательного движения инструмента, определяющего скорость резания, и прямолинейного, кругового или винтового движения подачи. При этом движение подачи сообщается столу, на котором закреплена деталь, режет инструменту.

5.3 Определение параметров точения, сверления и фрезерования

Для обработки детали необходимо установить наиболее рациональные *режимы резания*, т.е. скорость резания, подачу и глубину резания.

Определение параметров производится в соответствии с рекомендациями раздела 5.1.

1. Выбор режущего инструмента.

При выборе режущего инструмента назначают его тип, размеры, материал и геометрические параметры режущей части в зависимости от обрабатываемой поверхности, материала, выбранного оборудования, используемых приспособлений и оснастки.

2. Определение глубины резания и количества проходов.

Глубина резания t определяется по формулам (5.2) и (5.3), число проходов – по формуле (5.1) с учетом таблиц 1.1–1.9.

3. Назначение подачи.

Подачу для черновых и для чистовых операций определяют по таблицам 5.1–5.10. Затем подачу обязательно корректируют по паспорту станка.

При фрезеровании различают подачу на один зуб s_z , подачу на один оборот фрезы $s_{об}$ и подачу минутную s_m , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$s_m = s_{об}n = s_zzn, \quad (5.4)$$

где n – частота вращения фрезы, мин^{-1} ;
 z – число зубьев фрезы.

Таблица 5.1 – Подачи при черновом наружном точении деталей резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Подача s , мм/об, при глубине резания t , мм				
		До 3	Свыше 3 до 5	Свыше 5 до 8	Свыше 8 до 12	Свыше 12
<i>Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная</i>						
До 20	От 16 × 25 до 25 × 25	0,3–0,4	–	–	–	–
Свыше 20 до 40	От 16 × 25 до 25 × 25	0,4–0,5	0,3–0,4	–	–	–
Свыше 40 до 60	От 16 × 25 до 25 × 40	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7	–	–
Свыше 60 до 100	От 16 × 25 до 25 × 40	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5–0,9	0,4–0,8	–
Свыше 100 до 400	От 16 × 25 до 25 × 40	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	–
Свыше 400 до 500	От 20 × 30 до 40 × 60	1,1–1,4	1,0–1,3	0,7–1,2	0,6–1,2	0,4–1,1
Свыше 500 до 600	От 20 × 30 до 40 × 60	1,2–1,5	1,0–1,4	0,8–1,3	0,6–1,3	0,1–1,2
<i>Чугун и медные сплавы</i>						
До 20	От 16 × 25 до 25 × 25	–	–	–	–	–
Свыше 20 до 40	От 16 × 25 до 25 × 25	0,4–0,5	–	–	–	–
Свыше 40 до 60	От 16 × 25 до 25 × 40	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7	–	–
Свыше 60 до 100	От 16 × 25 до 25 × 40	0,8–1,4	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	–
Свыше 100 до 400	От 16 × 25 до 25 × 40	1,0–1,5	0,8–1,9	0,8–1,1	0,6–0,9	–
Свыше 400 до 500	От 20 × 30 до 40 × 60	1,3–1,6	1,2–1,5	1,0–1,2	0,7–0,9	–

Таблица 5.2 – Подачи при черновом растачивании деталей на токарных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Диаметр круглого сечения резца мм	Вылет резца или оправки, мм	Подача s , мм/об, при глубине резания t , мм		
		2	3	5
<i>Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная</i>				
10	50	0,08	–	–
12	60	0,10	0,08	
16	80	0,1–0,2	0,15	0,1
20	100	0,5–0,3	0,15–0,25	0,12
25	125	0,25–0,5	0,15–0,4	0,12–0,2
30	150	0,4–0,7	0,2–0,5	0,12–0,3
40	200	–	0,25–0,6	0,15–0,4
<i>Чугун и медные сплавы</i>				
10	50	0,12–0,16	–	–
12	60	0,12–0,20	0,12–0,18	
16	80	0,20–0,30	0,15–0,25	0,1–0,18
20	100	0,3–0,4	0,25–0,35	0,12–0,25
25	125	0,4–0,6	0,3–0,5	0,25–0,35
30	150	0,5–0,8	0,4–0,6	0,25–0,45
40	200	–	0,6–0,8	0,3–0,8

Таблица 5.3 – Подачи при прорезании пазов и отрезании деталей на токарных станках

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная	Чугун, медные и алюминевые сплавы
		Подача s , мм/об	
До 20	3	0,06–0,08	0,11–0,14
Свыше 20 до 40	3–4	0,10–0,12	0,16–0,19
Свыше 40 до 60	4–5	0,13–0,16	0,20–0,24
Свыше 60 до 100	5–8	0,16–0,23	0,24–0,32
Свыше 100 до 150	6–10	0,18–0,26	0,30–0,40
Свыше 150	10–15	0,28–0,36	0,40–0,55
Примечания			
1. При отрезании сплошного материала диаметром больше 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения подачи следует уменьшать на 40–50 %.			
2. Для закаленной конструкционной стали табличные значения подачи уменьшают на 30 % при $HRC < 50$ и на 50 % при $HRC > 50$.			

Таблица 5.4 – Поддачи для чистовой обработки деталей на токарных станках резцами

Параметр шероховатости	Обрабатываемый материал	Радиус r при вершине резца, мм		
		0,5	1,0	2,0
		Подача s , мм/об		
R_z40	Сталь углеродистая и легированная	0,30–0,50	0,45–0,50	0,5–0,70
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	0,25–0,40	0,40–0,50	0,50–0,60
R_z20	Сталь углеродистая и легированная	0,18–0,25	0,25–0,30	0,30–0,40
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	0,15–0,25	0,25–0,40	0,40–0,60
$R_a2,5$	Сталь углеродистая и легированная	0,10–0,11	0,11–0,16	0,15–0,25
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	0,10–0,15	0,15–0,20	0,20–0,35

Таблица 5.5 – Поддачи при сверлении, зенкерования и развертывании стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов инструментами из быстрорежущей стали

Диаметр инструмента D , мм	Сталь и стальное литье					
	$\sigma_B \leq 800 \text{ МПа}$			$\sigma_B > 800 \text{ МПа}$		
	сверление	зенкерование	развертывание	сверление	зенкерование	развертывание
Подача, мм/об						
До 2	0,05–0,06			0,04–0,05		
Свыше 2 до 6	0,08–0,18	–	–	0,06–0,12	–	–
Свыше 6 до 10	0,18–0,28			0,8		
Свыше 10 до 15	0,25–0,35	0,5–0,6	0,9	0,19–0,26	0,5–0,6	0,9
Свыше 15 до 20	0,34–0,43	0,6–0,7	1,0	0,25–0,32	0,6–0,7	1,0
Свыше 20 до 25	0,30–0,47	0,7–0,9	1,1	0,29–0,35	0,7–0,9	1,1
Свыше 25 до 30	0,45–0,55	0,8–1,0	1,2	0,32–0,40	0,8–1,0	1,2
Свыше 30 до 40	0,55–0,60	0,9–1,2	1,4	0,35–0,40	0,9–1,2	1,4
Свыше 40 до 50	0,60–0,65	1,0–1,3	1,5	0,40–0,45	1,0–1,3	1,5
Свыше 50 до 60	0,65–0,70	1,1–1,3	1,7	0,45–0,50	1,1–1,3	1,7
Свыше 60 до 80	–	1,2–1,5	2,0	–	1,2–1,5	2,0

Продолжение таблицы 5.5

Диаметр инструмента D , мм	Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы					
	$HB \leq 200$			$HB > 200$		
	сверление	зенкерование	развертывание	сверление	зенкерование	развертывание
До 2	0,09–0,11	–	–	0,05–0,07	–	–
Свыше 2 до 6	0,18–0,33	–	–	0,11–0,22	–	–
Свыше 6 до 10	0,36–0,57	–	2,2	0,22–0,34	–	1,7
Свыше 10 до 15	0,52–0,70	0,7–0,9	2,4	0,31–0,42	0,5–0,6	1,9
Свыше 15 до 20	0,65–0,86	0,9–1,1	2,6	0,40–0,53	0,6–0,75	2,0
Свыше 20 до 25	0,78–0,96	1,0–1,2	2,7	0,47–0,57	0,7–0,8	2,2
Свыше 25 до 30	0,90–1,05	1,1–1,3	3,1	0,54–0,66	0,8–0,9	2,4
Свыше 30 до 40	1,00–1,10	1,2–1,7	3,3	0,36–0,70	0,9–1,0	2,6
Свыше 40 до 50	1,10–1,15	1,6–2,0	3,8	0,68–0,75	1,0–1,2	3,1
Свыше 50 до 60	1,15–1,20	1,8–2,2	4,3	0,72–0,80	1,2–1,5	3,4
Свыше 50 до 80	–	2,0–2,4	5,0	–	1,4–1,7	3,8

Примечания

1. Приведенную для сверления подачу применяют при сверлении отверстий в жестких деталях с допуском не выше 12–13 квалитета под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом при глубине сверления $L < 5D$. Подачу следует уменьшать: при $L = 5D$ на 10 %, при $L = 7D$ на 20 %, при $L = 10D$ на 25 %. Подачу также следует уменьшать при сверлении точных отверстий под последующую обработку развертками или под нарезание резьбы метчиками, при сверлении центровочными сверлами, при сверлении отверстий в деталях малой жесткости и с неустойчивыми опорными поверхностями, вводя коэффициент 0,5.
2. Приведенную для зенкерования подачу применяют, когда допуск на отверстие не превышает 12–13 квалитета или под последующую обработку зенкером и разверткой или двумя развертками. Подачу следует уменьшать при зенкеровании отверстий по 8–11 квалитету с малой глубиной резания, при повышенных требованиях к шероховатости поверхности, при последующей обработке одной разверткой или нарезании резьбы метчиком, вводя коэффициент 0,7.
3. Приведенную для развертывания подачу применяют при предварительном (черновом) развертывании под последующий чистовой проход разверткой. Подачу следует уменьшать:
 - а) при чистовом развертывании отверстий за один проход по 8–11 квалитету или с поверхностью с шероховатостью $R_a 20$ – $R_a 2,5$, а также при развертывании отверстий под полирование или хонингование, вводя коэффициент 0,8;
 - б) при чистовом развертывании после предварительного развертывания отверстий по 6–7 квалитету или с шероховатостью $R_a 2,5$ – $R_a 1,25$.
4. Для твердосплавных зенкеров подача такая же, как для зенкеров из быстрорежущей стали, для сверл и разверток – на 40 % меньше.
5. При рассверливании подачу для сверления с учетом коэффициентов увеличивают в 2 раза.

Таблица 5.6 – Подачи при черновом фрезеровании плоскостей и уступов торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами с пластинками из твердого сплава

Мощность станка, кВт	Сталь		Чугун и медные сплавы	
	Подача на зуб S_z при марке твердого сплава, мм/зуб			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5–10	0,09–0,18	0,12–0,18	0,14–0,24	0,20–0,29
Свыше 10	0,12–0,18	0,16–0,24	0,18–0,28	0,25–0,38

Примечания

1. Приведенные значения подач действительны для цилиндрических фрез при ширине фрезерования $B \leq 30$ мм; при $B > 30$ мм табличные значения подач уменьшают на 30 %.
2. При фрезеровании пазов дисковыми фрезами приведенные в таблице подачи уменьшают в 2 раза.
3. При фрезеровании с приведенными в таблице подачами достигается шероховатость $R_{a2,5} - R_{a1,25}$.

Таблица 5.7 – Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка, кВт	Жесткость системы деталь - приспособление	Фрезы цельные с крупным зубом или со вставными ножами			
		торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на зуб s_z при обработке, мм/зуб			
		стали	чугуна и медных сплавов	стали	чугуна и медных сплавов
Свыше 10	Повышенная	0,20–0,30	0,40–0,60	0,40–0,60	0,60–0,80
	Средняя	0,15–0,25	0,30–0,50	0,30–0,40	0,40–0,60
	Пониженная	0,10–0,15	0,20–0,30	0,25–0,30	0,25–0,40
5–10	Повышенная	0,12–0,20	0,30–0,50	0,12–0,20	0,20–0,30
	Средняя	0,08–0,15	0,20–0,40		
	Пониженная	0,06–0,10	0,15–0,25	0,10–0,15	0,12–0,20
До 5	Средняя	0,04–0,06	0,15–0,30	0,06–0,10	0,10–0,15
	Пониженная		0,10–0,20		
Мощность станка, кВт	Жесткость системы деталь - приспособление	Фрезы цельные с мелким зубом			
		торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на зуб s_z при обработке, мм/зуб			
		стали	чугуна и медных сплавов	стали	чугуна и медных сплавов
5–10	Повышенная	0,08–0,12	0,20–0,35	0,10–0,15	0,12–0,20
	Средняя	0,06–0,10	0,15–0,30	0,06–0,10	0,10–0,15
	Пониженная	0,04–0,08	0,10–0,20	0,06–0,08	0,08–0,12
До 5	Средняя	0,04–0,06	0,12–0,20	0,03–0,06	0,05–0,10
	Пониженная		0,08–0,15		

Таблица 5.8 – Поддачи при фрезеровании концевыми, угловыми, прорезными и отрезными фрезами из быстрорежущей стали стальных деталей

Диаметр фрезы D , мм	Типы фрез	Подача на зуб s_z , мм/зуб при глубине фрезерования t , мм			
		3	5	6	8
16	Концевые	0,08–0,05	0,06–0,05	–	–
20		0,10–0,06	0,07–0,04		
25		0,12–0,07	0,09–0,05	0,08–0,04	
35		0,16–0,10	0,12–0,07	0,10–0,05	
35	Фасонные полу-круглые и угловые	0,08–0,04	0,07–0,05	0,06–0,04	
40	Концевые	0,20–0,12	0,14–0,08	0,12–0,07	0,08–0,05
	Фасонные полу-круглые и угловые	0,09–0,05	0,07–0,05	0,06–0,03	0,06–0,03
	Прорезные	0,009–0,005	0,007–0,003	0,01–0,007	–
50	Концевые	0,25–0,15	0,15–0,10	0,13–0,08	0,10–0,07
	Фасонные полу-круглые и угловые	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,03
	Прорезные	0,010–0,006	0,008–0,004	0,012–0,008	0,012–0,008
60	Фасонные полу-круглые и угловые	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,04
	Прорезные	0,013–0,008	0,01–0,005	0,015–0,01	0,015–0,01
	Отрезные	–	–	0,025–0,015	0,022–0,12
75	Фасонные полу-круглые и угловые	0,12–0,08	0,10–0,06	0,09–0,05	0,07–0,05
	Прорезные	–	0,015–0,005	0,025–0,01	0,022–0,01
	Отрезные		–	0,03–0,015	0,027–0,012

Таблица 5.9 – Поддачи при фрезеровании плоскостей и уступов твердосплавными концевыми фрезами

Вид фрезы	Диаметр фрезы D , мм	Подача на зуб s_z , мм/зуб, при глубине фрезерования t , мм			
		1 – 3	5	8	12
С коронкой	10–12	0,03–0,025	–	–	–
	14–18	0,06–0,04	0,04–0,03		
	18–22	0,08–0,05	0,06–0,04	0,04–0,03	
С винтовыми пластинками	20–25	0,12–0,07	0,10–0,05	0,10–0,03	0,08–0,05
	30–40	0,18–0,10	0,12–0,08	0,10–0,06	0,10–0,05
	50–60	0,20–0,10	0,16–0,10	0,12–0,08	0,12–0,06

Примечание–Приведенные значения подач обеспечивают получение обработанной поверхности в пределах $R_z20-R_a2,5$.

Таблица 5.10 – Поддачи при чистовом фрезеровании плоскостей торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами

Параметр шероховатости	Типы фрез							
	Торцовые и дисковые со вставными ножами		Цилиндрические из быстрорежущей стали при обрабатываемом материале и диаметре, мм					
	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	Сталь и стальное литье			Чугун, медные и алюминиевые сплавы		
			40–75	90–130	150–200	40–75	90–130	150–200
	Поддача на один оборот фрезы s , мм/об							
R_z40	–	1,2–2,7	–					
R_z20	0,5–1,0	0,5–1,2	1,0–2,7	1,7–3,8	2,3–5,0	1,0–2,3	1,4–3,0	1,9–3,7
$R_a2,5$	0,4–0,6	0,23–0,5	0,6–1,5	1,0–2,1	1,3–2,8	0,6–1,3	0,8–1,7	1,1–2,1

Таблица 5.11 – Число зубьев фрез

Материал режущей части – быстрорежущая сталь		Материал режущей части – твердый сплав	
Диаметр фрезы D , мм	Число зубьев z	Диаметр фрезы D , мм	Число зубьев z
Цилиндрические фрезы			
50	6, 12	63	8
63	8, 14	96	8
80	10, 16	100	10
100	12, 18	125	12
Торцовые фрезы			
40	10	100	10
50	12	125	12
63	8, 14	160	16
80	10, 16	200	20
100	10, 18	250	24
125	14	315	30
160	20		
250	26		
Шпоночные фрезы			
16, 18, 20, 22, 24, 28	3	12, 14, 16, 18, 20, 22	3
Концевые фрезы из быстрорежущей стали			
2; 2,5	3	25, 32	5
3; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11	4	40, 50	6
12, 14, 16	5	63	8
18, 20, 22, 25, 28	6	80	10

Таблица 5.12 – Число зубьев трехсторонних фрез (для прорезания пазов)

Диаметр фрезы D , мм	Ширина паза, мм	Число зубьев z
Материал режущей части – быстрорежущая сталь		
50	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	14
63	8, 9, 10, 12, 14, 16	16
80	12, 14, 16, 18, 20	18
100	16, 18, 20, 22, 25	20
Материал режущей части – твердый сплав		
100	14, 18, 22	8
125	12, 16, 20, 25	10
160	14, 18, 22, 28	12
200	12, 16, 20, 25, 32	14
250	14, 18, 22, 28	18
315	16, 20, 25, 32, 40	20

4. Определение периода стойкости инструмента.

Средний период стойкости для одноинструментальной обработки на токарных станках составляет $T = 60$ мин. Средний период стойкости для каждого вида инструмента и условий обработки определяют по таблицам 5.13, 5.14.

Таблица 5.13 – Средние значения периода стойкости фрез

Фрезы	Стойкость T , мин, при диаметре фрезы, мм												
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400	
Торцовые	–		120	180				240		300	400		
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом	–			180				240	–				
Цилиндрические цельные с мелким зубом	–		120	180			–						
Дисковые	–				120		150	180	240	–			
Концевые	80	90	120	180									
Прорезные и отрезные	–				60	75	120	150	–				
Фасонные	–		120		180		–						

Таблица 5.14 – Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

Операция	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость T , мин, при диаметре инструмента, мм								
			до 5	6–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–80	
Сверление	Сталь конструкционная	Быстро-режущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	–	
Рассверливание			6	8	15	25	–	–	–		
Сверление и рассверливание	Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы	Твердый сплав	20	35	60	75	110	140	170		
Зенкерование	Сталь конструкционная	Быстро-режущая сталь, твердый сплав	–	–	30	40	50	60	80	100	
	Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы	Быстро-режущая сталь, твердый сплав			–	–	–	–	–	–	–
Развертывание	Сталь конструкционная	Быстро-режущая сталь	–	–	40	80		120			
		Твердый сплав			20	30	50	70	90	110	140
	Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы	Быстро-режущая сталь			–	60	120		180		
		Твердый сплав				45	75	105	135	165	210

5 Определение скорости резания.

Для точения и растачивания ее находят по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v; \quad (5.5)$$

для сверления и рассверливания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v; \quad (5.6)$$

для фрезерования:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (5.7)$$

где v – скорость резания, м/мин;

C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый металл и условия его обработки (таблицы 5.15–5.17);

T – стойкость режущего инструмента, мин;

m – показатель относительной стойкости (таблицы 5.15–5.17);

t – глубина резания, мм;

s – подача, мм/об;

s_z – подача на зуб, мм/зуб;

D – диаметр сверла, зенкера, фрезы, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы;

q, x, y, u, p – показатели степени (таблицы 5.15–5.17);

K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу:

$$K_v = K_m K_n K_w K_\varphi K_{\varphi l} K_r K_q K_o, \quad (5.8)$$

где $K_m, K_n, K_w, K_\varphi, K_{\varphi l}, K_r, K_q, K_o$ – коэффициенты, учитывающие влияние определенного фактора на скорость резания (таблицы 5.18–5.24).

Таблица 5.15 – Значения коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи, мм	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
<i>Обработка конструкционной и углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	s до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		s Свыше 0,3 до 0,7	350		0,35	
		$s > 0,7$	340		0,45	
Отрезание	Т5К10*	–	47	–	0,80	0,20
	Р18**		23,7		0,66	0,25
Фасонное точение	Р18**		22,7		0,50	0,30
<i>Обработка серого чугуна, HB190</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6*	$s \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	243		0,40	
Отрезание	BK6*	–	68,5	–	0,40	0,20
<i>Обработка ковкого чугуна, HB 150</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8*	$s \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	215		0,45	
Отрезание	BK6*	–	86	–	0,4	0,20
<i>Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, HB100–140</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	Р18*	$s \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$s > 0,20$	182		0,30	
<i>Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100–200$ МПа, HB ≤ 65; дюралюминия, $\sigma_B = 300–400$ МПа, HB ≤ 100</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	Р18*	$s \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$s > 0,20$	328		0,50	
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> *Без охлаждения. **С охлаждением. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твердого сплава Т15К6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 – при нормализации, 0,9 – при отжиге, 0,8 – при улучшении. Подача s в мм/об. 						

Таблица 5.16 – Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача s , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение	
			C_V	q	y	m		
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть	
		$> 0,2$	9,8		0,50			
Сталь жаропрочная 12X18H9T, HB140		–	3,5	0,50	0,45	0,12		
Чугун серый, HB190		VK8	$\leq 0,3$	17,1	0,25	0,55	0,125	Нет
			$> 0,3$	14,7		0,40		
		–	34,2	0,45	0,30	0,20		
Чугун ковкий, HB150	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,125	Есть	
		$> 0,3$	25,3		0,40			
	VK8	–	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет	
Медные гетерогенные сплавы средней твердости (HB 100–140)	P6M5	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125	Есть	
		$> 0,3$	32,6		0,40			
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B = 100\text{--}200 \text{ МПа}$, HB ≤ 65 ; дюралюминий, HB ≤ 100		$\leq 0,3$	36,3		0,55			
		$> 0,3$	40,7		0,40			

Примечание – Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент $K_{ЗВ} = 0,75$.

Таблица 5.17 – Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операция фрезерования	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент в формуле и показатели степени скорости резания					
			B	t	s_z	C_V	q	x	y		
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа</i>											
Дисковые со вставными ножами	P6M5	Плоскости, уступы и пазы	–	–	<0,1	75,5	0,25	0,3	0,2		
					>0,1	48,5			0,4		
Дисковые цельные	P6M5		–	–		68,5			0,2		
Цилиндрические	T15K6	Плоскости	≤ 35	≤ 2	$\geq 0,15$	390	0,17	0,19	0,28		
				> 2		443					
			> 35	≤ 2	616	0,19					
				> 2	700	0,38					
P6M5			–	–	$\leq 0,1$	55	0,45	0,3	0,2		
					$> 0,1$	35,4			0,4		
Дисковые со вставными ножами	T15K6	Плоскости и уступы	–	–	<0,12	1340	0,2	0,4	0,12		
					$\geq 0,12$	740			0,4		
		Пазы	–	–	<0,06	1825		0,3	0,12		
					$\geq 0,06$	690			0,4		
Концевые	P18	Плоскости и уступы	–	–	–	46,7	0,45	0,5	0,5		
Шпоночные двухперые		Шпоночные пазы	–	–	–	12	0,3	0,3	0,25		
<i>Обработка серого чугуна, HB 150</i>											
Торцовые	ВК6	Плоскости	–	–	–	445	0,2	0,15	0,35		
	P18					42		0,1	0,4		
Цилиндрические	ВК6					$< 2,5$	$\leq 0,2$	923	0,37	0,13	0,19
							$> 0,2$	588			
		$\geq 2,5$	$\leq 0,2$	1180	0,4	0,19					
			$> 0,2$	750			0,47				
P18	Плоскости, уступы и пазы	–	–	–	$\leq 0,15$	57,6		0,7	0,2		
					$> 0,15$	27	0,6				
Дисковые со вставными ножами	P18	Плоскости и уступы	–	–	–	85	0,2	0,5	0,4		
Концевые						72	0,7		0,2		

Продолжение таблицы 5.17

Фрезы	Материал режущей части	Операция фрезерования	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент в формуле и показатели степени скорости резания				
			B	t	s_z	u	p	m		
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа</i>										
Дисковые со вставными ножами	P6M5	Плоскости, уступы и пазы	–	–	<0,1	0,1	0,1	0,2		
Дисковые цельные	P6M5				>0,1					
Цилиндрические	T15K6	Плоскости	≤35	≤2	≥0,15	–0,05	0,1	0,33		
				>2						
	P6M5		>35	≤2	0,08					
			–	>2	0,1					
Дисковые со вставными ножами	T15K6	Плоскости и уступы	–	–	<0,12	0	0	0,35		
		Пазы			≥0,12					
		Концевые	P18	Плоскости и уступы	–	–	<0,06	0,1	0,1	0,33
							Шпоночные пазы			
Шпоночные двухперые			–	–	–	0	0	0,26		
<i>Обработка серого чугуна, HB 150</i>										
Торцовые	BK6	Плоскости	–	–	–	0,2	0	0,32		
	P18					0,1	0,1	0,15		
Цилиндрические	BK6					<2,5	≤0,2	0,23	0,14	0,42
						≥2,5	>0,2			
	P18	Плоскости, уступы и пазы	–	–	≤0,15	0,3	0,3	0,25		
					>0,15					
Дисковые со вставными ножами			–	–	–	0,1	0,1	0,15		
Концевые		Плоскости и уступы				0,3	0,3	0,25		

Таблица 5.18 – Поправочный коэффициент K_M , учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента		
	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	
	Расчетная формула		
Сталь конструкционная углеродистая и легированная	$K_M = \frac{750}{\sigma_s}$	$K_M = C_M \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^n$	
Чугун	серый	$K_M = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,25}$	$K_M = \left(\frac{190}{HB} \right)^n$
	ковкий	$K_M = \left(\frac{150}{HB} \right)^{1,25}$	$K_M = \left(\frac{150}{HB} \right)^n$
<p>Примечание</p> <p>1. Значения коэффициента C_M, учитывающего группу стали, и показатель степени n приведены в таблице 5.19.</p> <p>2. Значения σ_s в МПа.</p>			

Таблица 5.19 – Значения коэффициента C_M и показателя степени n в формулах для расчета скорости резания (см. таблицу 5.18)

Обрабатываемый материал	Коэффициент обрабатываемости C_M	Показатель степени n при		
		точении	сверлении и рассверливании	фрезеровании
Сталь: углеродистая ($C \leq 0,6\%$)	1,0	1,75*	0,9**	0,9**
никелевая	1,0	1,75	0,9	1,0
хромистая	0,8			1,45
хромоникелевая	0,9			1,35
углеродистая ($C > 0,6\%$), марганцовистая и хромоникельвольфрамовая	0,8	1,75		1,0
хромомолибденовая, хромоникельмолибденовая, хромоалюминиевая, хромомолибденоалюминиевая	0,7	1,25		
хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмарганцовистая			1,50	
Чугун: серый	–	1,70	1,3	0,95
ковкий	–			0,85
*При $\sigma_s < 450$ МПа показатель степени $n = -1,0$.				
**При $\sigma_s < 550$ МПа показатель степени $n = -0,9$.				

Таблица 5.20 – Поправочный коэффициент K_M , учитывающий влияние физико-механических свойств алюминиевых сплавов на скорость резания

Группы сплавов		
Силумин и литейные сплавы $\sigma_s = 200\text{--}300$ МПа, HB > 65 (закаленные). Дуралюмин $\sigma_s = 200\text{--}300$ МПа, HB > 100 (закаленный)	Силумин и литейные сплавы $\sigma_s = 100\text{--}200$ МПа, HB ≤ 65. Дуралюмин $\sigma_s = 200\text{--}300$ МПа, HB > 65	Дуралюмин $\sigma_s = 200\text{--}300$ МПа
Коэффициент K_M		
0,8	1,0	1,2

Таблица 5.21 – Поправочный коэффициент K_n на скорость резания, учитывающий состояние поверхности заготовки

Состояние поверхности заготовки					
Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальное и чугунное литье		Медные и алюминиевые сплавы
			обычное	с загрязненной коркой	
Коэффициент K_n					
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6	0,9

Таблица 5.22 – Поправочный коэффициент K_u , учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента K_u в зависимости от марки инструментального материала						
	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6T	T30K4	BK8
Сталь конструкционная и стальное литье	0,35	0,65	0,8	1,00	1,15	1,4	0,4
Сталь и сплавы жаропрочные	BK8	T5K10	T15K6	P18	–		
	1,0	1,4	1,9	0,3			
Сталь закаленная	<i>HRC35–50</i>				<i>HRC51–62</i>		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Чугун серый и ковкий	BK8	B K6	BK4	BK3	BK2	–	
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25		
Медные и алюминиевые сплавы	P18; P9		BK4	BK6	9XC; XBГ		Y12A
	1,0		2,5	2,7	0,6		0,5

Таблица 5.23 – Поправочные коэффициенты K_φ , $K_{\varphi 1}$, K_r , K_q , учитывающие влияние параметров резца на скорость резания

Главный угол в плане φ , град	Коэффициент K_φ	Вспомогательный угол в плане* φ_1 , град	Коэффициент $K_{\varphi 1}$	Радиус при вершине резца* r , мм	Коэффициент K_r	Сечение державки резца* q , мм	Коэффициент K_q
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12×20 16×16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16×25 20×20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20×30 25×25	1,0
60	0,9	30	0,91	–	–	25×40 30×30	1,04
75	0,8	45	0,87	5	1,13	30×45 40×40	1,08
90	0,7	–	–	–	–	40×60	1,12

* Учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

Таблица 5.24 – Поправочный коэффициент K_o , учитывающий влияние вида обработки на скорость резания

Вид обработки	Схема резания	Отношение диаметров $d : D$	Коэффициент K_o
Наружное точение: продольное		–	1,0
поперечное		0,0–0,4	1,24
		0,5–0,7 0,8–1,0	1,18 1,04
Отрезание		0	1,0
Прорезание		0,5–0,7 0,8–0,95	0,96 0,84

По найденной скорости резания подсчитывают частоту вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \quad (5.9)$$

где n – частота вращения, мин^{-1} ;

D – для точения – диаметр обрабатываемой поверхности (до обработки), для сверления и фрезерования – диаметр режущего инструмента, мм.

Полученное значение уточняется по паспорту станка и принимается ближайшее меньшее из имеющихся (таблицы 5.25, 5.26, 5.27).

Таблица 5.25 – Параметры токарно-винторезных станков

Станок	Токарно-винторезный 16Б16П	Токарно-винторезный 16К20
Наибольший размер обработки, мм	над станиной – $\varnothing 320$, над суппортом – $\varnothing 180$, длина – 1000	над станиной – $\varnothing 400$, над суппортом – $\varnothing 220$, длина – 2000
Частота вращения шпинделя, мин^{-1}	20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 315; 400; 500; 680; 800; 1000; 1250; 1600
Продольные подачи, мм/об	0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 4; 4,8; 5,6
Поперечные подачи, мм/об	0,025; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4
Мощность двигателя главного привода, кВт	6,3	10

Таблица 5.26 – Параметры вертикально-сверлильных станков

Станок	Вертикально-сверлильный 2Н125	Вертикально-сверлильный 2Н135
Наибольший размер обработки, мм	Ø25	Ø35
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400
Вертикальные подачи, мм/об	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Мощность двигателя главного привода, кВт	2,8	4

Таблица 5.27 – Параметры фрезерных станков

Станок	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Горизонтально-фрезерный 6Р82Ш	Вертикально-фрезерный 6Т13
Поверхность стола, мм	320 × 1250	320 × 1250	400 × 1600
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
Продольные подачи, мм/мин	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250
Поперечные подачи, мм/мин	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250
Вертикальные подачи стола, мм/мин	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 214 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 214 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 214 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400
Мощность двигателя главного привода, кВт	7,5	7,5	11

Затем по скорректированному значению n_{cm} подсчитывают действительную скорость резания v_{cm} , которая и заносится в технологическую карту на восстановление (изготовление) детали

$$v_{cm} = \frac{\pi D n_{cm}}{1000}. \quad (5.10)$$

5.4 Определение норм времени на токарные, сверлильные и фрезерные работы

Норма времени определяют по формуле (2.5).

5.4.1 Определение норм времени на токарные работы

После окончательного установления режима резания основное (машинное) время вычисляют по формуле

$$T_O = \frac{Li}{n_{cm}s}, \quad (5.11)$$

где L – расчетная длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега, мм;

i – число проходов;

n_{cm} – частота вращения шпинделя (скорректированное по станку), мин^{-1} ;

s – подача, мм/об.

Расчетную длину обрабатываемой поверхности определяют по формуле:

$$L = l + y, \quad (5.12)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

y – величина врезания и перебега, мм.

Длину обрабатываемой поверхности в направлении подачи определяют по чертежу детали. При наружном продольном точении и

растачивании она равняется длине обрабатываемой поверхности; при поперечном точении, подрезании и отрезании сплошного сечения – половине диаметра детали, а при отрезании и подрезании торца пустотелых деталей – полуразности наружного и внутреннего диаметров. Величины врезания и перебега при токарной обработке резцами показаны в таблице 5.28.

Таблица 5.28 – Величины врезания и перебега при токарной обработке резцами

Тип резцов	Глубина резания, мм, не более							
	1	2	3	4	5	6	8	10
	Врезание и перебег, мм							
Проходные, подрезные и расточные	2	3,5	5	6	7	8	11	13
Отрезные и прорезные	От 2 до 5							

При проточке фасок и галтелей работу выполняют с ручной переменной подачей и без изменения частоты вращения предыдущего или последующего переходов (таблицы 5.29, 5.30).

Таблица 5.29 – Основное время на обработку фасок

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм, не более	Ширина наружной фаски, мм				Ширина внутренней фаски, мм			
	1,0	2,0	3,0	5,0	0,5	1,0	1,5	2,0
	Время, мин							
20	0,05	0,08	0,12		0,06	0,09	0,11	0,13
40	0,08	0,13	0,17		0,10	0,14	0,17	0,21
60	0,10	0,16	0,20	0,28	0,12	0,19	0,24	0,32
80	0,12	0,18	0,23	0,30	0,16	0,22	0,30	0,38
100	0,15	0,22	0,30	0,35	0,19	0,28	0,36	0,42
120	0,18	0,24	0,31	0,39	0,22	0,32	0,41	0,48
160	0,22	0,30	0,40	0,52	0,28	0,36	0,45	0,55
200	0,26	0,33	0,45	0,64	0,33	0,42	0,56	0,75
250		0,46	0,58	0,69		0,48	0,60	0,80
300		0,52	0,71	0,86		0,62	0,92	1,40
500		0,64	0,82	1,06			1,36	1,58

Таблица 5.30 – Основное время на обработку галтелей

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм, не более	Радиус галтелей, мм, не более			Диаметр обрабатываемой поверхности, мм, не более	Радиус галтелей, мм, не более				
	3	5	8		3	5	8	10	15
	Время, мин				Время, мин				
20	0,12	0,18	–	160	0,29	0,35	0,43	0,53	–
40	0,15	0,22		200	0,36	0,45	0,56	0,76	
80	0,19	0,26	0,34	300	0,42	0,55	0,80	1,12	1,51
120	0,24	0,30	0,38	500	0,51	0,72	1,18	1,62	2,06

В таблице 5.31 приведены затраты основного времени на центровку деталей.

Таблица 5.31 – Основное время на центровку деталей при токарной обработке

Диаметр обрабатываемых детали, мм, не более	40	80	120	180	300
Диаметр сверла, мм	3	4	5	6	8
Глубина сверления, мм	7	10	13	15	18
Время, мин	0,08	0,09	0,10	0,13	0,20

После расчета основного времени по всем переходам операции приступают к расчету вспомогательного, дополнительного и подготовительно-заключительного времени.

Установка, выверка и снятие детали включает следующие приемы: взять и установить деталь, вывернуть ее и закрепить; открепить, снять деталь и положить на место, т.е. для операции суммируется основное время на всех переходах и установках, а дополнительное и подготовительно-заключительное времена считаются на операцию в целом. Продолжительность вспомогательного времени, связанного с установкой, выверкой и снятием детали зависит от массы детали, типа приспособления, в которое она будет устанавливаться, наличия и характера выверки, а также от дополнительных действий рабочего на переходах.

Вспомогательное время на установку, выверку и снятие деталей приведено в таблице 5.32.

Таблица 5.32 – Вспомогательное время на установку, выверку и снятие деталей при токарной обработке

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг, не более				
		1	3	5	10	30
		Время, мин				
В самоцентрирующем патроне	Без выверки	0,38	0,55	0,68	0,94	1,70
	По мелку	0,80	0,95	1,15	1,42	2,10
	По индикатору	1,65	1,90	2,30	2,90	4,40
В самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром	Без выверки	0,49	0,66	0,80	1,06	1,75
	По мелку	0,83	1,20	1,40	1,75	2,70
В четырехкулачковом патроне	Без выверки		0,95	1,05	1,32	1,92
	По рейсмусу		1,48	1,70	2,10	3,10
	По индикатору		2,10	2,50	3,10	4,50
В четырехкулачковом патроне с поджатием задним центром	Без выверки		1,10	1,30	1,65	2,30
	По рейсмусу		1,70	2,00	2,35	3,50
	По индикатору		2,20	2,80	3,45	5,00
В центрах с хомутиком	Без выверки	0,33	0,55	0,62	0,76	1,60
В центрах без хомутика	Без выверки	0,27	0,35	0,38	0,48	0,95
В центрах с люнетом	Без выверки	0,58	0,68	0,74	0,96	1,32
На планшайбе с центрирующим приспособлением		1,10	1,30	2,30	2,55	3,20

В комплекс приемов, связанных с проходом, включены затраты времени на установку частот вращения и подач, включение и выключение вращения шпинделя, включение и выключение подач, взятие пробных стружек, обмер детали, подвод и отвод резца, поворот резцедержателя, перемещение и крепление задней бабки.

Вспомогательное время, связанное с проходом, в основном зависит от размеров станка, что учтено в таблице 5.33.

Дополнительное время определяют по формуле (2.3), процентное отношение дополнительного времени к оперативному (K) выбирают из таблицы 5.34.

Таблица 5.33 – Вспомогательное время, связанное с проходом при токарной обработке

Операция (переход)	Высота центров, мм		
	150	200	300
	Время, мин		
Обточка или расточка по 8–9 квалитетам	0,7	0,8	1,0
Обточка или расточка по 10–13 квалитетам	0,4	0,5	0,7
Обточка или расточка на последующие проходы	0,1	0,2	0,3
Подрезка или отрезка	0,1	0,2	0,2
Снятие фасок, радиусов, галтелей	0,06	0,07	0,08
Нарезание резьбы резцом	0,03	0,04	0,06
Нарезание резьбы метчиком или плашкой	0,2	0,2	0,25
Сверление и центровка	0,5	0,6	0,9

Таблица 5.34 – Дополнительное время на механическую обработку

Вид обработки	Отношение к оперативному времени (K), %	Вид обработки	Отношение к оперативному времени (K), %
Токарная	8	Шлифование	9
Строгание, долбление	9	Фрезерование	7
Сверление	6	Зуборезные работы	8

Затраты подготовительно-заключительного времени зависят от способа установки детали, размеров станка, сложности подготовки к работе и количества режущего инструмента, применяемого при обработке партии деталей, что показано в таблице 5.35.

Таблица 5.35 – Подготовительно-заключительное время на механическую обработку

Способ установки детали	Инструментов при наладке	Высота центров, мм			
		200	300	200	300
		Без замены установочных приспособлений		С заменой установочных приспособлений	
Время, мин					
В патроне, в центрах, на оправке	1-2	7	9	10	12
В специальном приспособлении	1-2	9	11	14	17

5.4.2 Определение норм времени на сверлильные работы

После установления режима резания рассчитывают основное (машинное) время по формуле

$$T_o = \frac{L}{ns}, \quad (5.13)$$

где L – глубина обработки с учетом врезания и выхода инструмента, мм;

n – частота вращения инструмента, мин⁻¹;

s – подача на один оборот, мм/об.

Величину врезания и перебега при сверлении определяют по таблице 5.36.

Вспомогательное время на установку и снятие детали определяют по таблице 5.37, время, связанное с проходом, – по таблице 5.38.

Таблица 5.36 – Величины врезания и перебега при сверлении

Операция	Диаметр инструмента, мм, не более											
	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	Врезание и перебег, мм											
Сверление на проход	2	2,5	5	7	8	10	12	15	18	23	–	–
Сверление в упор	1,5	2	4	6	7	9	11	14	17	21	–	–
Зенкерование	–	–	–	3	4	5	5	6	6	8	8	8
Развертывание на проход	–	15	18	22	26	30	33	38	45	50	50	50
Развертывание в упор	–	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5

Таблица 5.37 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при сверлении

Установка детали	Масса детали, кг, не более						
	3	5	8	12	20	50	80
	Время, мин						
В тисках с винтовым зажимом	0,50	0,6	0,7	0,8	0,9	–	–
На столе без крепления	0,12	0,14	0,15	0,17	0,2	1,3	1,4
На столе с креплением болтами и планками	0,95	1,0	1,2	1,4	1,6	3,0	3,3
В самоцентрирующем патроне	0,18	0,2	0,24	0,28	0,35	–	–
В кондукторе	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	2,2	–
Примечание – Затраты времени для деталей более 20 кг даны на установку с применением подъемно-транспортных приспособлений.							

Таблица 5.38 – Вспомогательное время, связанное с проходом при сверлении

Условия работы	На первое отверстие			На каждое последующее отверстие того же диаметра при сверлении в одной или нескольких деталях		
	Для станков с наибольшим диаметром сверления, мм					
	12	25	50	12	25	50
	Время, мин					
Сверление по разметке	0,12	0,14	0,16	0,05	0,06	0,07
Сверление по кондуктору	0,10	0,12	0,13	0,04	0,05	0,06
Рассверливание, зенкерование	0,08	0,10	0,12	0,03	0,04	0,05
Развертывание	0,10	0,12	0,15	0,04	0,05	0,07
Примечание – Затраты времени для деталей более 20 кг даны на установку с применением подъемно-транспортных приспособлений.						

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3), при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному принимают $K = 6 \%$ (таблица 5.34). Подготовительно-заключительное время указано в таблице 5.35.

5.4.3 Определение норм времени на фрезерные работы

Основное время вычисляют по формуле

$$T_O = \frac{Li}{n_{cm} S_{об}}, \quad (5.14)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега, мм;

i – число проходов;

n – число оборотов в минуту;

$s_{об}$ – подача на один оборот фрезы, мм/об (при фрезеровании учитывать подачу на один оборот фрезы или подачу на зуб и минутную подачу).

Величины врезания и перебега при фрезеровании определяются по таблицам 5.39 и 5.40. Вспомогательное время на установку и снятие деталей в зависимости от веса и характера установки деталей приведено в таблице 5.41. Вспомогательное время, связанное с проходом, дано в таблице 5.42.

Таблица 5.39 – Величины врезания и перебега при фрезеровании цилиндрическими и дисковыми фрезами

Глубина врезания, мм, не более	Перебег фрезы, мм								
	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
	Диаметр фрезы, мм								
	40	50	60	75	90	110	130	150	200
Врезание фрезы, мм									
1	6,6	7,0	7,7	8,6	9,4	10,5	11,4	12,2	14,1
2	8,7	9,8	10,8	12,1	13,3	14,7	16,0	17,2	19,9
3	10,5	11,9	13,1	14,7	16,2	17,9	19,5	21,0	24,3
4	12,0	13,6	15,0	16,9	18,6	20,6	22,5	24,2	28,0
5	13,2	15,0	16,6	18,7	20,6	22,9	25,0	26,9	31,2
6	14,3	16,2	18,2	20,4	22,5	25,0	27,3	29,4	34,4
7	15,2	17,3	19,3	21,8	24,1	26,9	29,4	31,6	36,8
8	16,0	18,3	20,4	23,2	25,6	28,6	31,2	33,7	39,2
9	16,7	19,2	21,4	24,2	27,0	30,2	33,0	35,6	41,5
10	17,3	20,0	22,4	25,5	28,3	31,6	34,7	37,4	43,6
12	–	21,4	24,0	27,5	30,6	34,3	37,7	40,7	44,5
14		–	25,4	29,2	32,7	36,7	40,3	43,6	51,1
16			–	30,7	34,4	38,7	42,7	46,6	54,4
18		32,2		36,0	40,7	45,0	48,8	57,2	
20		–		37,4	42,2	47,0	51,0	60,0	

Таблица 5.40 – Величины врезания и перебега при фрезеровании торцевыми и концевыми фрезами

Ширина фрезерования не более, мм	Диаметр фрезы, мм, не более										
	16	20	25	32	40	50	60	75	90	110	
Врезание и перебег, мм											
10	3			–				–		–	
15	4										
20	–		6	5	4				–		
25	–		14	8	6	5					
30	–		–		12	8	7	6			
40	–		–		–		12	10	8	7	
50	–		–		–		16	12	10	9	
60	–		–		–		–		18	14	12
80	–		–		–		–		28		20
100	–		–		–		–		–		35

Таблица 5.41 – Вспомогательное время на установку и снятие деталей при фрезеровании

Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин	Масса детали, кг, не более					
	1	3	5	10	20	30
Время, мин						
В центрах	0,2	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4
В трехкулачковом патроне	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	–
В тисках с простой выверкой	0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	
На призмах	0,6	1,0	1,3	1,6	2,1	2,4
На столе с простой выверкой	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2

Таблица 5.42 – Вспомогательное время, связанное с проходом при фрезеровании

Вспомогательное время, связанное с проходом	Время на один проход, мин
Обработка плоскостей на первый ход с двумя пробными стружками	1,0
Обработка плоскостей на первый проход с одной пробной стружкой	0,7
Обработка плоскостей на последующие проходы	0,1
Обработка пазов на первый проход с одной пробной стружкой	0,8
Обработка пазов на последующие проходы	0,2

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3), при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному принимают $K = 7 \%$ (таблица 5.34).

Подготовительно-заключительное время выбирают из таблицы 5.43.

Таблица 5.43 – Подготовительно-заключительное время при фрезеровании

Способ крепления	Время, мин
На столе с креплением болтами и планками	24
В тисках	22
В центрах	28
В самоцентрирующем патроне	16
В приспособлении	27
Установка фрезы	2

Пример 1. Расчет режимов и нормирование операции точения.

Определить режимы резания и норму времени на чистовой операции наружного точения поверхности 1 оси свеклоуборочной машины (рисунок 5.12) с диаметра $50,8_{-0,39}$ до диаметра $50,21_{-0,16}$. Величина припуска на сторону $z = 0,59$ мм, шероховатость до обработки $R_a = 12,5$ мкм, после обработки – $R_a = 3,2$ мкм. Обработка производится в самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром. Материал: сталь 30 ГОСТ 1050-88, масса детали: 6,47 кг.

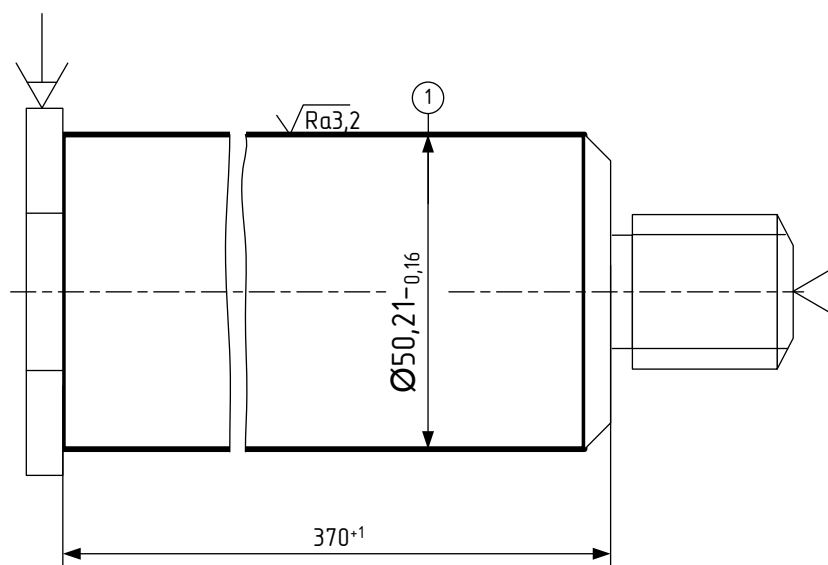


Рисунок 5.12 – Ось свеклоуборочной машины

Решение.

Точить поверхность 1 с диаметра $50,8_{-0,39}$ до диаметра $50,21_{-0,16}$ на длине 370 мм, точить фаску.

Выбираем резец подрезной, материал режущей части – твердый сплав Т15К6. Выбираем станок токарно-винторезный 16К20.

Заданный припуск $z = 0,59$ мм. Глубину резания при чистовом наружном точении для диаметра от 50 до 80 мм, длине вала от 260 до 500 мм при установке в патроне принимаем $t = 0,35$ мм (таблица 1.1).

Число проходов находим по формуле

$$i = \frac{z}{t}$$

$$i = \frac{0,59}{0,35} = 1,68.$$

Принимаем $i = 2$, при этом глубина резания на каждом проходе будет

$$t = \frac{z}{i},$$

$$t = \frac{0,59}{2} = 0,295 \approx 0,3 \text{ мм.}$$

Выбираем подачу $s_{\text{табл}} = 0,1$ мм/об (таблица 5.1) Уточняем ее по паспорту станка (таблица А1), поэтому $s = s_{\text{табл}} = 0,1$ мм/об.

Для одноинструментальной обработки на токарных станках стойкость инструмента $T = 60$ мин (раздел 5).

Для точения и растачивания скорость резания будет:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v,$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый металл и условия его обработки, $C_v = 420$ (таблица 5.15);

m – показатель относительной стойкости, $m = 0,2$ (таблица 5.15);

x, y – показатели степени $x = 0, y = 0,2$ (таблица 5.15);

K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу:

$$K_v = K_m K_n K_u K_\varphi K_{\varphi l} K_r K_q K_o,$$

где $K_m, K_n, K_u, K_\varphi, K_{\varphi l}, K_r, K_q, K_o$ – коэффициенты, учитывающие влияние определенного фактора на скорость резания.

Для стали 30 $\sigma_s = 500$ МПа. По таблице 5.18

$$K_m = \frac{750}{500} = 1,5.$$

$K_n = 0,85$ (таблица 5.21); $K_u = 1$ (таблица 5.22); $K_\varphi = 0,7$ (таблица 5.23); $K_{\varphi l} = 1$ (таблица 5.23); $K_r = 1$ (таблица 5.23); $K_q = 1,12$ (таблица 5.23); $K_o = 1$ (таблица 5.24). С учетом этого

$$K_v = 1,5 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,07$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} 1,07 = 376 \text{ м/мин.}$$

Находим частоту вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 376}{3,14 \cdot 50,21} = 2384_{\text{мин}^{-1}}.$$

По паспорту станка (таблица 5.25) корректируем частоту вращения шпинделя $n_{cm} = 1250 \text{ мин}^{-1}$.

Скорректированная скорость резания будет:

$$v_{cm} = \frac{\pi D n_{cm}}{1000}.$$

$$v_{cm} = \frac{3,14 \cdot 50,21 \cdot 1250}{1000} = 197 \text{ м/мин.}$$

Находим расчетную длину обрабатываемой поверхности:

$$L = l + y,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали, $l = 370 \text{ мм}$;
 y – величина врезания и перебега, $y = 2 \text{ мм}$ (таблица 5.28).

$$L = 370 + 2 = 372 \text{ мм.}$$

Основное время определяем по формуле:

$$T_{O1} = \frac{Li}{n_{cm}s},$$

где L – расчетная длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега, $L = 372 \text{ мм}$;

i – число проходов, $i = 2$;

n_{cm} – частота вращения шпинделя в минуту, $n_{cm} = 1250 \text{ мин}^{-1}$;

s – подача, $s = 0,1 \text{ мм/об}$.

$$T_{O1} = \frac{372 \cdot 2}{1250 \cdot 0,1} = 5,95 \text{ мин.}$$

Фаска на детали обрабатывается на тех же режимах, что и поверхность 1. Основное время на обработку фаски $T_{Of} = 0,16$ мин (таблица 5.29).

Основное время на операцию составит

$$T_O = T_{O1} + T_{Of}.$$

$$T_O = 5,95 + 0,16 = 6,11 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с установкой, выверкой и снятием детали $T_{B1} = 1,06$ мин (таблица 5.32). Вспомогательное время, связанное с двумя проходами при токарной обработке на станке 16К20 $T_{B2} = 2 \cdot 0,5 = 1,0$ мин (таблица 5.33). Общее вспомогательное время будет

$$T_B = 1,06 + 1,0 = 2,06 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{OP} = T_O + T_B.$$

$$T_{on} = 6,11 + 2,06 = 8,17 \text{ мин.}$$

Дополнительное время рассчитывают пропорционально затратам оперативного:

$$T_{доп} = \frac{T_{OP}K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), $K = 8\%$ (таблица 5.34).

$$T_{доп} = \frac{8,17 \cdot 8}{100} = 0,65 \text{ мин.}$$

Находим подготовительно-заключительное время $T_{ПЗ} = 9$ мин (таблица 5.35).

Штучно – калькуляционное время составит:

$$T_H = T_{ОП} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{шт}}$$

где $n_{шт}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{шт} = 1$.

$$T_H = 8,17 + 0,65 + \frac{9}{1} = 17,82 \text{ мин.}$$

Пример 2. Расчет режимов и нормирование операции фрезерования.

Определить режимы резания и норму времени на операции фрезерования шпоночного паза 1 цапфы ведущего вальца комбайна (рисунок 5.13). Материал: сталь 40Х ГОСТ 1050-88, масса детали: 4,6 кг.

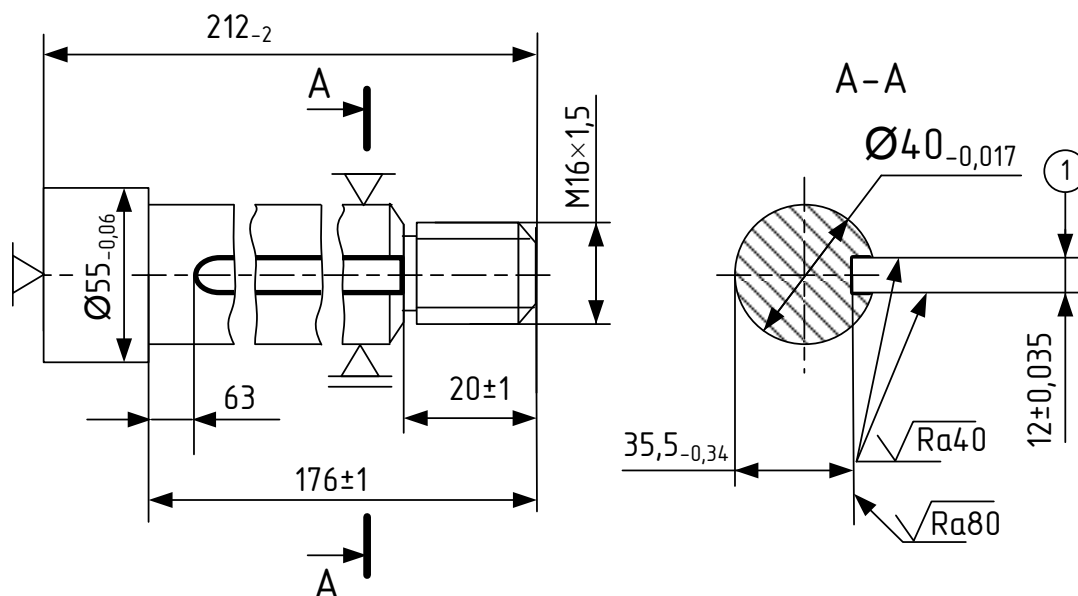


Рисунок 5.13 – Цапфа ведущего вальца комбайна

Решение.

Выбираем для обработки шпоночного паза шпоночную фрезу диаметром $D = 12$ мм с числом зубьев $z = 3$, материал режущей части – твердый сплав Т15К6 (таблица 5.11).

Определяем глубину резания (рисунок 5.13)

$$t = 40 - 35,5 = 4,5 \text{ мм.}$$

Подачу на зуб принимаем $s_z = 0,05$ мм (таблица 5.8).
 Период стойкости составит $T = 20$ мин (таблица 5.13).
 Скорость резания определим по формуле:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v,$$

где коэффициент

$$K_v = K_m K_n K_u K_\varphi K_{\varphi l} K_r K_q K_o.$$

По таблице 5.17 для концевой фрезы:
 $C_v = 46,7$; $m = 0,33$; $B = 12$ мм; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$;
 $p = 0,1$;

$$K_M = C_M \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^n.$$

Для стали 40X $\sigma_s = 630$ МПа; $n = 1,45$ (таблица 5.19); $C_M = 0,8$
 (таблица 5.19). Тогда

$$K_M = 0,8 \left(\frac{750}{630} \right)^{1,45} = 1,03;$$

$K_n = 1$ (таблица 5.21); $K_u = 1$ (таблица 5.22); $K_\varphi = 1$ (таблица 5.23); $K_{\varphi l} = 1$ (таблица 5.23); $K_r = 1$ (таблица 5.23); $K_q = 1$ (таблица 5.23); $K_o = 1$ (таблица 5.24).

$$K_v = 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,03.$$

$$v = \frac{46,7 \cdot 12^{0,45}}{20^{0,33} \cdot 4,5^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 12^{0,1} \cdot 3^{0,1}} 1,03 = 90,0 \text{ м/мин.}$$

Находим частоту вращения шпинделя станка:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 90,0}{3,14 \cdot 12} = 2388 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка 6Т13 корректируем частоту вращения шпинделя $n_{cm} = 1250 \text{ мин}^{-1}$ (таблица 5.27).

С учетом этого, скорректированная скорость резания будет:

$$v_{cm} = \frac{\pi D n_{cm}}{1000}.$$

$$v_{cm} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 1250}{1000} = 47,1 \text{ м/мин.}$$

Находим расчетную длину обрабатываемой поверхности:

$$L = l + y,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали,
 y – величина врезания и перебега, $y = 0$.

$$l = 176 - 20 - 63 = 93 \text{ мм};$$

$$L = 93 \text{ мм.}$$

Основное время определим по формуле:

$$T_O = \frac{Li}{n_{cm} S_{об}},$$

где $L = 93 \text{ мм};$

$$i = 1;$$

$$n_{cm} = 1250 \text{ мин}^{-1};$$

$s_{об}$ – подача на один оборот фрезы, мм/об.

$$s_{об} = s_z z;$$

$$s_{об} = 0,05 \cdot 3 = 0,15 \text{ мм/об.}$$

Подача минутная s_M , мм/мин

$$s_M = s_z z n;$$

$$s_M = 0,05 \cdot 3 \cdot 1250 = 187,5 \text{ мм/мин.}$$

По паспорту станка 6Т13 корректируем минутную подачу $s_M = 160$ мм/мин (таблица 5.27).

$$T_O = \frac{93 \cdot 1}{1250 \cdot 0,15} = 0,5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием детали $T_{B1} = 0,7$ мин (таблица 5.41). Вспомогательное время, связанное с проходом при фрезеровании составит $T_{B2} = 0,8$ мин (таблица 5.42). Общее вспомогательное время будет:

$$T_B = 0,7 + 0,8 = 1,5 \text{ мин.}$$

Определим оперативное время

$$T_{оп} = T_O + T_B.$$

$$T_{оп} = 0,5 + 1,5 = 2,0 \text{ мин.}$$

Дополнительное время будет

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), $K = 7\%$ (таблица 5.34).

$$T_{\text{ДОП}} = \frac{2 \cdot 8}{100} = 0,16 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время будет $T_{\text{ПЗ}} = 22$ мин (таблица 5.43).

Штучно – калькуляционное время составит

$$T_{\text{Н}} = T_{\text{ОП}} + T_{\text{ДОП}} + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{n_{\text{шт}}},$$

где $n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{\text{шт}} = 1$.

$$T_{\text{Н}} = 2 + 0,16 + \frac{22}{1} = 24,16 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Какие параметры относятся к режимам резания?
2. Что называется глубиной резания?
3. Что называется подачей?
4. Что такое скорость резания?
5. От каких условий работы зависит скорость резания?
6. Что называется стойкостью инструмента?
7. Какие виды работ можно выполнить токарными проходными резцами?
8. Назовите типы фрез и виды работ, выполняемые ими.
9. Какие виды подач имеются у фрез?
10. Назовите типы осевого инструмента и виды работ, выполняемые этими инструментами.
11. Что такое нормируемое время? Из каких частей оно состоит?

6 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ СТРОГАНИЯ И ДОЛБЛЕНИЯ

6.1 Обработка на строгальных и долбежных станках

Строгание – это вид обработки резанием горизонтальных, вертикальных и наклонных плоских и фасонных поверхностей, уступов, пазов и канавок, сопровождаемый прямолинейным возвратно-поступательным главным движением режущего инструмента и перпендикулярным ему движением подачи заготовки.

Процесс строгания подразумевает прерывистое резание металла заготовки – сняв стружку во время прямого рабочего хода, резец совершает обратный холостой ход, после чего цикл повторяется (рисунок 6.1).

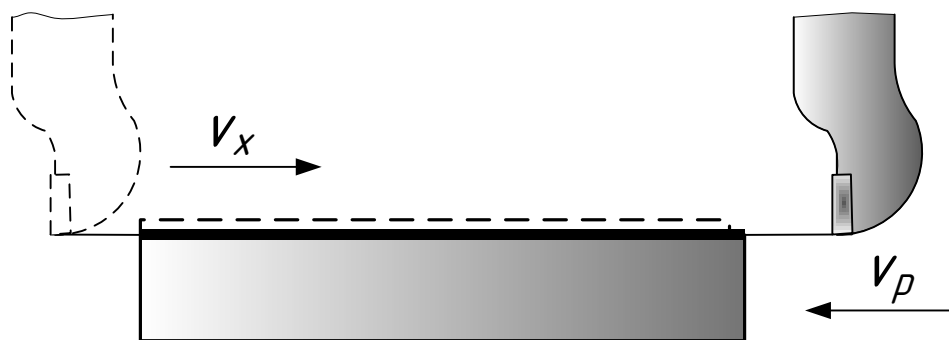


Рисунок 6.1 – Процесс строгания:
 v_p – рабочий ход; v_x – холостой ход

Относительно низкая производительность строгания обуславливается потерями времени на холостой ход и ударными нагрузками на резец в начале рабочего хода, вынуждающими снижать скорость резания для обеспечения приемлемой стойкости инструмента. Используемые в промышленности резцы по виду выполняемых работ, так же как и токарные, подразделяются на проходные, подрезные, отрезные и фасонные. Скорость резания определяется скоростью прямолинейного движения стола или резца, глубина резания – припуском, срезаемым за один проход, а движение подачи является прерывистым и осуществляется в конце обратного хода заготовки или резца.

Строгальные станки, в основном, применяют для обработки открытых поверхностей плит, рам, направляющих, плоскостей корпусов. В зависимости от конфигурации обрабатываемой заготовки строгальные работы делят на несколько основных видов. Горизонтальные плоскости обрабатывают проходными резцами на продольно-строгальных и поперечно-строгальных станках. Вертикальные плоскости, так же как и горизонтальные, но проходные резцы закрепляют в горизонтально расположенных суппортах. Наклонные поверхности строгают проходными и подрезными резцами специальной формы или при наклонном положении суппорта. Канавки и пазы оптимально строгать прорезными прямыми и отогнутыми назад резцами.

Долбление – это способ механической обработки металлов резанием, в процессе которого долбежный резец выполняет главное (прямолинейное возвратно-поступательное) движение в вертикальной плоскости, срезая металл заготовки, которая, в свою очередь, осуществляет продольное, поперечное или круговое (вокруг вертикальной оси) движение подачи (рисунок 6.2).

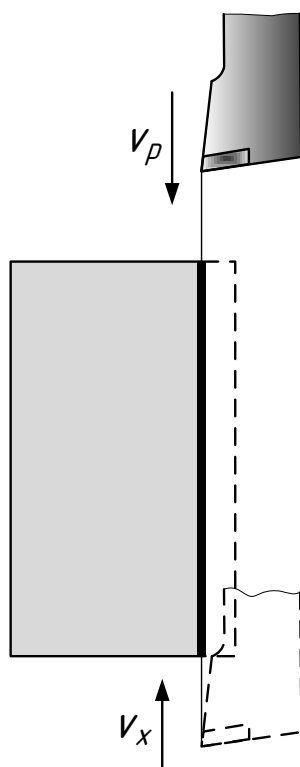


Рисунок 6.2 – Процесс долбления:
 v_p – рабочий ход; v_x – холостой ход

Долблением обрабатывают плоские и фасонные поверхности заготовок с большими поперечными размерами, но небольшой высотой. На долбежных станках получают шпоночные канавки, шлицевые отверстия, уступы и пазы, обрабатывают наружные вертикальные поверхности, внутренние цилиндрические, многогранные и неравнобокие поверхности. Для изготовления долбежных резцов используют быстрорежущие стали и пластины из твердых сплавов.

6.2 Определение режимов резания при строгании и долблении

1. Выбор режущего инструмента.

При выборе режущего инструмента назначают его тип, размеры, материал и геометрические параметры режущей части.

2. Определение глубины резания.

Для всех видов строгания и долбления припуск и глубину резания назначают так же, как и при точении (таблица 1.6).

3. Назначение подачи.

При черновой обработке плоскостей величину подачи в миллиметрах на двойной ход стола или резца выбирают по максимальному значению из таблиц 5.1 и 5.2 в зависимости от сечения державки резца и глубины резания; при прорезании пазов и отрезании – из таблицы 5.3; при чистовой обработке – из таблицы 5.4.

4. Определение периода стойкости режущего инструмента

Оптимальное время резания до смены инструмента T , обеспечивающее минимальную себестоимость обработки, определяется по таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значения периода стойкости резцов при строгании и долблении

Тип резца	Инструментальный материал	Обрабатываемый материал	Сечение державки, мм	
			до 20 × 30	Свыше 25 × 40
			Период стойкости, мин	
Проходной и подрезной	Быстрорежущая сталь	Сталь	30–50	35–60
		Чугун	40–60	50–75
	Твердый сплав	Сталь и чугун	25–40	40–75
Отрезной	Быстрорежущая сталь	Сталь	15–25	
		Чугун	25–45	
	Твердый сплав	Сталь и чугун	25–50	

5. Определение скорости резания

При строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании пазов и отрезании скорость резания рассчитывают по формуле (5.5), при этом при расчете коэффициента условий работы в формулу (5.8) вводится дополнительный поправочный коэффициент K_y , учитывающего ударную нагрузку (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Поправочный коэффициент K_y

Тип станка	Продольно-строгальный	Поперечно-строгальный	Долбежный
Коэффициент K_y	1,0	0,8	0,6

Число двойных ходов в минуту

$$n = \frac{1000v}{L(1+m)}, \quad (6.1)$$

где n – число двойных ходов станка, дв. ход/мин;

L – длина строгания с учетом продольного врезания и перебега, мм. Длина определяется по формуле (5.12), а величины врезания и перебега выбираются по таблице 6.3.

m – отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода, принимаем $m = 0,7-0,75$.

Таблица 6.3 – Величина врезания и перебега при строгании и долблении

Длина строгаемой поверхности, мм, не более	100	200	360	500	Свыше 500
Врезание и перебег, мм	35	50	60	75	85

Рассчитанное значение n корректируется по паспорту станка (таблица 6.4). Если в характеристиках станка указана скорость резания (таблица 6.5), то корректируется рассчитанная по формуле 5.5 скорость в меньшую сторону, а по формуле 6.1 рассчитывается фактическое число ходов. Скорректированная скорость резания при строгании и долблении, м/мин

$$v = \frac{n_{cm} L}{1000}, \quad (6.2)$$

где n_{cm} – паспортное число двойных ходов станка, дв. ход/мин.

Таблица 6.4 – Характеристики долбежных станков

Станок	Рабочая поверхность стола	Скорость долбежной головки, м/мин (регулируется бесступенчато)	Число двойных ходов в минуту	Подача стола за один двойной ход резца, мм/дв.ход (регулируется бесступенчато)	
				продольная	поперечная
7А412	320 × 360; высота – 200	3–38	52; 67; 101; 210	0,1–1,0	0,1–1,0
7А420	500 × 500	3–38	32; 49; 66; 101	0,1–1,2	0,1–1,2

Таблица 6.5 – Характеристики строгальных станков

Станок	Рабочая поверхность стола	Число двойных ходов ползуна за мин	Горизонтальная подача стола, мм/дв.ход ползуна	Вертикальная подача суппорта; мм/дв.ход ползуна
Поперечно-строгальный 7305	Ø500	13,2; 19; 26,5; 37,5; 53; 75; 106; 150	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 5,0.	0,16; 0,33; 0,50; 0,66; 0,83; 1,0
Продольно-строгальный 7А256	1800 × 6000	Скорость движения стола, м/мин 6–75 (регулируется бесступенчато)	0,5; 0,6; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,7; 5,0; 6,0; 7,5; 10; 12; 15; 18; 25; 30; 37; 50	0,25; 0,3; 0,37; 0,5; 0,6; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5; 1,9; 2,5; 3,0; 3,7; 5,0; 6,2; 7,5; 9,4; 12; 15; 18; 25

6.3 Определение норм времени на строгание и долбление

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{B}{n_{cm} S_{2x}}, \quad (6.3)$$

где n_{cm} – паспортное число двойных ходов станка, дв. ход/мин;
 S_{2x} – подача инструмента, мм/дв.ход;
 B – суммарная ширина строгаемой поверхности, мм:

$$B = i(H+y), \quad (6.4)$$

где i – число проходов;
 H – ширина строгаемой поверхности в направлении подачи, мм;
 y – боковое врезание и сход резца, мм (таблица 6.6).

При строгании и долблении пазов с вертикальной подачей H означает глубину паза, а $y = 0$.

Таблица 6.6 – Боковое врезание и сход резца при строгании и долблении

Характер обработки	Глубина резания, мм, не более				
	3	5	8	12	20
	Боковое врезание и сход, мм				
Обработка проходными резцами	5	7	11	15	23
Обработка пазов и отрезка	от 2 до 4				

Норму времени рассчитывают по формуле (2.5).

Вспомогательное время, связанное с проходом, дано в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Вспомогательное время, связанное с проходом при строгании и долблении

Проходы	Время на один проход, мин
Первый проход по 8–9 квалитетам	1,2
Первый проход по 10–13 квалитетам	0,8
Последующие проходы	0,3

Вспомогательное время на установку и снятие деталей приведено в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Вспомогательное время на установку и снятие деталей при строгании и долблении

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали не более, кг					
		3	5	10	30	50	
		Время, мин					
В тисках с винтовым зажимом	Без выверки	0,30	0,32	0,40	0,50	–	
	С выверкой по разметке	0,87	0,95	1,30	1,50		
В тисках с пневматическим зажимом	Без выверки	0,20	0,23	0,33	0,38		
	С выверкой по разметке	0,82	0,90	1,25	1,40		
На угольнике с креплением болтами и планками	Без выверки	–	2,15	2,80	4,60		5,20
	С выверкой по разметке		2,00	3,00	4,80		5,30
На столе с креплением болтами и планками	Без выверки	0,70	0,80	1,00	1,90	2,30	
	С выверкой по разметке	1,85	2,05	2,6	3,50	4,60	
Сбоку стола с креплением болтами и планками	Без выверки	0,80	1,05	1,30	2,40	2,90	
	С выверкой по разметке	1,45	2,15	2,85	4,40	4,90	

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3) при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному $K = 9 \%$ (таблица 5.31).

Подготовительно-заключительное время выбирают из таблицы 6.7.

Таблица 6.7 – Подготовительно-заключительное время при строгании и долблении

Установка детали	Время, мин
В тисках с винтовым зажимом	10
В тисках с пневматическим зажимом	8
На угольнике с креплением болтами и планками	16
На столе с креплением болтами и планками	14
Сбоку стола с креплением болтами и планками	19

Пример 1. Расчет режимов и нормирование операции долбления.

Определить режимы резания и норму времени на долбление заваренного паза 2 на звездочке комбайна (рисунок 7.6). Материал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, масса детали: 0,69 кг.

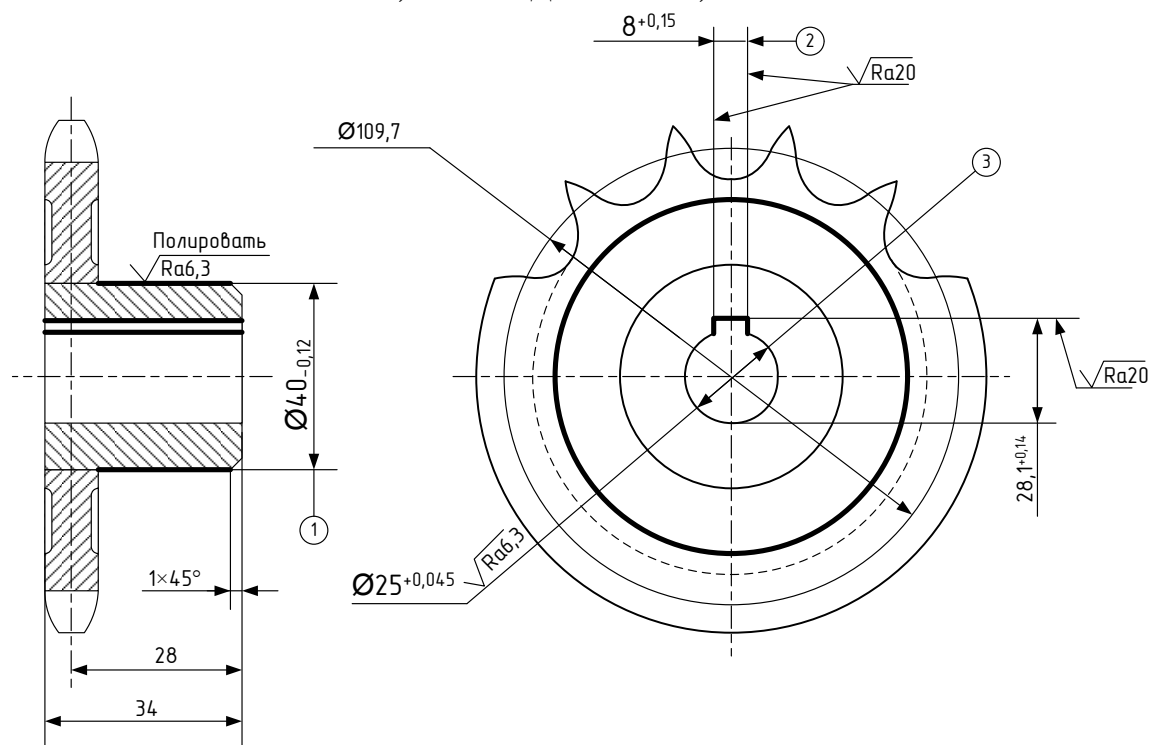


Рисунок 7.6 – Звездочка комбайна

Решение.

Обрабатывать паз 2 шириной $8^{+0,15}$ мм, глубиной $z = 3,1$ мм на длине 34 мм.

Выбираем резец долбежный, материал режущей части – твердый сплав Т15К6. Станок – долбежный 7А412 (таблица 6.8).

Глубина резания по таблице 1.6 $t = 0,7$ мм.

Число проходов

$$i = \frac{z}{t}$$

$$i = \frac{3,1}{0,7} = 4,4.$$

Принимаем $i = 5$, при этом глубина резания на каждом проходе

$$t = \frac{z}{i},$$

$$t = \frac{3,1}{5} = 0,62 \text{ мм.}$$

Выбираем подачу $S_{2x} = 0,2$ мм/дв. ход (таблица 5.3) На станке такая подача имеется (таблица 6.4).

Период стойкости для отрезного резца $T = 30$ мин (таблица 6.1).

Для долбления скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый металл и условия его обработки, $C_v = 47$ (таблица 5.15);

m – показатель относительной стойкости, $m = 0,2$ (таблица 5.15);

x, y – показатели степени $x = 0, y = 0,8$ (таблица 5.15);

K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу:

$$K_v = K_M K_n K_u K_\varphi K_{\varphi l} K_r K_q K_o K_y,$$

где $K_M, K_n, K_u, K_\varphi, K_{\varphi l}, K_r, K_q, K_o, K_y$ – коэффициенты, учитывающие влияние определенного фактора на скорость резания:

$$K_M = \frac{750}{\sigma_\sigma} \text{ (таблица 5.18).}$$

Для стали 45 $\sigma_\sigma = 610$ МПа.

$$K_M = \frac{750}{610} = 1,23.$$

$K_n = 0,8$ (таблица 5.21); $K_u = 1$ (таблица 5.22); $K_\varphi = 1$ (таблица 5.23);
 $K_{\varphi l} = 0,94$ (таблица 5.23); $K_r = 1,03$ (таблица 5.23); $K_q = 1,12$ (таблица 5.23); $K_o = 0,84$ (таблица 5.24); $K_y = 0,6$ (таблица 6.2).

$$K_v = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,03 \cdot 1,12 \cdot 0,84 \cdot 0,6 = 0,54$$

$$v = \frac{47}{30^{0,2} \cdot 0,62^0 \cdot 0,2^{0,8}} 0,54 = 46,6 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов в минуту определим по формуле:

$$n = \frac{1000v}{L(1+m)},$$

где n – число двойных ходов станка, дв. ход/мин;

m – отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода, принимаем $m = 0,7$.

L – длина долбления с учетом продольного врезания и перебега, мм.

$$L = l + y,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали, $l = 34$ мм;

y – величина врезания и перебега, $y = 35$ мм (таблица 6.3).

$$L = 34 + 35 = 69 \text{ мм.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 46,6}{69(1+0,7)} = 397 \text{ дв. ход/мин.}$$

По станку корректируем число двойных ходов в минуту $n_{см} = 210$ дв. ход/мин (таблица 6.4).

Скорректированная скорость резания будет:

$$v = \frac{210 \cdot 69}{1000} = 14,5 \text{ м/мин.}$$

Основное время находим по формуле:

$$T_O = \frac{B}{n_{cm} S_{2x}}, \quad (6.3)$$

где n_{cm} – паспортное число двойных ходов станка,
 $n_{насч} = 210$ дв. ход/мин;
 S_{2x} – подача инструмента, $S_{2x} = 0,2$ мм/дв.ход;
 B – суммарная ширина строгаемой поверхности, мм:

$$B = i(H+y),$$

где i – число проходов, $i = 5$;

H – глубина паза, по исходным данным $H = 3,1$ мм;

y – боковое врезание и сход резца, при долблении $y = 0$.

$$B = 5(3,1 + 0) = 15,5 \text{ мм.}$$

Вспомогательное время, связанное с первым проходом по 12 качеству и последующими проходами (таблица 6.7), будет

$$T_{B1} = 0,8 + 4 \cdot 0,3 = 2 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{B2} = 0,3$ мин находим по таблице 6.8. Общее вспомогательное время будет:

$$T_B = 2 + 0,3 = 2,36 \text{ мин.}$$

Определяем оперативное время:

$$T_{оп} = T_O + T_B.$$

$$T_{оп} = 0,37 + 2,3 = 2,67 \text{ мин.}$$

Дополнительное время рассчитываем пропорционально затратам оперативного времени:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), $K = 9\%$ находим по таблице 5.34.

$$T_{\text{доп}} = \frac{2,67 \cdot 9}{100} = 0,24 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{ПЗ}} = 10$ мин принимаем по таблице 6.7.

Штучно – калькуляционное время на долбление паза составит:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{n_{\text{шт}}},$$

где $n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{\text{шт}} = 1$.

$$T_{\text{н}} = 2,67 + 0,24 + \frac{10}{1} = 12,91 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ можно выполнять на долбежных станках?
2. Назовите виды работ, выполняемые на строгальных станках.
3. Какие движения сообщаются обрабатываемой детали и режущему инструменту при долблении?
4. Какие движения сообщаются обрабатываемой детали и режущему инструменту при строгании?
5. Назовите виды строгальных резцов.
6. Назовите параметры режимов резания при долблении.
7. Назовите параметры режимов резания при строгании.
8. Какие виды поверхностей обрабатывают при долблении и при строгании?

7 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ РАБОТ

7.1 Обработка на шлифовальных станках

Шлифование – это процесс обработки при помощи абразивного инструмента, режущими элементами которого являются зерна абразивных материалов. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микроследов абразивных зерен и имеет малую шероховатость. Как правило, режущий инструмент выполняют в виде шлифовального круга, головки, бруска.

Шлифование применяют для обработки различных внешних цилиндрических, фасонных и плоских поверхностей, а также для обработки отверстий. Шлифованием можно обрабатывать очень твердые закаленные поверхности. Чаще всего шлифование является окончательной (отделочной) обработкой точных ответственных поверхностей и осуществляется на шлифовальных станках. При этом возможно удаление весьма тонких слоев металла.

Шлифованию подвергают детали в термообработанном и нетермообработанном состоянии. Операции окончательного шлифования должны обеспечивать требуемые параметры шероховатости обработанной поверхности, заданные точность, структуру и качество поверхностного слоя.

В зависимости от расположения и формы обрабатываемой поверхности детали шлифование подразделяют на следующие основные виды: наружное (рисунки 7.1 и 7.2), когда обрабатывается наружная поверхность заготовки; внутреннее (рисунок 7.3), когда обрабатывается внутренняя поверхность заготовки; плоское (рисунки 7.4 и 7.5), когда обрабатывается плоская поверхность. Кроме того, различают бесцентровое шлифование, шлифование шлицов, резьбы, зубьев зубчатых колес.

Абразивную обработку, при которой производится снятие тонких слоев металла в среде жидкой смазки под воздействием относительного движения инструмента и детали, называют доводкой. Основными видами доводки являются притирка, хонингование, суперфиниширование. Абразивную обработку, служащую только для уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности, называют полированием.

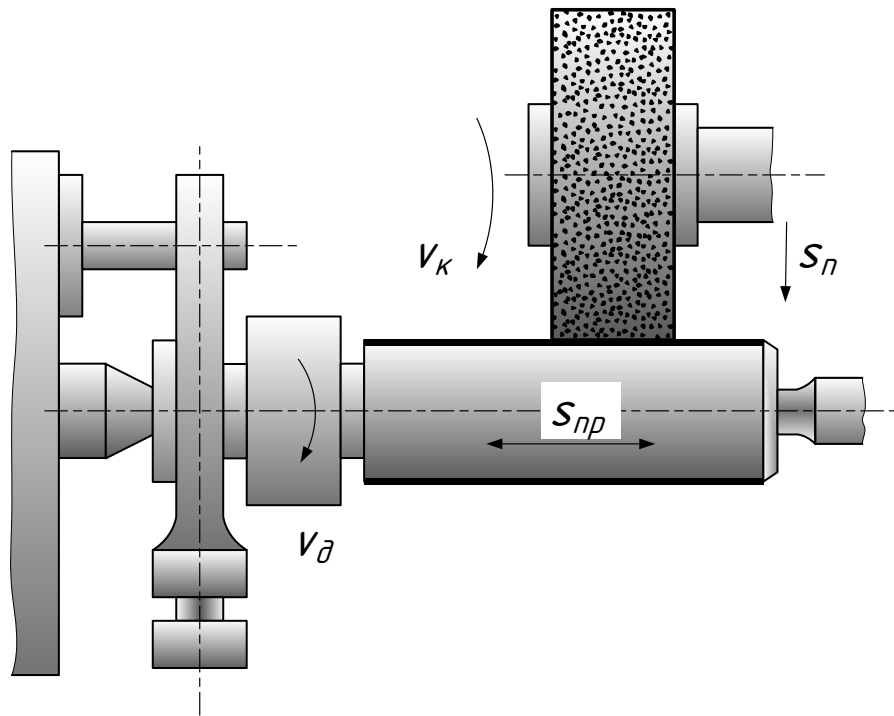


Рисунок 7.1 – Наружное круглое шлифование с продольной подачей:

v_k – скорость вращения круга; v_d – скорость вращения детали;
 s_{np} – продольная подача; s_n – поперечная подача

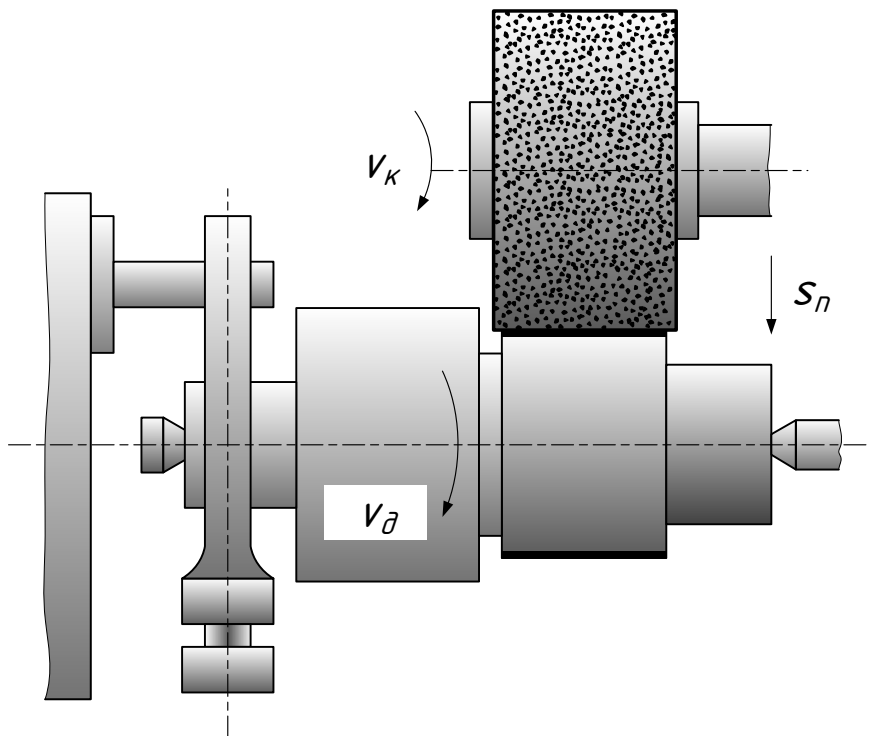


Рисунок 7.2 – Наружное круглое шлифование врезанием:

v_k – скорость вращения круга; v_d – скорость вращения детали;
 s_n – поперечная подача

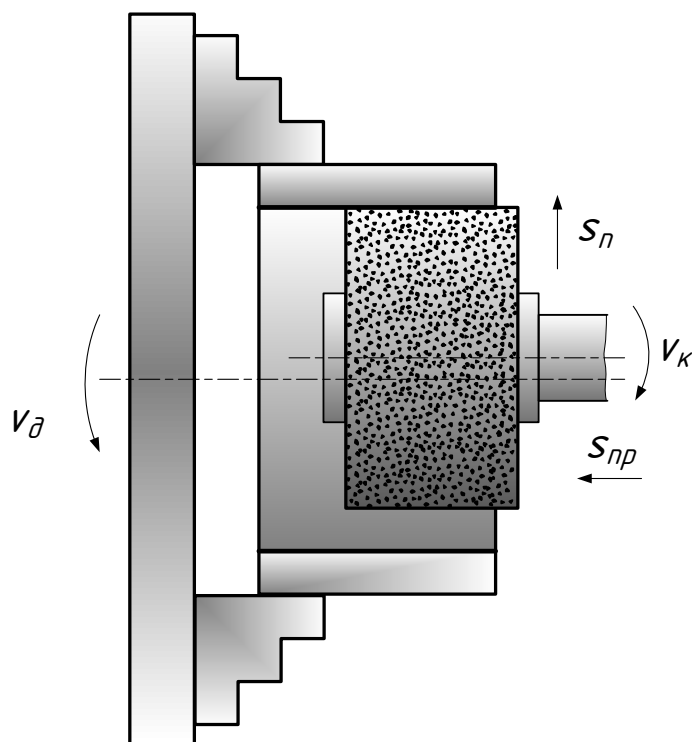


Рисунок 7.3 – Внутреннее круглое шлифование:
 v_{κ} – скорость вращения круга; v_{δ} – скорость вращения детали;
 s_{np} – продольная подача

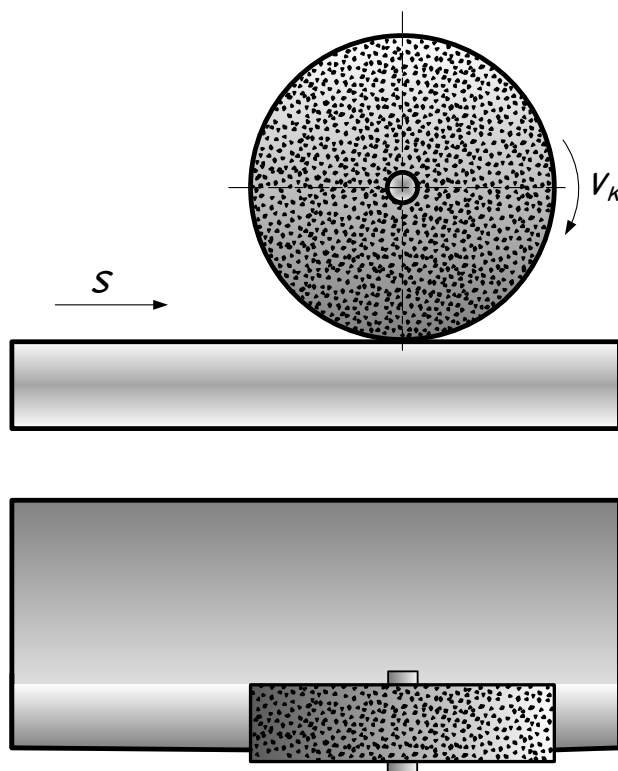


Рисунок 7.4 – Плоское шлифование периферией круга:
 v_{κ} – скорость вращения круга; s – подача стола станка

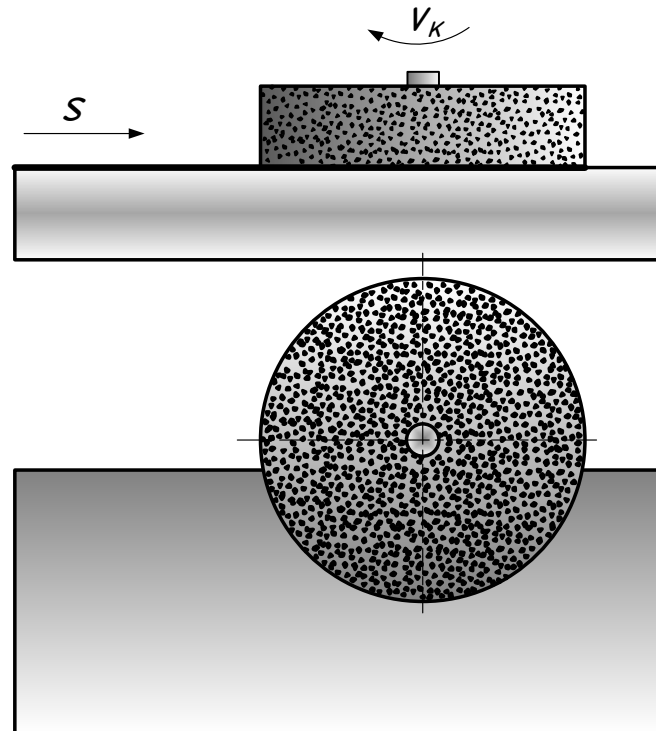


Рисунок 7.5 – Плоское шлифование торцом круга:
 v_k – скорость вращения круга; s –подача стола станка

К другим видам абразивной обработки относятся струйно-абразивная, жидкостно-абразивная, виброабразивная, а также специальная абразивная обработка (с применением электроэрозионного разрушения металлов, магнитного поля и др.).

При ремонте наиболее часто применяют круглое (наружное и внутреннее) и плоское шлифования.

Существует два основных способа *наружного круглого шлифования*: с **продольной подачей** (рисунок 7.1) и с поперечной подачей или **методом врезания** (рисунок 7.2). В первом случае обрабатываемая деталь имеет вращательное движение вокруг оси и поступательное движение вдоль своей оси. Шлифовальный круг имеет также два движения: вращательное вокруг оси и периодическое поступательное в глубину обрабатываемой детали (поперечная подача). Во втором случае обрабатываемая деталь имеет только вращательное движение вокруг своей оси, а шлифовальный круг вращается и одновременно перемещается в поперечном направлении. Ширина шлифовального круга должна перекрывать ширину обрабатываемой поверхности. Этот способ применяют при шлифовании малых по длине поверхностей.

Круглое внутреннее шлифование осуществляют продольной подачей шлифовального круга (или детали) и врезанием. Для круглого внутреннего шлифования с продольной подачей необходимы те же движения, что и при круглом наружном шлифовании.

Плоское шлифование осуществляют периферией (рисунок 7.4) и торцом (рисунок 7.5) круга; в первом случае режущей частью является наружная поверхность круга, образующая которой параллельна оси его вращения, а во втором случае – торец круга.

7.2 Определение режимов резания при наружном и внутреннем круглом шлифовании с продольной подачей

1. Выбор размеров режущего инструмента.

Размеры инструмента ограничен максимальным размером круга, который может быть установлен на станке (таблица 7.5). Наружные диаметры прямых кругов для наружного и плоского шлифования выбирают из ряда: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1000 мм. Ширину круга выбирают из ряда: 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 мм. Для внутреннего шлифования диаметр круга выбирают согласно таблице 7.1, а высоту (ширину) – согласно таблице 7.2.

Таблица 7.1 – Диаметр круга для внутреннего шлифования

Диаметр шлифуемого отверстия детали, мм	Отношение диаметра шлифовального круга к диаметру отверстия детали	Диаметр шлифуемого отверстия детали, мм	Отношение диаметра шлифовального круга к диаметру отверстия детали
до 30	0,95	Свыше 125 до 160	0,75
Свыше 30 до 80	0,90	Свыше 160 до 200	0,70
Свыше 80 до 125	0,85 – 0,80	Свыше 200 до 250	0,65

Примечание – Диаметры кругов выбирают из ряда размеров: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450.

Таблица 7.2 – Высота (ширина) круга для внутреннего шлифования

Длина шлифуемой поверхности, мм	10	12	16	20	25	32	40	50	60	80
Высота круга, мм	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63

2. Назначение подачи.

Для черновой обработки поперечную подачу определяют по таблице 7.3, продольную подачу – по таблице 7.4. Для чистовой (окончательной) обработки значения подач выбирают по таблице 7.4.

Таблица 7.3 – Продольная подача при черновом круглом шлифовании, мм/об

Обрабатываемый материал	Поперечная подача (глубина резания) мм, не более					
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09
Незакаленная сталь	0,60	0,60	0,40	0,30	0,25	0,20
Закаленная сталь	0,50	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15

Таблица 7.4 – Поперечная и продольная подачи при чистовом круглом наружном и внутреннем шлифовании

Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более	Поперечная подача (глубина шлифования), мм	Продольная подача в долях ширины круга	Окружная скорость детали, м/мин
60	0,005 – 0,010	0,2 – 0,3	15 – 25
120	0,005 – 0,010	0,2 – 0,3	20 – 35
200	0,005 – 0,015	0,2 – 0,3	25 – 45

Продольная подача в таблицах для круглого и внутреннего шлифования дана в долях ширины шлифовального круга, поскольку в каждом конкретном случае можно применять различные круги. Поэтому ее пересчитывают ее по формуле

$$s_{np} = B_k \beta, \quad (7.1)$$

где s_{np} – продольная подача, мм/об;

B_k – ширина шлифовального круга, мм;

β – продольная подача в долях ширины круга.

По принятой поперечной подаче (глубине шлифования) определяют число проходов по формуле

$$i = \frac{z}{t}, \quad (7.2)$$

где t – поперечная подача (глубина шлифования), мм;

z – величина срезаемого слоя на операции (односторонний припуск), мм (раздел 1).

При чистовом шлифовании припуск на обработку распределяют следующим образом: 60–80% на предварительное (черновое) и 20 – 40% на окончательное (чистовое) шлифование.

Продольную и поперечную подачи проверяют и корректируют по паспорту станка (таблица 7.5).

Таблица 7.5 – Характеристики шлифовальных станков

Показатели характеристики станка	Станок		
	Кругло-шлифовальный 3М131	Кругло-шлифовальный 3М150	Внутри-шлифовальный 3К228В
Наибольший размер обработки, мм	Ø280 × 700	Ø100 × 340	Ø200 × 200
Частота вращения шпинделя (круга), мин ⁻¹ .	1112, 1285	2350, 1670	4500, 6000, 9000, 13000
Частота вращения детали, мин ⁻¹ (регулируется бесступенчато)	40–400	100–1000	100–600
Скорость продольного хода стола (шлифовальной бабки), мм/мин (регулируется бесступенчато)	50–5000	20–4000	1000–7000
Подача круга, мм/ход стола	0,002 – 0,1 (регулируется бесступенчато)	0,002 – 0,1 (регулируется бесступенчато)	0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006
Подача для врезного шлифования, мм/мин	0,1–4,5	0,05 – 5	0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006
Размеры нового шлифовального круга, мм	$D_k = 600; B_k = 63$	$D_k = 400; B_k = 40$	$D_k = 175; B_k = 63$
Мощность двигателя главного привода, кВт	7,5	4	5,5

3. Определение скорости резания.

Значения скорости шлифовального круга и скорости вращения для стальных деталей приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Режимы резания для различных видов круглого шлифования

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга v_k , м/с	Скорость детали окружная или продольная v_d , м/мин
<i>Круглое наружное шлифование с продольной подачей</i>		
С продольной подачей предварительное	30 – 35	12 – 25
окончательное		15 – 55
<i>Круглое внутреннее шлифование</i>		
На станке общего назначения: предварительное	30 – 35	20 – 40
окончательное		50 – 150

Частоту вращения детали определяют по формуле

$$n_d = \frac{318v_d}{d}, \quad (7.3)$$

где v_d – частота вращения детали, м/мин;

d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Найденную частоту вращения проверяют на соответствие паспортным данным станка (таблица 7.5) и, при необходимости, корректируют.

Скорость шлифовального круга

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (7.4)$$

где v_k – скорость вращения круга, м/с;

D_k – диаметр круга (таблица 7.5), мм;

n_k – скорректированная по таблице 7.5 частота вращения круга, мин^{-1} .

Скорость шлифовального круга сравнивают с данными таблицы 7.6 и проверяют по паспорту станка. В случае несоответствия скоростей изменяют в формуле (7.4) или диаметр круга D_k из ряда размеров или частоту вращения круга n_k (таблица 7.5).

4. Определение основного времени.

После установления режима резания определяют основное (машинное) время для круглого и внутреннего шлифования с продольной подачей по формуле

$$T_o = \frac{Li}{n_d s_{np}} K, \quad (7.5)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега шлифовального круга, мм;

n_d – частота вращения детали в минуту, м/мин;

i – число проходов;

s_{np} – продольная подача, мм/об.;

K – коэффициент зачистных ходов (принимают при предварительном круглом шлифовании – 1,2; при предварительном внутреннем шлифовании – 1,3; при чистовом круглом шлифовании – 1,4; при чистовом внутреннем шлифовании – 1,6).

Длину обрабатываемой поверхности рассчитывают по формуле

$$L = l + y, \quad (7.6)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

y – величина врезания и перебега, мм. Для круглого и внутреннего шлифования принимают перебега круга на каждую сторону равным $0,5B_k$.

7.3 Определение режимов резания при наружном и внутреннем круглом шлифовании методом врезания

1. Выбор размеров режущего инструмента.

Размеры инструмента определяют так же, как и при наружном и внутреннем круглом шлифовании с продольной подачей.

2. Выбор минутной поперечной подачи.

Минутную подачу s_m , мм/мин, находят по формуле

$$s_m = s_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3, \quad (7.7)$$

где $s_{\text{табл}}$ – табличная минутная подача (таблица 7.7);

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости шлифовального круга (таблицы 7.8, 7.11);

K_2 – коэффициент, зависящий от точности и припуска (таблица 7.9);

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра круга и характера поверхности (таблица 7.10).

Таблица 7.7 – Табличные минутные подачи

Ширина шлифования b , мм	Средняя минутная подача $s_{\text{табл}}$, мм/мин при диаметре шлифуемой поверхности d , мм						
	до 16	25	40	60	100	160	Свыше 160
до 16	1,5	1,3	1,1	1,0	0,85	0,75	0,7
25	1,3	1,1	1,0	0,9	0,75	0,65	0,6
40	1,1	1,0	0,85	0,75	0,65	0,55	0,5
60	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45
100	0,85	0,75	0,65	0,6	0,5	0,45	0,4
160	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35
Свыше 160	0,7	0,6	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3

Таблица 7.8 – Значения коэффициента K_1

Скорость круга $v_{кр}$, м/сек	Сталь		Чугун	
	незакаленная	закаленная	серый	прочный
25	0,9	0,8	1,1	0,8
35	1,1	1,0	1,3	1,0
40	1,2	1,1	1,4	1,1
50	1,4	1,3	1,7	1,3

Таблица 7.9 – Значения коэффициента K_2

Точность обработки (допуск обработанной поверхности) Td , мм	Значения K_2 при припуске на сторону a , мм						
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,4	0,5
0,01	0,5	0,6	0,65	0,7			
0,015	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85		
0,025	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
0,05	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7
0,1			1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
0,15				2,0	2,1	2,3	2,5

Таблица 7.10 – Значения коэффициента K_3

Диаметр круга D , мм	Характер поверхности	Значения K_3
350	Гладкая	0,8
	Шлицевая	1,1
450	Гладкая	0,9
	Шлицевая	1,2
600	Гладкая	1,0
	Шлицевая	1,3
750	Гладкая	1,1
	Шлицевая	1,4

Найденное значение минутной подачи проверяют на соответствие паспортным данным станка (таблица 7.5) и, при необходимости, корректируют.

3. Определение скорости резания.

Значения скорости шлифовального круга и скорости вращения детали приведены в таблице 7.11.

Таблица 7.11 – Скорость вращения детали

Скорость вращения круга v_k , м/с	Скорость вращения детали v_d , м/мин				
	сталь			чугун	
	HRC \leq 30	HRC 30–50	HRC \geq 50	серый	прочный
30–35	20–25	25–35	35–45	20–25	30–35
45–50	20–25	30–40	40–50	25–30	35–40

Частоту вращения детали определяют по формуле (7.3), после чего проверяют на соответствие паспортным данным станка (таблица 7.5) и, при необходимости, корректируют.

Скорость шлифовального круга определяют по формуле (7.4).

Скорость шлифовального круга сравнивают с данными таблицы 7.11 и проверяют по паспорту станка. В случае несоответствия скоростей изменяют в формуле (7.4) или диаметр круга D_k из ряда размеров или частоту вращения круга n_k (таблица 7.5).

4. Определение основного времени.

Для достижения требуемой точности и чистоты обработки при врезном шлифовании производят так называемое «выхаживание» поверхности. В этом случае обрабатываемой заготовке дают некоторое время вращаться, прекратив поперечную подачу круга.

Время выхаживания выбирают по таблицам 7.12 и 7.13.

Таблица 7.12 – Время выхаживания $t_{вых}$ при шлифовании цилиндров

Точность обработки (допуск обработанной поверхности) Td , мм	Ширина шлифования b , мм	Параметр шероховатости поверхности							
		$R_a = 1,25$				$R_a = 0,63$			
		$t_{вых}$, мин при диаметре шлифуемой шейки d , мм							
		До 16	40	100	160 и более	До 16	40	100	160 и более
< 0,025	До 16	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
	40	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22
	100	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25
0,025–0,05	До 16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15
	40	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,17
	100	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,17	0,19
> 0,05	До 16	0,04	0,05	0,06	0,07			0,08	0,10
	40	0,05	0,06	0,07	0,08	–	–	0,10	0,12
	100	0,06	0,07	0,08	0,09			0,12	0,14

Таблица 7.13 – Время выхаживания $t_{вых}$ при шлифовании торцов

Допуск размера обрабатываемой поверхности Td , мм	Наименьший диаметр шлифования d , мм	Параметр шероховатости поверхности							
		$R_a = 2,5$				$R_a = 1,25$			
		$t_{вых}$, мин при наибольшем диаметре шлифования d_1 , мм							
		До 100	160	250	400	До 100	160	250	400
< 0,1	< 60	0,10	0,12	0,14	0,16	0,14	0,16	0,18	0,20
	> 60	0,08	0,10	0,12	0,14	0,12	0,14	0,16	0,18
> 0,1	< 60	0,06	0,08	0,10	0,12	0,10	0,12	0,14	0,16
	> 60	0,05	0,07	0,09	0,11	0,08	0,10	0,12	0,14

Длительность процесса выхаживания зависит от требуемой точности обработки и в производственных цехах ремонтных предприятий составляет 0,2–0,5 времени, затрачиваемого на шлифование.

Слой металла, снимаемый при выхаживании, определяют по таблице 7.14.

Таблица 7.14 – Слой металла, снимаемый при выхаживании $z_{вых}$

Время выхаживания $t_{вых}$, мин	$z_{вых}$, мм при минутной подаче s_m , мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	Свыше 2,0
0,10	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,20	0,015	0,035	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

После установления режима резания определяют основное (машинное) время для шлифования врезанием по формуле

$$T_O = \frac{1,3(z - z_{вых})}{s_m} + t_{вых}, \quad (7.8)$$

где z – общий припуск на сторону, мм;

$z_{вых}$ – слой, снимаемый при выхаживании, мм;

s_M – минутная подача, мм/мин;
 $t_{вых}$ – время выхаживания, мин.

7.4 Определение режимов резания при плоском шлифовании

1. Выбор размеров режущего инструмента.

Размеры инструмента определяют по максимальному размеру шлифовального круга, который может быть установлен на станке (таблица 7.15).

Таблица 7.15 – Характеристика плоскошлифовальных станков

Показатели характеристики станка	Станок		
	ЛШ60100	ЗП722	ЗГ71
Рабочая поверхность стола, мм	600 × 1200	320 × 1250	200 × 630
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ .	1450	1500	2740
Скорость продольного хода стола, м/мин (регу- лируется бесступенчато)	5–25	3–45	5–20
Вертикальная подача круга, мм/ход, на реверс шлифовальной бабки	0,001–0,999	0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1	0,005–0,05 (с шагом 0,005)
Размеры нового шлифовального круга, мм	D _к = 400; B _к = 50	D _к = 450; B _к = 80	D _к = 250; B _к = 25
Мощность двигателя главного привода, кВт	7,5	15	2,2

2. Назначение подачи и определение скорости резания.

Значения скорости и подачи шлифовального круга, а также глубины резания приведены в таблице 7.16.

Таблица 7.16 – Режимы резания для плоского шлифования

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга v_k , м/сек	Скорость детали v_d , м/мин	Глубина шлифования t , мм	Продольная подача s , мм, на каждый оборот круглого стола
<i>Плоское шлифование периферией круга</i>				
На станках с круглым столом: предварительное	30–35	20–60	0,005–0,015	(0,3–0,6) B
окончательное		40–60	0,005–0,01	(0,2–0,25) B
<i>Плоское шлифование торцом круга</i>				
На станках с прямоугольным столом: предварительное	25–30	4–12	0,005–0,04	–
окончательное		2–3	0,005–0,01	–
На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола: предварительное		10–40	0,005–0,03	–
окончательное		10–40	0,005	–

По принятой глубине шлифования определяют число проходов шлифовального круга по формуле

$$i = \frac{z}{t}, \quad (7.9)$$

где t – глубина шлифования, мм;

z – величина срезаемого слоя на операции (односторонний припуск), мм (раздел 1).

Найденную скорость движения детали проверяют и корректируют по паспорту станка (таблица 7.15).

Скорость шлифовального круга

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (7.10)$$

где v_k – скорость вращения круга, м/с;

D_k – диаметр круга (таблица 7.15), мм;
 n_k – частота вращения круга (таблица 7.15), мин⁻¹.

Скорость шлифовального круга сравнивают с данными таблицы 7.16 и проверяют по паспорту станка для нового круга.

3. Определение основного времени

Основное (машинное) время для плоского шлифования определяют по формуле

$$T_o = \frac{HLi}{1000v_\partial s_n} K, \quad (7.11)$$

где L – суммарная длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега шлифовального круга, мм;

v_∂ – скорость движения детали (стола), м/мин;

i – число проходов;

s_n – поперечная подача, мм/ход (выбирается по таблице 7.4, как для продольной подачи при круглом шлифовании);

H – перемещение круга в направлении поперечной подачи, мм;

K – коэффициент зачистных ходов (принимают при предварительном плоском шлифовании – 1,25; при чистовом – 1,4).

Суммарную длину обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега шлифовального круга рассчитывают по формуле

$$L = l + l_\Pi, \quad (7.12)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_Π – врезание и перебег шлифовального круга, $l_\Pi = 10$ –15 мм.

Перемещение круга в направлении поперечной подачи

$$H = B + B_k + 5, \quad (7.13)$$

где B – суммарная ширина обрабатываемой поверхности, мм;

B_k – ширина круга, мм.

7.5 Определение норм времени на шлифование

Норму времени определяют по формуле (2.5).

Вспомогательное время для круглого и внутреннего шлифования на установку и снятие детали выбирают из таблицы 7.17, вспомогательное время, связанное с проходом, – из таблицы 7.18, для плоского шлифования – из таблиц 7.19 и 7.20.

Таблица 7.17 – Вспомогательное время на установку и снятие детали для круглого и внутреннего шлифования

Способ установки и крепления детали	Масса детали не более, кг							
	1	3	5	10	18	30	50	80
Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин								
В центрах	0,2	0,4	0,5	0,6	1,0	2,2	2,8	3,2
В трехкулачковом патроне	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	3,2	4,0
В четырехкулачковом патроне	0,6	1,0	1,4	2,0	2,6	4,0	5,0	6,0
В центрах с люнетом	0,5	0,7	0,8	0,9	1,2	2,4	3,0	3,6
» » на оправке	1,4	1,5	2,0	3,0				

Таблица 7.18 – Вспомогательное время, связанное с проходом для круглого и внутреннего шлифования

Шлифование	Высота центров, не более, мм	
	200	300
	время на один проход, мин	
Первой поверхности на одной детали	1,00	1,20
Последующих поверхностей на одной детали	0,55	0,70
На каждый последующий проход	0,04	0,05

Таблица 7.19 – Вспомогательное время, связанное с проходом для плоского шлифования

Характер обработки	Длина стола станка, мм	
	до 1000	1000 – 1500
	Время, мин	
Предварительное шлифование	0,5	0,6
Окончательное шлифование под свободный размер	1,0	1,2
Окончательное шлифование точное	1,8	2,0

Таблица 7.20 – Вспомогательное время на установку и снятие детали для плоского шлифования

Способ установки детали	Масса детали, кг						
	до 0,5	0,5–1,0	1,0–3,0	3,0–5,0	5,0–8,0	Свыше 8,0	
	Время, мин						
На столе с креплением болтами и планками	–	–	–	1,5	1,7	2,0	
В станочных тисках	0,6	0,8	1,0	1,5	1,8	–	
На магнитном столе при количестве одновременно устанавливаемых деталей	1	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	–
	3	0,6	0,7	0,8	1,0	–	–
	5	0,8	1,0	1,3	–	–	–

Дополнительное время вычисляют по формуле (2.3) при этом процентное отношение дополнительного времени к оперативному принимают $K = 9 \%$ (таблица 5.34).

Подготовительно-заключительное время определяют по таблицам 7.21 и 7.22.

Таблица 7.21 – Подготовительно-заключительное время для круглого и внутреннего шлифования

Способ установки детали	Высота центров не более, мм	
	150	300
	Время, мин	
В центрах	7	8
В самоцентрирующем патроне	10	11
В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
В четырехкулачковом патроне	13	15
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16
Смена круга	8	9
Замена одного кулачка	2	3

Таблица 7.22 – Подготовительно-заключительное время для плоского шлифования

Способ установки детали	Длина стола станка, мм	
	до 1000	от 1000 до 1500
	Время, мин	
На столе с креплением болтами и планками	10	12
На магнитном столе	6	8
В станочных тисках	8	10
Добавлять на дополнительные приемы работы: установка стола на угол	3	4
Установка магнитной плиты	8	10
Смена шлифовального круга	10	12

Пример 1. Расчет режимов и нормирование операции круглого шлифования.

Определить режимы резания и норму времени на круглое наружное шлифование восстановленной поверхности 1 цапфы ведущего вальца комбайна (рисунок 7.6) до диаметра $d = 40_{-0,017}$ мм. Величина припуска на сторону $z = 0,2$ мм, шероховатость до обработки $R_a = 6,3$ мкм, после обработки – $R_a = 3,2$ мкм. Обработка производится в самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром. Материал: сталь 40Х ГОСТ 1050-88, масса детали: 4,6 кг.

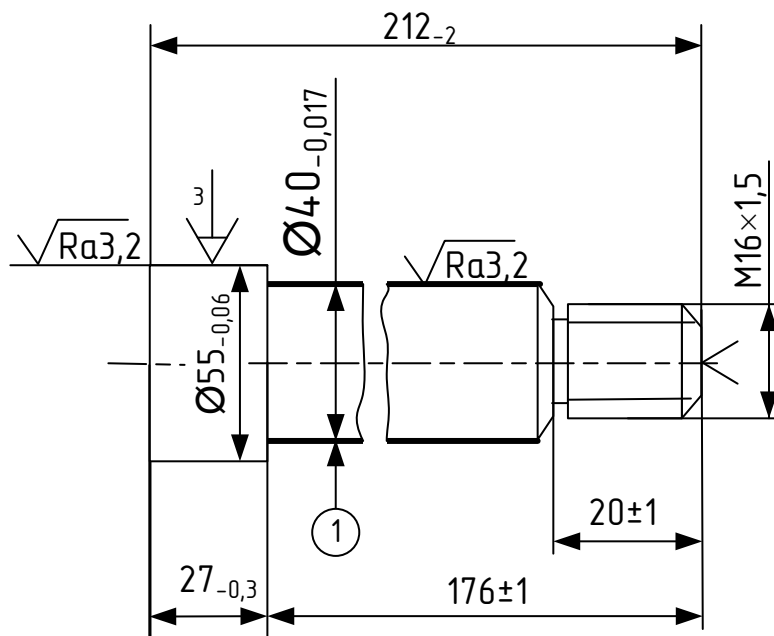


Рисунок 7.6 – Цапфа ведущего вальца комбайна

Решение.

Выбираем для обработки цапфы круглошлифовальный станок 3М131 (таблица 7.5). Размеры инструмента ограничены максимальным размером круга, который может быть установлен на станке. Выбираем круг диаметром $D_k = 450$ мм и шириной $B_k = 50$ мм.

По таблице 7.4 выбираем продольную подачу в долях ширины круга $\beta = 0,3$, принимаем глубину шлифования $t = 0,01$ мм, при этом окружная скорость детали должна быть $v_d = 20$ м/мин.

Продольную подачу определим по формуле (7.1)

$$s_{np} = B_k \beta.$$

$$s_{np} = 50 \cdot 0,3 = 15 \text{ мм/об.}$$

Число проходов находим по формуле (7.2)

$$i = \frac{0,2}{0,01} = 20 \text{ проходов.}$$

Продольная и поперечная подача обеспечиваются станком (таблица 7.5).

По таблице 7.6 выбираем скорость круга $v_k = 30\text{--}35$ м/с.

Частоту вращения детали рассчитаем по формуле (7.3)

$$n_d = \frac{318v_d}{d}.$$

$$n_d = \frac{318 \cdot 20}{40} = 159 \text{ мин}^{-1}.$$

По таблице 7.5 выбираем скорость вращения детали $v_d = 150$ м/мин.

По таблице 7.5 выбираем частоту вращения шлифовального круга $n_k = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Скорректированная скорость шлифовального круга по формуле (7.4) будет

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

$$v_k = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 26,1 \text{ м/с.}$$

Скорость шлифовального круга не превышает данные таблицы 7.6 ($v_k = 30\text{--}35$ м/с).

Основное время рассчитаем по формуле (7.5)

$$T_o = \frac{Li}{n_{\partial} s_{np}} K.$$

Длину обрабатываемой поверхности определим по формуле (7.6)

$$L = l + y.$$

где $l = 176 - 20 = 156$ мм;

Величину врезания и перебега рассчитываем только на одну сторону (рисунок 7.6)

$$y = 0,5 B_k.$$

$$y = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ мм.}$$

$$L = 156 + 25 = 181 \text{ мм.}$$

Коэффициент зачистных ходов принимаем $K = 1,4$.

$$T_o = \frac{181 \cdot 20}{150 \cdot 15} 1,4 = 2,25 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали принимаем $T_{B1} = 0,8$ мин (таблица 7.17). Вспомогательное время T_{B2} , свя-

занное с проходом, на первый проход и последующие проходы определяем по таблице 7.18:

$$T_{B2} = 1,2 + 0,05 \cdot (20 - 1) = 2,15 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,8 + 2,15 = 2,95 \text{ мин.}$$

Определяем оперативное время

$$T_{ОП} = 2,25 + 2,95 = 5,2 \text{ мин.}$$

Находим дополнительное время по формуле (2.3)

$$T_{ДОП} = \frac{T_{ОП}K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), принимаем $K = 9 \%$ (таблица 5.34).

$$T_{ДОП} = \frac{5,2 \cdot 9}{100} = 0,47 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{ПЗ} = 11$ мин принимаем по таблице 7.21.

Штучно – калькуляционное время на операцию составит

$$T_H = T_{ОП} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{шт}},$$

где $n_{шт}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{шт} = 1$.

$$T_H = 5,2 + 0,47 + \frac{11}{1} = 16,67 \text{ мин.}$$

Пример 2. Расчет режимов и нормирование операции круглого шлифования методом врезания.

Определить режимы резания и норму времени на круглое наружное шлифование методом врезания восстановленной поверхности 1 на цапфе ведущего вальца комбайна (рисунок 7.7) до диаметра $d = 55_{-0,06}$ мм. Величина припуска на сторону $z = 0,2$ мм, шероховатость до обработки $R_a = 6,3$ мкм, после обработки $R_a = 3,2$ мкм. Обработка производится в самоцентрирующем патроне. Материал: сталь 40Х ГОСТ 1050-88, вес детали: 4,6 кг.

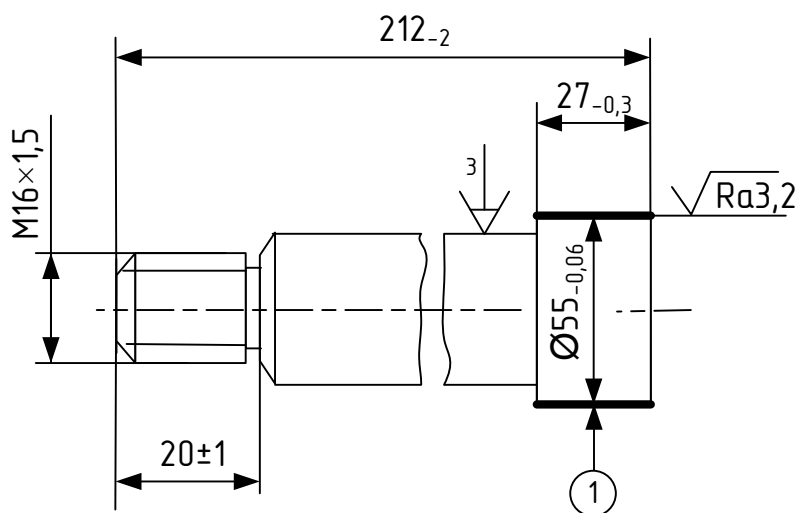


Рисунок 7.7 – Цапфа ведущего вальца комбайна

Решение.

Размеры инструмента ограничены максимальным размером круга, который может быть установлен на станке 3М131 (таблица 7.5). Выбираем круг диаметром $D_k = 450$ мм и шириной $B_k = 50$ мм.

Минутную подачу определим по формуле (7.7)

$$s_m = s_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3,$$

Табличную минутную подачу $s_{\text{табл}} = 0,9$ мм/мин выберем по таблице 7.7. Скорость вращения круга $v_k = 30$ м/с определим по таблице 7.11. Принимаем коэффициенты: $K_1 = 0,9$ (таблица 7.8); $K_2 = 1,2$ (таблица 7.9); $K_3 = 0,9$ (таблица 7.10).

С учетом этого

$$s_m = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 0,87 \text{ мм/мин.}$$

Минутная подача соответствует паспортным данным станка (таблица 7.5) 3М131, на котором она изменяется бесступенчато.

Скорость вращения детали $v_{\partial} = 25$ м/мин принимаем по таблице 7.11.

Частоту вращения детали определим по формуле (7.3)

$$n_{\partial} = \frac{318v_{\partial}}{d},$$

$$n_{\partial} = \frac{318 \cdot 25}{55} = 144,5 \text{ мин}^{-1}.$$

По таблице 7.5 выбираем скорость вращения детали $v_{\partial} = 140$ м/мин.

По таблице 7.5 выбираем частоту вращения шлифовального круга $n_{\kappa} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Скорректированная скорость шлифовального круга по формуле (7.4) будет

$$v_{\kappa} = \frac{\pi D_{\kappa} n_{\kappa}}{1000 \cdot 60},$$

$$v_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 26,1 \text{ м/с}.$$

Найденное значение скорости шлифовального круга не соответствует данным таблицы 7.11 ($v_{\kappa} = 30\text{--}35$ м/с), поэтому принимаем по таблице 7.5 частоту вращения круга $n_{\kappa} = 1285 \text{ мин}^{-1}$.

Уточняем скорость шлифовального круга с учетом частоты вращения $n_{\kappa} = 1285 \text{ мин}^{-1}$

$$v_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 1285}{1000 \cdot 60} = 30,3 \text{ м/с}.$$

Уточненная (скорректированная) скорость шлифовального круга соответствует данным таблицы 7.11 ($v_{\kappa} = 30\text{--}35$ м/с).

Принимаем время выхаживания $t_{\text{вых}} = 0,08$ мин (таблица 7.12).

Слой металла, снимаемый при выхаживании $z_{вых} = 0,03$ мм принимаем из таблицы 7.14.

Основное время находим по формуле

$$T_O = \frac{1,3(z - z_{вых})}{s_M} + t_{вых},$$

где $z = 0,2$ мм.

$$T_O = \frac{1,3(0,2 - 0,03)}{0,87} + 0,08 = 0,42 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{B1} = 0,8$ мин принимаем из таблицы 7.17. Вспомогательное время, связанное с проходом $T_{B2} = 1,2$ мин принимаем из таблицы 7.18. Общее вспомогательное время

$$T_B = 0,8 + 1,2 = 2,0 \text{ мин.}$$

Оперативное время определяем как сумму T_O и T_B

$$T_{OP} = 0,42 + 2,0 = 2,42 \text{ мин.}$$

Дополнительное время находим по формуле

$$T_{ДОП} = \frac{T_{OP}K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), $K = 9\%$ (таблица 5.34).

$$T_{ДОП} = \frac{2,42 \cdot 9}{100} = 0,22 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{ПЗ} = 11$ мин принимаем из таблицы 7.21.

Штучно – калькуляционное время на операции составит

$$T_H = T_{OP} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{ШГ}},$$

где $n_{шт}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{шт} = 1$.

$$T_H = 2,42 + 0,22 + \frac{11}{1} = 13,64 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ можно выполнять на шлифовальных станках?
2. Назовите виды шлифования.
3. Укажите параметры режимов резания на шлифовальных станках.
4. Назовите отличия круглого и шлифования методом врезания.
5. Что такое «время выхаживания» при врезном шлифовании?
6. Перечислите основные характеристики шлифовальных кругов.
7. Назовите основные виды подач, которые используются при шлифовании цилиндрических заготовок на круглошлифовальных станках.
8. Назовите основные виды подач, которые используются при шлифовании заготовок на плоскошлифовальных станках.
9. Что понимается под главным движением при шлифовании?
10. Дайте определение скорости шлифования при обработке цилиндрических заготовок.

8 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ХОНИНГОВАНИЯ

8.1 Обработка на хонинговальных станках

Хонингование – технологический процесс исправления погрешностей формы отверстий в виде отклонений от круглости, цилиндричности, конусности, обеспечения малых отклонений размеров и параметров шероховатости, а также создания микропрофиля в виде сетки на обработанной поверхности детали. Такой профиль необходим для удержания смазочного материала при работе механизмов (например, двигателя внутреннего сгорания или гидравлических систем).

Хонингование представляет собой процесс окончательной обработки в основном внутренних поверхностей деталей абразивными или алмазными брусками, которые закреплены на хонинговальной головке (хоне), установленной в шпинделе хонинговального станка (рисунок 8.1).

С помощью стержня 2 хонинговальная головка 3 шарнирно соединена со шпинделем 1 станка, от которого ей сообщаются вращательное и возвратно-поступательное движения. Разжим брусков 5 (радиальная подача при хонинговании), обеспечивающий съем заданного припуска, осуществляется с помощью специального механизма, встроенного в шпиндельную бабку станка или в хонинговальную головку от гидросистемы станка.

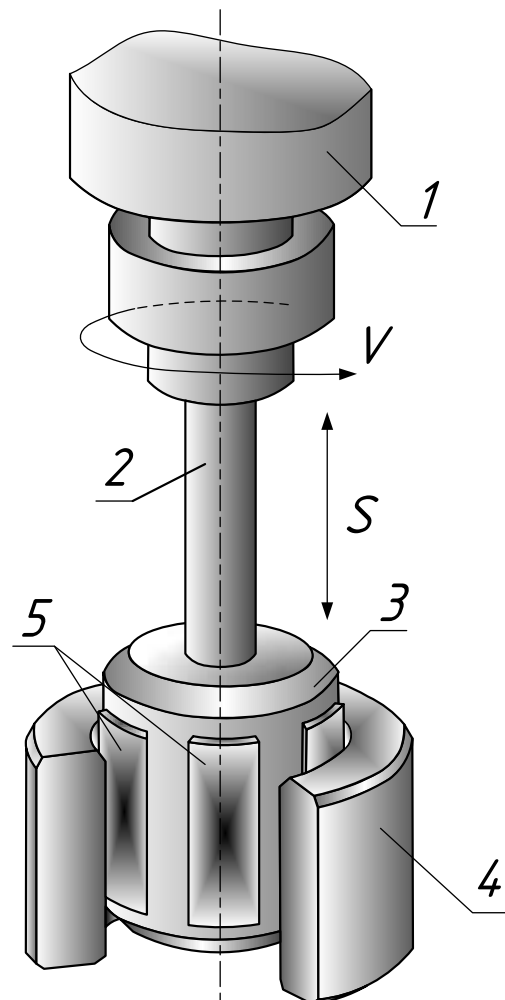


Рисунок 8.1 – Хонингование отверстия:
1 – шпиндель станка; 2 – стержень;
3 – хон; 4 – деталь; 5 – брусок

Головка осуществляет вращательное и возвратно-поступательное движения. Бруски с заданным усилием прижимаются в радиальном направлении к обрабатываемой поверхности. Кроме того, имеется механизм радиальной подачи абразивных брусков в хонинговальной головке, который обеспечивает быстрый подвод брусков к обрабатываемой поверхности, а также автоматическую компенсацию их износа во время работы.

Особенностями процесса хонингования являются: большая поверхность контакта режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью; малая величина давления брусков и низкие скорости резания; значительное количество одновременно работающих зерен; низкая температура в зоне резания.

Точность обработанных отверстий соответствует 6–8-му квалитетам. Снимаемый припуск при этом может достигать 0,5–1,0 мм на диаметр и более. Диапазон размеров хонингуемых отверстий очень широк и составляет по диаметру от 2,5 до 1000 мм, а по длине – от 5 до 25000 мм. Скорость съема припуска при хонинговании может достигать 2000 см³ металла в час, что соизмеримо с чистовым точением и шлифованием. При этом хонингование обеспечивает минимальную шероховатость поверхности и цилиндричность отверстия до долей микрона.

В связи с тем, что инструмент (хонинговальная головка с закрепленными в ней абразивными брусками) или обрабатываемая заготовка устанавливается на станке шарнирно, точность обработки зависит в основном только от жесткости системы инструмент – деталь.

Хонингование проводят при обильном охлаждении зоны резания смазочно-охлаждающими жидкостями – керосином, смесью керосина (80–90 %) и веретенного масла (10–20 %), водно-мыльными эмульсиями.

Процесс хонингования характеризуется окружной скоростью вращения хонинговальной головки, скоростью возвратно-поступательного перемещения ее вдоль оси обрабатываемой заготовки, давлением брусков и их характеристикой.

На рисунке 8.2 представлена развертка обрабатываемой поверхности. Наклонными линиями со стрелками показан винтовой путь зерна при одном и при другом направлениях поступательного движения хона. На схеме цифрами указано положение бруска в на-

чале прямого хода 1, в конце прямого хода 2 и в конце обратного хода головки 3.

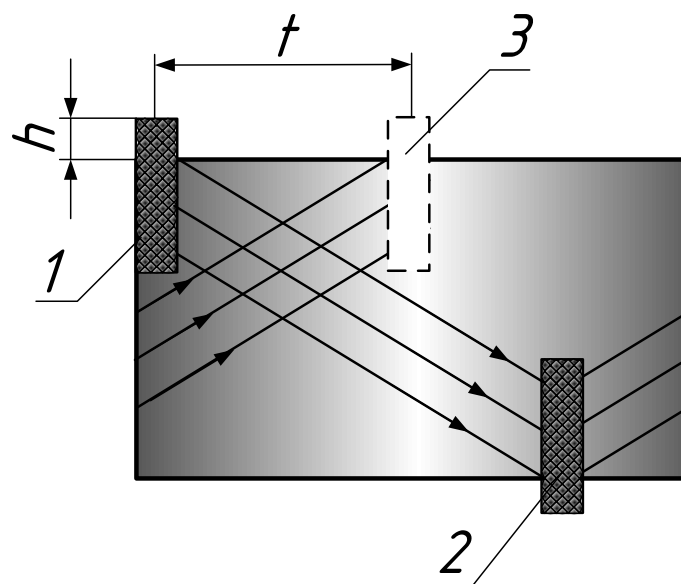


Рисунок 8.2 – Схема траектории хона при хонинговании отверстий:
 h – перебег бруска; t – смещение хона

Из рисунка видно, что длина хода устанавливается с некоторым перебегом h , чтобы исключить неполную выработку материала у концов и тем самым обеспечить одинаковый размер диаметра, как в середине, так и у торцов детали. Кроме того, видно, что хон делает на каждом двойном ходе некоторое перекрытие t обрабатываемой поверхности в направлении вращательного движения. Это необходимо для исключения повторения траектории одного и того же зерна.

Разновидности хонингования:

- обычное хонингование;
- хонингование без смазочно-охлаждающих жидкостей;
- хонингование электрохимическим методом, когда металл обрабатывается одновременно за счет электрохимического и механического воздействия;
- хонингование вибрацией – головка хона получает дополнительную вибрацию;
- плосковершинное хонингование – используется в случае наличия на поверхности заготовки дефектов, таких как впадины и вершины, подлежащие выравниванию.

8.2 Определение параметров и нормирование хонингования

1. Выбор режущего инструмента (хонинговальных брусков).

В хонинговальных головках наиболее часто используют алмазные хонинговальные бруски, которые различны по видам и являются, в принципе, основным элементом процесса. Их выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, требований к точности и шероховатости обработки, припуска на обработку, а также с учетом производительности и себестоимости процесса хонингования. Размеры брусков на металлической связке определены стандартом в широком диапазоне размеров: ширина 2,25 мм, высота 2–10,5 мм, длина 25–150 мм, толщина алмазного слоя 1,5–3,0 мм. Выбор размера брусков определяется размерами колодок хонинговальных головок.

Выбирают марку алмаза и связки в брусках по таблице 8.1, зернистость брусков по таблице 8.2.

Таблица 8.1 – Выбор марки алмазов и связки в брусках при хонинговании

Обрабатываемый материал	Вид операции	Марка алмазов	Марка связки
Улучшенная и нетермообработанная сталь	Черновая Чистовая	АС15, АС6, АСМ	М1
Закаленная сталь HRC46–52	Черновая Чистовая	АС15, АС6	М5
Закаленная и азотированная сталь HRC58–65	Черновая Чистовая	АС20, АС6	М73
Серый чугун	Черновая Чистовая	АС20, АС6	М1

Таблица 8.2 – Выбор зернистости алмазных брусков

Припуск на диаметр, мм	Серый чугун		Сталь нетермообработанная или улучшенная		Сталь закаленная более HRC46	
	Зернистость	R_a , мкм	Зернистость	R_a , мкм	Зернистость	R_a , мкм
менее 0,15	250/200	менее 5	160/125	2,5	200/160	2,5
0,1	160/125	2,5	125/100	2,5	160/125	2,5
0,08	125/100	2,5	100/80	1,25	125/100	1,25
0,06	100/80	1,25	80/63	1,25	100/80	1,25
0,04	80/63	1,25	40/28	1,25	80/63	0,63

Пример условного обозначения алмазного бруска марки АСМ, зернистостью 80/63, относительной концентрацией 100, металлической связке марки М1, с размерами: длина $L = 100$ мм, ширина $B = 12$ мм, высота $H = 6$ мм, толщина алмазного слоя $S = 3$ мм, радиус закругления алмазного слоя $R = 60$ мм:

100×12×6×3×60 АСМ 80/63 100 М1 ГОСТ 25594-83

Пример условного обозначения квадратного бруска шириной 20 мм, длиной 200 мм из карбида кремния зеленого с зернистостью 6, твердостью С2 на бакелитовой связке 7Б:

БК 20×200 63С 6 С2 7Б ГОСТ 2456-82

Пример условного обозначения прямоугольного бруска шириной 20 мм, высотой 16 мм, длиной 150 мм, из электрокорунда белого марки 24А с зернистостью М28, твердостью СТ1 на керамической связке:

БП 20×16×150 24А М28 СТ1 К ГОСТ 2456-82

Рекомендуемые марки абразивных хонинговальных брусков в зависимости от материала детали приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Выбор марки абразивных хонинговальных брусков

Материал детали	Припуск на диаметр, мм	Шероховатость R_a , мкм	Марка абразивных брусков
Закаленная сталь, НВ ≥ 250	0,04-0,08	1,25	24А 10 (С2-СТ2) К
	0,03-0,04	0,63	24А 5 (С2-СТ2) К
	0,01-0,03	0,32	24А 3 (С1-СТ1) К
Незакаленная сталь, НВ < 250	0,04-0,07	0,63	63С 10 (СТ2-Т1) К
	0,02-0,04	0,63	63С М40 (СТ2-Т2) К
	0,003-0,005	0,16	63С (М14-М28) (СТ1-СТ2) К
Серый чугун	0,03-0,05	1,25	63С 10 (СТ2-Т2) К
	0,02-0,03	0,63	63С 6 (СТ2-Т2) К
	0,005-0,008	0,32	63С (М20-М28) (СТ2-Т2) К
	0,005-0,008	0,16	63С (М14-М20) (СТ2-Т2) К

2. Расчет длины бруска.

Длина бруска, мм, определяется по формуле

$$L_u = k_L l_X, \quad (8.1)$$

где k_L – коэффициент длины бруска, $k_L = 0,33–0,75$;

l_X – длина хонингования,

3. Расчет длины выхода брусков.

Расчет длины выхода брусков y , мм (y уточняется при наладке в зависимости от характера и направления погрешности формы):

$$y = k_Y L_u, \quad (8.2)$$

где k_Y – коэффициент длины выхода брусков, $k_Y = 0,2–0,4$.

4. Расчет длины рабочего хода инструмента.

Длина рабочего хода инструмента:

$$L_{PX} = l_X + 2y - L_u. \quad (8.3)$$

5. Расчет числа проходов.

Глубина резания за один проход t принимается для чугуна 0,0004–0,002 мм; для стали 0,0003–0,0005 мм.

Число проходов находят по формуле

$$i = \frac{z}{t}, \quad (8.4)$$

где z – припуск на диаметр.

6. Выбор скорости поступательного движения хона и его окружной скорости вращения.

Принимают следующие скорости возвратно-поступательного движения хона v_{en} в зависимости от требуемой длины хода:

– 18–20 м/мин при длине хода больше 150 мм; 12–16 м/мин при длине 100–150 мм;

– 8–12 м/мин при длине хода 50–100 мм;

– 5–8 м/мин при длине хода меньше 50 мм.

Скорости возвратно-поступательного движения корректируются по паспорту станка (таблица 8.4).

Таблица 8.4 – Характеристики хонинговальных станков

Станок	3Г833	3К833	WSK2000 горизонтально- хонинговальный	CC740 (с ЧПУ)
Диаметр хонингования, мм	30–165	30–165	25–500	10–100
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	155, 280, 400	160, 250, 400	50–480*	0–500*
Длина хонингования, мм	150–450	30–400	до 2000	до 500
Расстояние от торца шпинделя до поверхности плиты, мм	50–550	700–1200	–	300–500
Ход шпинделя, мм	500	500	600	30–1000
Скорость возвратно-поступательного движения шпинделя, м/мин	8; 11,8; 18	3–18*	4–20*	0–20*
Примечание – *Бесступенчатая регулировка.				

После выбора $v_{ВП}$ необходимо определить скорость вращения ГОЛОВКИ $v_{ВР}$.

$$v_{ВР} = \lambda v_{ВП}, \quad (8.5)$$

где λ – отношение скоростей при хонинговании.

При хонинговании с большим припуском и небольшими требованиями к шероховатости поверхности λ следует принимать возможно меньшим; при чистовом хонинговании λ выбирают наибольшим (таблица 8.5).

Таблица 8.5 – Соотношение скоростей при хонинговании

Материал	Хонингование	λ	Материал	Хонингование	λ
Чугун	Предварительное	3–6	Закаленная сталь	Однократное после термической обработки	3–5
	Окончательное	4–10		Однократное после шлифования	5–7
Незакаленная сталь	Предварительное	1,5–3	Бронза	Однократное	10–16
	Окончательное	2,5–5			

Частота вращения хона n , мин⁻¹ определяется по формуле:

$$n = 318 \frac{v_{BP}}{D}. \quad (8.6)$$

Полученное значение уточняется по паспорту станка и принимается ближайшее большее из имеющихся в паспорте (таблица 8.4).

Затем по скорректированному значению n_{CT} подсчитывают действительную скорость вращения v_{CT} , которая и заносится в технологическую карту

$$v_{CT} = \frac{\pi D n_{CT}}{1000}. \quad (8.7)$$

6. Определение нормы времени

Вначале рассчитывают частоту двойных ходов хонинговальной головки $n_{ДХ}$, дв. ход/мин, по формуле:

$$n_{ДХ} = \frac{1000 v_{ВП}}{2L_{РХ}}. \quad (8.8)$$

После окончательного установления режима резания основное (машинное) время вычисляют по формуле

$$T_o = \frac{i}{n_{ДХ}}. \quad (8.9)$$

После расчета основного времени по всем переходам операции приступают к расчету вспомогательного, дополнительного и подготовительно-заключительного времени.

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали; времени, связанного с каждым переходом (время на подвод и отвод режущего инструмента, включение и выключение станка, переключение подач и передач); времени на очистку приспособления от стружки.

Продолжительность вспомогательного времени, связанного с установкой и снятием детали, определяют по таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при работе на хонинговальных станках, мин

Способ установки детали на столе станка	Масса детали, кг					
	1	5	10	18	30	Свыше 30
На столе с креплением болтами с планками по обработанной поверхности	1,75	2,2	2,8	3,5	4,0	5,0
На столе в тисках с эксцентриковым зажимом	2,4	3,0	3,6	4,4	5,5	6,5

Вспомогательное время, связанное с переходом при хонинговании приведено в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Вспомогательное время, связанное с переходом, мин

Характеристика приемов работ	Длина стола станка, мм		
	750	1250	1800
Изменить частоту вращения шпинделя	0,04	0,04	0,05
Изменить величину подачи	0,06	0,06	0,08
Повернуть приспособление с рабочей позиции на загрузочную	–	0,09	0,09
Поставить щиток ограждения от стружки и снять щиток ограждения	0,16	0,18	0,20

Вспомогательное время на очистку приспособления от стружки при работе на хонинговальных станках приведено в таблице 8.8.

Таблица 8.8 – Вспомогательное время на очистку приспособления от стружки, мин

Характеристика способа очистки	Характеристика применяемого приспособления								
	Без выступов и впадин			С выступами и впадинами			Коробчатое		
	Размеры очищаемой поверхности, см								
	10×10	20×30	30×50	10×10	20×30	30×50	10×10	20×30	30×50
Сжатым воздухом	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,10	0,12	0,14
Щеткой	0,06	0,08	0,10	0,08	0,11	0,13	0,10	0,15	0,17

Дополнительное время определяют по формуле (2.3), как процентное отношение дополнительного времени к оперативному, при этом принимают коэффициент $K = 9 \%$.

Затраты подготовительно-заключительного времени выбирают по таблице 8.9.

Таблица 8.9 – Подготовительно-заключительное время при работе на хонинговальных станках, мин

Характеристика способа установки детали	Количество устанавливаемых режущих инструментов	Длина стола станка, мм		
		750	1250	1800
На столе с креплением болтами с планками в тисках или в приспособлении, устанавливаемом вручную	1–2	14	16	18
	3–4	16	18	20
В приспособлении, устанавливаемом подъемником или делительным приспособлением	1–2	17	19	21
	3–4	19	21	23

Норма времени определяется по формуле (2.5).

Пример 1. Расчет режимов и нормирование операции хонингование.

Определить режимы резания и норму времени на хонингование поверхности 1 корпуса тормозного цилиндра (рисунок 8.3) до диаметра $d = 38^{+0,025}$ мм. Величина припуска на сторону $z = 0,1$ мм, шероховатость до обработки $R_a = 6,3$ мкм, после обработки – $R_a = 1,25$ мкм. Обработка производится в делительном приспособлении на две позиции. Материал: чугун СЧ18 ГОСТ 1412-85, масса детали: 0,12 кг.

Решение.

Хонингование отверстия до диаметра $38,5^{+0,025}$ мм на длине $l_x = 102$ мм производится в делительном приспособлении для хонингования двух деталей последовательно.

Для чистового хонингования выбираем бруски: марка алмаза АС20, марка связки М1 (таблица 8.1), зернистость 100/80 для шероховатости $R_a = 1,25$ мкм (таблица 8.2).

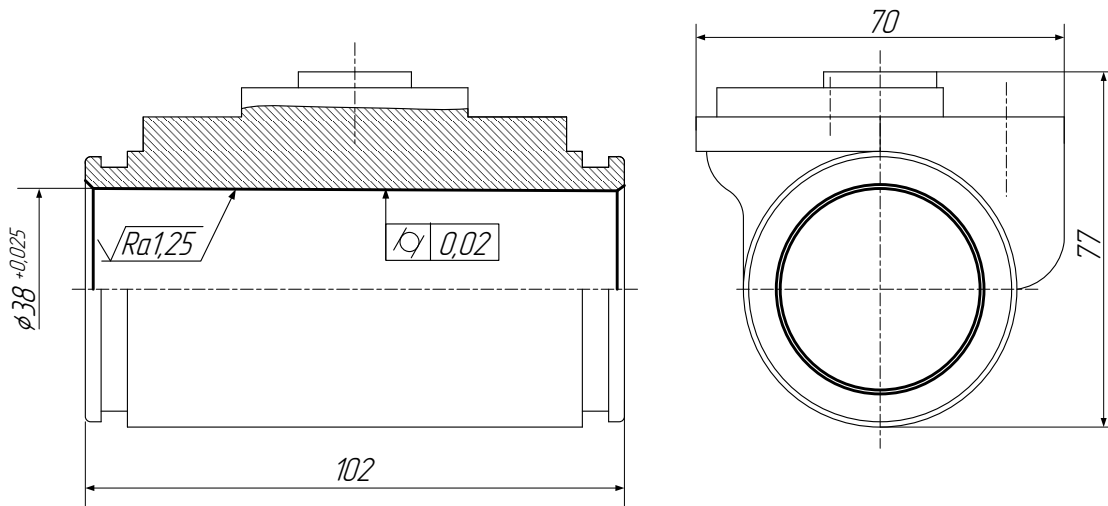


Рисунок 8.3 – Корпус тормозного цилиндра

Длину бруска находим по формуле (8.1)

$$L_u = k_L l_X,$$

где k_L – коэффициент длины бруска, $k_L = 0,5$;
 l_X – длина хонингования, $l_X = 102$ мм.

$$L_u = 0,49 \cdot 102 = 51 \text{ мм.}$$

Принимаем $L_u = 50$ мм.

Длину выхода бруска рассчитаем по формуле (8.2)

$$y = k_Y L_u,$$

где k_Y – коэффициент длины выхода бруска, $k_Y = 0,2$.

$$y = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ мм.}$$

Длину рабочего хода инструмента находим по формуле (8.3)

$$L_{PX} = l_X + 2y - L_u.$$

$$L_{PX} = 102 + 2 \cdot 10 - 50 = 72 \text{ мм.}$$

Глубину резания за один проход принимаем $t = 0,002$ мм.

Число проходов находим по формуле (8.4)

$$i = \frac{z}{t},$$

где $z = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ мм – припуск на диаметр.

С учетом этого

$$i = \frac{0,2}{0,002} = 100.$$

Принимаем скорость возвратно-поступательного движения $v_{ВП} = 11,8$ м/мин для станка 3Г833 (таблица 8.4).

Выбираем скорость вращения головки v_{BP} по формуле (8.5)

$$v_{BP} = \lambda v_{ВП},$$

где λ – соотношение скоростей при хонинговании, $\lambda = 10$.

$$v_{BP} = 10 \cdot 11,8 = 118 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения хона определим по формуле (8.6)

$$n = 318 \frac{v_{BP}}{D}.$$

$$n = 318 \frac{118}{38,5} = 974 \text{ мин}^{-1}.$$

По таблице 8.4 принимаем для станка $n_{СТ} = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Скорректированную скорость вращения $v_{СТ}$ определим по формуле (8.7)

$$v_{СТ} = \frac{\pi D n_{СТ}}{1000}.$$

$$v_{CT} = \frac{3,14 \cdot 38,5 \cdot 400}{1000} = 48,4 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов инструмента находим по формуле (8.8)

$$n_{ДХ} = \frac{1000v_{ВП}}{2L_{РХ}}.$$

$$n_{ДХ} = \frac{1000 \cdot 11,8}{2 \cdot 72} = 81,9 \text{ дв. ход/мин.}$$

Основное время для хонингования одного отверстия составит по формуле (8.9)

$$T_o = \frac{i}{n_{ДХ}}.$$

$$T_{o1} = \frac{100}{81,9} = 1,22 \text{ мин.}$$

Для хонингования двух корпусов $T_o = 1,22 \cdot 2 = 2,44$ мин.

Продолжительность вспомогательного времени, связанного с установкой и снятием двух деталей по таблице 8.6 составит

$$T_{B1} = 1,75 \cdot 2 = 3,5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с переходом при хонинговании по таблице 8.7

$$T_{B2} = 0,09 + 0,16 = 0,25 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на очистку приспособления от стружки $T_{B3} = 0,06$ мин принимаем по таблице 8.8.

Общее вспомогательное время будет

$$T_B = 3,5 + 0,25 + 0,06 = 3,81 \text{ мин.}$$

Дополнительное время составит

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} K}{100},$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), $K = 9 \%$.

$$T_{\text{доп}} = \frac{(2,44 + 3,81) \cdot 9}{100} = 0,56 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}} = 14$ мин принимаем по таблице 8.9.

Штучно – калькуляционное время определим по формуле

$$T_H = T_{\text{оп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

где $n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии, принимаем $n_{\text{шт}} = 2$.

$$T_H = (2,44 + 3,81) + 0,56 + \frac{14}{2} = 12,31 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

1. Назовите особенности процесса хонингования.
2. Перечислите разновидности хонингования.
3. Конструкция хона.
4. Какие движения совершает хон при хонинговании?
5. Укажите параметры режимов резания на хонинговальных станках.
6. Какие погрешности формы заготовки устраняют при хонинговании?
7. Что включает в себя вспомогательное время при хонинговании?

9 ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

9.1 Режимы резания при точении наплавленного металла

Наплавленный металл по сечению имеет неоднородные физико-механические свойства, химический состав и микроструктуру. Механические свойства наплавленного металла значительно превосходят таковые у нормализованной стали, что приводит к иным уровням скоростей резания.

При чистовом точении выбирают резцы, оснащенные пластинками твердого сплава следующих марок: ВК-3, ВК-8, Т14К8, Т15К6Т, Т30К4; при черновом: ВК-6, ВК-8, Т5К10, Т14К8, Т15К6Т.

Скорость резания при точении наплавленного металла приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Скорость резания при точении наплавленного металла

Подача, мм/об	Чистовое точение				Черновое точение по «корке» наплавленного металла			
	скорость резания v , м/мин, при глубине резания t , мм				скорость резания v , м/мин, при глубине резания t , мм			
	0,25	0,5	0,75	1	1	2	3	4
0,15	138	123	115	110	–	–	–	–
0,2	114	104	98	94	46,0	44	42,5	41,5
0,3	77	71	67	65	28,5	27,5	27	26,5
0,4	60	55	53	51	20	19,5	19	18,5
0,5	50	46	44	42	15	14,7	14,5	14,3

Припеченные порошковые материалы относят к классу труднообрабатываемых. Рациональные режимы тонкого точения спеченного материала: $v = 50$ м/мин; $s = 0,05$ мм/об; $t = 0,1$ мм (геометрия лейкосапфирового резца: $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$; $r = 0,3$ мм).

9.2 Механическая обработка электролитических покрытий

При обработке лезвийным инструментом таких покрытий для повышения качества обработанной поверхности следует использовать инструмент, оснащенный твердым сплавом Т30К4. Оптимальные значения скорости резания, подачи и геометрических параметров режущего инструмента следующие: $v = 50$ м/мин; $s = 0,12$ мм/об; $t = 0,2$ мм; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$; $\lambda = +5^\circ$. При точении покрытий на оптимальных режимах и оптимальных геометрических параметрах режущего инструмента шероховатость обработанной поверхности находится в пределах $R_a 2,5 - R_a 0,63$.

Для шлифования осталенных деталей целесообразно использовать круги из синтетических алмазов. В качестве критерия для выбора параметров круга из синтетических алмазов и режимов резания принимают удельный расход алмазов и удельную производительность при шлифовании. Лучшие показатели при шлифовании твердых покрытий имеют круги из синтетических алмазов АСП25К6-50.

Оптимальные режимы шлифования твердых покрытий кругами из синтетических алмазов следующие: скорость круга 30 м/с; скорость детали 20–25 м/мин; глубина 0,01–0,02 мм/ход; продольная подача 1–1,5 мм/об.

Экономичный технологический процесс окончательной обработки электролитического железа заключается в том, что механическую обработку проводят в такой последовательности: вначале деталь обтачивают по рекомендуемым режимам резания при оптимальной геометрии режущего инструмента, затем шлифуют алмазным инструментом для твердых покрытий с HRC > 45 и абразивным – для мягких покрытий HRC < 30.

9.3 Обработка наплавленных слоев шлифованием

Детали, восстановленные наплавкой твердыми порошковыми материалами на железной основе, например сормайт (У30Х28Н4С4), УС-25 (У50Х40Н2С2Г), ФБХ-6-2 (У45Х35Г3Р2С),

целесообразно обрабатывать шлифованием методом врезания. Наиболее высокие показатели процесса обработки наплавов достигаются при сухом шлифовании.

Сормайт целесообразно предварительно обрабатывать шлифовальным кругом из электрокорунда хромистого 34А40СМ16К, а УС-25 и ФБХ-6-2 – шлифовальным кругом из карбида кремния 64С25СМ16К.

Оптимальные значения основных показателей режима черного шлифования следующие: окружная скорость круга, соответствующая наибольшей величине его стойкости, $v_k = 35$ м/с, окружная скорость детали $v_d = 11$ м/мин.

Оптимальные значения скорости съема наплавов металла, соответствующие минимуму удельной себестоимости, следующие:

- для сормайта $Q_m = 7000$ мм³/мин;
- для УС-25 $Q_m = 4000$ мм³/мин;
- для ФБХ-6-2 $Q_m = 4500$ мм³/мин;
- для ПГ-ХН80СРЗ $Q_m = 3000$ мм³/мин.

Минутную поперечную подачу круга s_n , соответствующую оптимальной скорости съема металла, определяют по формуле

$$s_n = \frac{Q_m}{\pi DL}, \quad (9.1)$$

где Q_m – оптимальная скорость съема металла наплавки, мм³/мин;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

L – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Припуск на окончательную механическую обработку не должен превышать 0,3 мм на сторону.

Контрольные вопросы

1. Особенности обработки наплавленных твердых покрытий резцами.

2. Особенности обработки наплавленных твердых покрытий шлифованием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии в зависимости от величины износа, физико-механических свойств деталей, их конструктивных особенностей и функционального назначения даны рекомендации по выбору маршрутной технологии восстановления изношенных поверхностей, подробно рассмотрены правила выбора маршрута восстановления, предложен опытно-статистический метод расчета операционных размеров, припусков и толщины нанесенного слоя металла при различных операциях в ремонтно-восстановительном производстве.

На основании принятого маршрута восстановления и расчетных операционных размеров предложены методики расчета оптимальных параметров технологических операций и их нормирования. Для разъяснения отдельных вопросов, возникающих при использовании данных методик, приведены примеры расчета наиболее распространенных технологических операций, выполняемых при восстановлении деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность и ремонт машин [Текст] : учебник / В. В. Курчаткин [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 776 с.
2. Технология ремонта машин [Текст] : учебник / Е. А. Пучин [и др.]. – М. : КолосС, 2007. – 488 с.
3. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий [Текст] : учебник / М. И. Юдин [и др.]. – Краснодар : Совет. Кубань, 2007. – 968 с.
4. Восстановление деталей машин [Текст] : справочное издание / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М : Машиностроение, 2001. – 672 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. [Текст] : справочное издание / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1986.
6. Обработка металлов резанием. Справочник технолога [Текст] : справочное издание / А. А. Панов [и др.] : под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
7. Селиванов, А. И. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники [Текст] : учебник / А. И. Селиванов, Ю. Н. Артемьев. – М. : КолосС, 2009. – 167 с.
8. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / Б. М. Базров. – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
9. Чеботарев, М. И. Нормирование точности и технические измерения деталей [Текст] : учеб. пособие / М. И. Чеботарев, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 146 с.
10. Восстановление деталей машин [Текст] : Справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]: под ред. В. П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
11. Иванов, В. П. Технология и оборудование восстановления деталей машин [Текст] : учебник для студ. вузов техн. спец. / В. П. Иванов . – Минск : Техноперспектива, 2007 . – 458 с.
12. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) [Текст] / В. И. Черноиванов, И. Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформротех», 2010. – 376 с.
13. Быков, В. В. Проектирование технологических процессов восстановления деталей транспортных и технологических машин / В. В. Быков [и др.]: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2013. – 64 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Расчет операционных размеров.....	5
1.1 Общие понятия о припуске на обработку, толщины нанесенного слоя металла и операционных размерах.....	5
1.2 Назначение припусков и расчет толщины нанесенного слоя металла и операционных размеров	10
1.3 Выбор маршрута восстановления поверхности.....	22
1.4 Общая последовательность расчета промежуточных размеров с использованием табличных припусков	27
2 Расчет норм времени	50
2.1 Общие положения	50
3 Расчет режимов и норм времени на операциях нанесения слоя металла	52
3.1 Ручная газовая сварка	52
3.2 Ручная электродуговая наплавка	60
3.3 Наплавка цилиндрических поверхностей деталей	68
3.4 Автоматическая наплавка под слоем флюса	70
3.5 Наплавка в среде углекислого газа.....	72
3.6 Расчет режимов обработки и нормирование автоматической наплавки под слоем флюса и в среде углекислого газа	74
3.7 Вибродуговая наплавка.....	84
3.8 Плазменная наплавка	94
3.9 Газопламенное напыление	100
3.10 Газопорошковая наплавка	104
4 Расчет режимов и норм времени на операциях электролитических покрытий.....	111
4.1 Электролитические покрытия.....	111
4.2 Расчет режимов обработки и нормирование электролитического наращивания металла	118
5 Расчет режимов резания и норм времени для точения, сверления и фрезерования.....	124
5.1 Порядок определения параметров режимов при механической обработке	124
5.2 Процессы механической обработки	125

5.3	Определение параметров точения, сверления и фрезерования.....	133
5.4	Определение норм времени на токарные, сверлильные и фрезерные работы	153
6	Расчет режимов резания и норм времени для строгания и долбления.....	172
6.1	Обработка на строгальных и долбежных станках	172
6.2	Определение режимов резания при строгании и долблении.....	174
6.3	Определение норм времени на строгание и долбление	176
7	Расчет режимов резания и норм времени для шлифовальных работ	184
7.1	Обработка на шлифовальных станках	184
7.2	Определение режимов резания при наружном и внутреннем круглом шлифовании с продольной подачей	188
7.3	Определение режимов резания при наружном и внутреннем круглом шлифовании методом врезания	192
7.4	Определение режимов резания при плоском шлифовании	196
8	Расчет режимов резания и норм времени для хонингования	210
8.1	Обработка на хонинговальных станках	210
8.2	Определение параметров и нормирование хонингования	213
9	Особенности обработки наплавленных поверхностей	224
9.1	Режимы резания при точении наплавленного металла.	224
9.2	Механическая обработка электролитических покрытий	224
9.3	Обработка наплавленных слоев шлифованием	225
	Заключение	227
	Список литературы	228

Учебное издание

Чеботарев Михаил Иванович
Кадыров Михаил Реминович
Андреев Андрей Викторович

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН**

Учебное пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 24.05.2017. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 13,5. Уч.-изд. л. – 10,5.

Тираж 75 экз. Заказ № 368

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13