

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация
наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» дневной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2025

УДК 629.13
ББК 39.33
В38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«31» августа 2025 г., протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. А. С. Мельников;
ассистент А. А. Мельников

Рецензент ст. преподаватель Ю. С. Романович

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине
«Восстановительные технологии» предназначены для студентов специальности
6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» дневной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Часть 1

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

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

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Статистические методы исследования точности механической обработки.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Выбор заготовок и определение нормы расхода материалов	8
3 Лабораторная работа № 3. Определение нормы времени при обработке деталей на токарных станках.....	13
4 Лабораторная работа № 4. Определение нормы времени при обработке деталей на сверлильных станках.....	16
5 Лабораторная работа № 5. Определение нормы времени при обработке деталей на шлифовальных станках	22
6 Лабораторная работа № 6. Определение нормы времени при обработке деталей на фрезерных станках.....	24
7 Лабораторная работа № 7. Назначение и расчет припусков при обработке наружных поверхностей детали	27
8 Лабораторная работа № 8. Назначение и расчет припусков при обработке внутренних поверхностей детали.....	32
Список литературы	35
Приложение А. Технические характеристики токарно-фрезерного станка Энкор Корвет-407.....	37

Введение

Важнейшим источником повышения эффективности работы автомобильного транспорта является постоянное совершенствование организации выявления дефектов и неисправностей деталей и узлов транспортных средств и технологии производства и ремонта автомобилей.

Цель методических рекомендаций – помочь студентам специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» дневной и заочной форм обучения сформировать на основе теории и практических методов знания, умения в области организации и технологии производства и ремонта автомобилей; развитие практических навыков по повышению эффективности ремонтного производства и улучшению качества ремонта и восстановления автомобилей.

Большое значение имеют задачи развития и совершенствования ремонтного производства.

Основные задачи дисциплины:

- показать практическую значимость ремонта автомобилей и повышение эффективности авторемонтного производства;
- раскрыть пути выполнения проведения ремонта и восстановления работоспособности деталей и узлов автомобилей на авторемонтном производстве на основе применения достижений современной промышленности и научно-технического прогресса;
- дать необходимые знания и навыки по организации мероприятий системы восстановления исправности и работоспособности автомобилей и их основных частей в условиях ремонтного производства автотранспортных организаций.

Изучение дисциплины базируется на фундаментальных знаниях общетехнических дисциплин: механике материалов, теоретической механике, материаловедению, деталям машин, автомобилям, автомобильным двигателям, технической эксплуатации автомобилей и др.

Дисциплина является основной для изучения и освоения методов и способов организации процесса восстановления и ремонта основных узлов автомобилей при проведении ремонта автомобилей.

1 Лабораторная работа № 1. Статистические методы исследования точности механической обработки

Содержание работы

Цель работы – определить экономическую точность технологического оборудования, используя закон распределения действительных размеров.

Чтобы сопоставить графически проведенные исследования и определить, насколько полученная кривая распределения действительных размеров приближается к теоретическому нормальному распределению, обе кривые надо начертить совмещенно в одинаковом масштабе. Для этого рассчитывают данные, необходимые для построения кривой нормального распределения.

Измеряя заготовки из одной партии после обработки их на станке, можно в пределах установленного допуска на размер распределить их на несколько групп с размерами в пределах определенного интервала. Тогда при достаточно большой партии (деталей) заготовок (50 шт.) можно установить, что число заготовок, попавших в каждую из оборотных групп, различно. Если построить график, расположив по его оси абсцисс значение L_i , а по оси ординат значение m (число заготовок, попавших в каждую группу и характеризующих частоту), то получившаяся кривая выражает закон распределения размеров, обрабатываемых заготовок в данной партии, состоящей из n заготовок.

Отношение $\frac{m}{n}$ называют частностью появления случайного события (в данном случае – заготовок одной группы точности).

Оборудование рабочего места

Рабочие чертежи детали, образцы заготовок деталей (предварительно обработанных) в количестве 50 шт., измерительный инструмент – микрометр МК25 (ш/д 0,01 мм) со стойкой, справочник и справочные пособия, микрокалькулятор.

Порядок выполнения работы

Произвести математическую обработку результатов измерения партии из 50 деталей для определения величины распределения и построения кривой нормального распределения. Размер детали – $17,20^{+0,05}_{-0,01}$ мм.

Заготовки обработаны при одной настройке станка, без смены и подналадки инструмента.

Поле допуска размера разбить на группы с интервалом измерения 0,01 мм. Измерение производить микрометром. Результаты измерений свести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

Номер группы	Интервал размеров L_i , мм	Частота m
1		
2		
3		
...		

Распределение среднего квадратичного отклонения произвести по формуле

$$G = \sqrt{\frac{\sum (L_i - L_{cp})^2 m}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 m}{n}}, \quad (1.1)$$

где L_i – действительный размер, мм;

L_{cp} – средний размер, мм;

m – частота;

n – общее число измеряемых деталей, $n = 50$ шт.

Для упрощения расчетов составляем таблицу 1.2. После заполнения графы 4 определить средний арифметический размер:

$$L_{cp} = \frac{\sum (L_i m)}{n}. \quad (1.2)$$

Таблица 1.2 – Результаты расчетов

Номер группы	Интервал размеров	Частота	Отклонение от среднего арифметического $(L_i - L_{cp})$	Квадратическое отклонение $(\bar{x}^2) = (L_i - L_{cp})^2$	Произведение величины $x^2 m^*$
1	2	3	4	5	6
1					
2					
...					
8					

Построение кривых фактического и нормального распределения. По данным таблицы 1.2 строим кривую нормального распределения, подставляя в уравнение кривой нормального распределения значения x_i :

$$y = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x_i^2}{2G^2}}. \quad (1.3)$$

Для построения кривой по оси абсцисс откладываем значения размеров L_i или $x_i = L_i - L_{cp}$, а по оси ординат – значения y . Для построения кривой

достаточно пяти основных точек, соответствующих пяти значениям y .

Первая точка $y_1 = y_{\max}$; y_{\max} будет в том случае, когда $L_i = L_{cp}$ или $x_i = L_i - L_{cp} = 0$.

$$y_1 = y_{\max} = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}}. \quad (1.4)$$

Найдем вторую и третью точки y_2 и y_3 . Ордината для точек перегиба при $x_i = \pm G$ определяется следующим образом:

$$y_2 = y_3 = \pm \frac{0,24}{G}. \quad (1.5)$$

Кривая нормального распределения простирается в обе стороны в бесконечность и асимметрически приближается к оси абсцисс.

Можно принять, что $y_4 = y_5 = 0$ при $x_i = \pm 3G$.

Кривые фактического и нормального распределения представлены на рисунке 1.1.

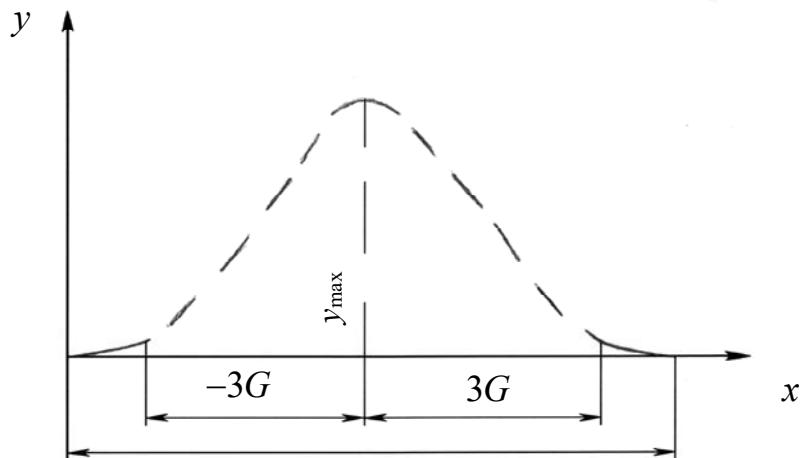


Рисунок 1.1 – Кривая распределения

Строим кривую распределения действительных размеров, для этого следует привести вычисленные значения y в том же масштабе. Для значений $y_1 \dots y_5$ следует умножить на $n \wedge L$ ($\wedge L$ – интервал размеров) и подставить значение G :

– при $x_i = 0$

$$y_1 = \frac{0,4 \wedge Ln}{G};$$

– при $x = \pm G$

$$y_3 = \frac{0,24 \wedge Ln}{G};$$

– при $x_i = \pm 3G$

$$y_4 = y_5 = 0.$$

В соответствии с полученными данными строим кривую нормального распределения.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое кривая распределения?
- 2 Перечислите причины возникновения отклонения в размерах деталей.
- 3 Укажите причины возникновения погрешности изготовления деталей.

2 Лабораторная работа № 2. Выбор заготовок и определение нормы расхода материалов

Необходимые материалы

Чертеж детали, справочники и справочные пособия, содержащие данные по материалам и расчету припусков, типовые технологические процессы, штангенциркуль, весы.

Порядок выполнения работы

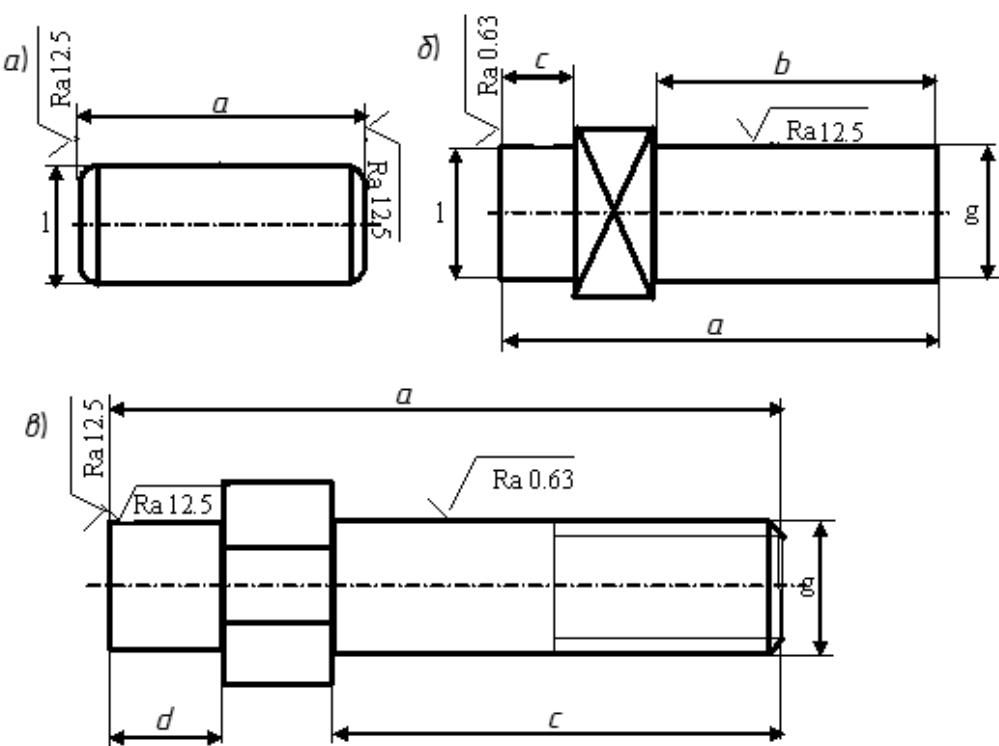
Ознакомиться с чертежами детали на рисунке 2.1. Составить схему технологических процессов. Выбрать профиль и размеры материала заготовок. Определить черновую массу заготовок деталей. Определить чистую массу деталей.

По составленной схеме технологических процессов определить общее количество технологических потерь материала (припуска на отрезание, запиливание, кратность прутка) в процентах. Определить норму расхода материалов с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида детали. Измерить размеры заготовки, сравнить с расчетными данными. Измерить размеры детали и сравнить с расчетными данными. Измерить массу заготовки и готовой детали, сравнить с расчетными данными.

Варианты заданий приведены в таблице 2.1.

Таблицей 2.2 можно пользоваться при определении массы других материалов указанных профилей, для чего необходимо данные значения умножить на коэффициент $Br = 0,92$; $Cu = 1,3$; $Pb = 1,45$; $Al = 0,34$; латунь = 0,34.

Длина прутка нормальной точности 3,5 м.



a – ось; δ – штифт; $б$ – шпилька

Рисунок 2.1 – Заготовки

Таблица 2.1 – Варианты заданий

Вариант	Размер					
	A	B	C	D	G	L
1	42	20	20	10	16	22
2	50	20	20	10	16	26
3	56	20	25	10	18	30
4	58	25	25	15	18	36
5	61	25	30	15	35	40
6	65	30	30	20	35	42
7	67	30	35	20	36	46
8	73	30	35	20	36	48
9	76	35	50	23	41	49
10	80	35	50	23	41	50

Классы точности и перевод их в квалитеты точности представлены в таблице 2.3.

Сортамент стали горячекатаной: круглой (по ГОСТ 2590–2006), квадратной (по ГОСТ 2591–2006), шестигранной (по ГОСТ 2879–2006). Классы точности по ГОСТ 23751–86 и перевод их в квалитеты точности по ГОСТ 23360–78.

Таблица 2.2 – Сортамент стали горячекатаной: круглой (по ГОСТ 2590–2006), квадратной (по ГОСТ 2591–2006), шестиугольной (по ГОСТ 2879–2006)

Диаметр, сторона квадрата или диаметр описанного шестиугольника, мм	Теоретическая масса 1 п. м		
	круга	квадрата	шестиугольника
20	2,47	3,14	2,72
21	2,72	3,46	3,00
22	2,98	3,80	3,29
24	3,55	4,52	3,92
25	3,85	4,91	4,25
26	4,17	5,30	4,59
28	4,83	6,15	5,33
30	5,55	7,06	6,12
32	6,31	8,04	6,96
34	7,13	8,17	7,86
36	7,99	10,17	8,81
40	9,87	12,56	10,88
42	10,87	13,85	11,99
45	12,48	15,90	13,77
48	14,21	18,09	15,66
50	15,42	19,63	16,99
53	17,32	12,55	18,67
56	19,33	24,61	21,32
60	22,19	28,26	24,50
63	24,47	31,16	26,98
65	26,05	33,17	28,70

Таблица 2.3 – Классы точности и перевод их в квалитеты точности

Метод обработки	Класс точности		R_a , мкм
	ГОСТ 23751–86	ГОСТ 23360–78	
	Класс	Квалитет	
1	2	3	4
Точение:			
предварительное	5	11...12	12,5
чистое	3	8...9	2,5
тонкое	2	6...7	0,63
Фрезерование:			
предварительное	5	11...12	12,5
чистовое	3	8...9	2,5
тонкое	2	6...7	0,63
Развертывание:			
предварительное	3	8...9	2,5
окончательное	2	6...7	0,63
тонкое	1	5	0,32

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4
Шлифование:			
чистовое	3	6	0,63
тонкое	2	5	0,32
притирка	1	4	0,16...0,04

Пример расчета

На рисунке 2.2 приведен общий вид болта (сталь 12) с шестигранной головкой размером 22 мм². В соответствии с ГОСТ 8560–67 выбираем профиль. Материал заготовки: шестигранник 22 мм, нормальной точности, длиной 3,5 м.

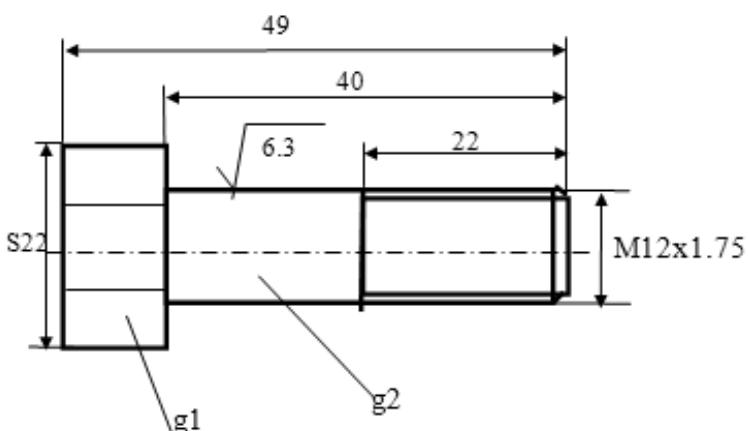


Рисунок 2.2 – Эскиз детали

Технологический процесс получения заготовки состоит из операции отрезки от прутка нужной длины заготовок. Диаметр заготовки определяется исходя из количества операций на мехобработке.

Черновой вес заготовки определяем из теоретической массы 1 м длины шестигранника (см. таблицу 2.2), равного 3,29 кг.

$$Q_2 = 3,29 \cdot 0,049 = 0,161 \text{ кг},$$

где 0,049 – длина заготовки (по чертежу обработка торцов и подрезка не предусмотрены), м.

Чистая масса определяется из чертежа, как сумма массы каждой из шеек детали:

$$Q_1 = g_1 + g_2 = 3,29 \cdot 0,0049 + 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot p = 0,0296 + 0,0396 = 0,069 \text{ кг},$$

где l – длина цилиндрической шейки (стержня), см;

p – плотность стали, $p = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Эскиз операционный детали представлен на рисунке 2.3.

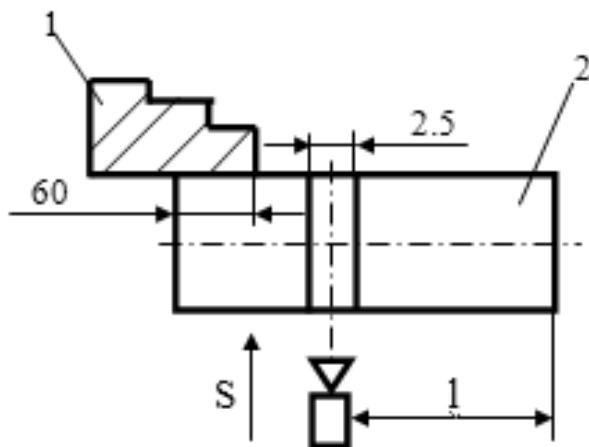


Рисунок 2.3 – Эскиз операционный детали

Потери на зажим принимаем равными 60 мм (деталь обрабатывается на автомате), а припуска на отрезание – 2,5 мм. Тогда количество деталей X , изготавливаемых из принятой длины прутка, равно:

$$X = \frac{3500 - 60}{49 + 2,5} = 66.$$

Остаток длины прутка составит:

$$3500 - 60 - 66 \cdot (49 + 2,5) = 3440 - 3399 = 41 \text{ мм},$$

т. е. некратность составляет 41 мм, или в процентах к длине прутка равна

$$Z_{hk} = \frac{41}{3500} \cdot 100 \% = 1,2 \%.$$

Потери на отрезание

$$Z_{om} = \frac{2,5}{49} \cdot 100 \% = 5,1 \%.$$

Потери на зажим

$$Z_3 = \frac{60}{3500} \cdot 100 \% = 1,7 \%.$$

Общие потери в процентах к длине прутка

$$Z_{o\delta} = Z_{hk} + Z_{om} + Z_3 = 1,2 + 5,1 + 1,7 = 8 \%.$$

Норма расходов материала на одну деталь с учетом всех потерь

$$Q = Q_2 \cdot Z_{\text{об}} = \frac{0,161 \cdot 8 \%}{100 \%} = 0,013 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала:

– при получении заготовки

$$K_m = \frac{0,013}{0,069} = 0,18;$$

– при механической обработке

$$K_m = \frac{0,069}{0,161} = 0,43.$$

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Определение заготовки.
- 2 Определение изделия, виды изделия.
- 3 Преимущества и недостатки получения заготовок из проката.
- 4 Получение заготовок пластической деформацией.

3 Лабораторная работа № 3. Определение нормы времени при обработке деталей на токарных станках

Содержание работы

Изучение затрат времени на выполнение работы и отдельных элементов, составляющих норму времени и их определение. Решение задач по определению нормы отчета. Провести измерение (хронометраж) времени, затраченного на обработку заготовки. Произвести измерение поверхности, подвергавшейся обработке. Обработка результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Микрокалькулятор, штангенциркуль с пределами измерений 0...125 мм (ГОСТ 166-73), детали, узлы, по которым решаются задачи, справочная литература по режимам резания, токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407

(приложение А), набор токарных резцов по металлу – 6 шт.

Порядок выполнения работы

Изучить структуру затрат рабочего времени на выполнение производственной работы, составляющих норму времени t_n :

$$t_n = t_{um} + \frac{t_{n3}}{m} = t_o + t_e + t_{np} + \frac{t_{n3}}{m}, \quad (3.1)$$

где t_{um} – время, необходимое на выполнение операции, мин;

t_{n3} – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с порученной работой, подготовку к этой работе и выполнение действий, связанных с ее окончанием, $t_{n3} = 10$ мин;

t_{np} – прибавочное время (обслуживания рабочего места, отдых и естественные надобности), затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом на протяжении выполнения данной работы, операции. Это время устанавливается по нормативам в процентах от оперативного времени, $t_{np} = 6,5 \% \cdot (t_o + t_e)$;

m – количество деталей в партии, $m = 200; 240...300$ шт.;

t_o – основное (технологическое время, необходимое на непосредственное изменение геометрической формы, размеров и свойств обрабатываемой детали, мин;

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S}; \quad (3.2)$$

L – длина обработки, мм; $L = l_1 + l + l_2$.

Оперативным временем называется время, в течение которого осуществляется производственная работа, связанная с выполнением данной операции:

$$t_{on} = t_o + t_e. \quad (3.3)$$

Следовательно, аналитически норму штучного времени можно представить следующим образом:

$$T_{um} = \sum(t_o + t_e) \cdot (1 + X/100), \quad (3.4)$$

где X – процент дополнительного времени от оперативного, $X = 6 \%...8 \%$.

Расчет режимов резания

Режимы резания выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить высокое качество обработки детали, наибольшую производительность труда и наименьшую стоимость операции.

Расчет режимов резания ведут в следующей последовательности.

Выбирают глубину резания. Глубину резания t при черновой обработке рекомендуется брать возможно большую, а при чистовой она определяется в зависимости от шероховатости поверхности. Обычно глубина резания равна межоперационному припуску Z_i :

$$T = Z_i. \quad (3.5)$$

По выбранной глубине резания и диаметру обрабатываемой поверхности определяют подачу S , согласуя ее с паспортными данными станка.

По найденным значениям t и S – с помощью справочных таблиц или путем расчета определяется скорость резания по формуле

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^{x_v} S^{y_v}}, \quad (3.6)$$

где K_V – коэффициент, зависящий от условий обработки;

T – стойкость инструмента, мин;

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

S – подача, мм/об;

C_V, m, x_v, y_v – степени при соответствующих параметрах.

Зная теоретическую скорость резания, можно определить теоретическую частоту вращения шпинделя, которую необходимо сопоставить с паспортными данными станка. Частота вращения шпинделя вычисляется по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (3.7)$$

где D – диаметр обрабатываемой детали, мм.

Определяется сила резания P_z по формуле

$$P_z = t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot C_p \cdot K_{pz}. \quad (3.8)$$

Выбранные режимы резания должны удовлетворять следующему условию:

$$N_g \leq N_e, \quad (3.9)$$

при этом

$$N_g = \frac{P_z V_g}{1020 \cdot 60}, \quad (3.10)$$

где N_g – мощность, необходимая на резание, кВт;

N_e – эффективная мощность станка, кВт.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите основные виды токарных операций. Режим резания.
- 2 Базирование. Виды баз, принципы выбора и совмещения баз. Погрешности установки.
- 3 Укажите способы повышения качества поверхности при выполнении токарных операций.
- 4 Укажите виды вспомогательного времени при выполнении токарных операций.

4 Лабораторная работа № 4. Определение нормы времени при обработке деталей на сверлильных станках

Содержание работы

Изучение отдельных элементов, составляющих норму времени и их определение. Решение задач по определению нормы времени. Провести измерение (хронометраж) времени, затраченного на обработку заготовки. Произвести измерение поверхности подвергавшейся обработке. Обработка полученных результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Микрокалькулятор, штангельциркуль ШЦ-1 (ГОСТ 166–80) или микромер МК (ГОСТ 6507–69), детали и узлы, по которым решаются задачи, токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407 (см. приложение А), справочная литература с режимами резания и таблицами для нормирования.

Порядок выполнения работы

На авторемонтных предприятиях широко применяются все виды сверлильных работ: сверление отверстий, зенкерование и развертывание отверстий.

В качестве режущего инструмента для сверления отверстий применяются различные типы сверл. Согласно ГОСТ 885–60 предусмотрена градация сверл в пределах 0,25...80 мм. Применение сверл малого диаметра ограничивается прочностью самого сверла, а большого диаметра – жесткостью конструкции сверлильных станков и обрабатываемой детали.

Обычная точность сверления не превышает 10...8 квалитетов, а чистота

обрабатываемой поверхности лежит в пределах $Rz = 20\dots40$ мкм.

Методика нормирования сверлильных работ имеет много общего с нормированием токарных работ, однако имеет и ряд особенностей: размер обрабатываемого отверстия определяется размером инструмента; главное движение и движение подачи осуществляется режущим инструментом.

Глубина резания при сверлении равна половине диаметра:

$$t = D / 2, \quad (4.1)$$

где t – глубина резания, мм;

D – диаметр сверла, мм.

При рассверливании

$$t = (D - d) / 2, \quad (4.2)$$

где d – диаметр отверстия в заготовке, мм.

Подача при сверлении S представляет собой перемещение сверла за один его оборот и измеряется в миллиметрах на оборот. Величина подачи S выбирается в зависимости от диаметра сверла D и материала заготовки. Сверло большого диаметра по своей прочности допускает большую подачу. Подача S определяется по таблицам. Подачи табличные даны для сверления отверстий с глубиной сверления до $3D$. При глубине сверления более $3D$ следует вводить поправочный коэффициент K_s .

В случаях, когда диаметр отверстия превышает 30 мм, следует применять рассверливание деля припуск примерно на две равные части.

При рассверливании отверстий подача S увеличивается примерно в 1,7 раза по сравнению с табличными.

Скорость резания при сверлении в зависимости от основных факторов резания может быть подсчитана по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^{zv}}{T^m \cdot S^{yv}} K_v. \quad (4.3)$$

При рассверливании

$$V = \frac{C_v \cdot D^{zv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} \cdot K_v, \quad (4.4)$$

где V – скорость резания, м/мин;

C_v – постоянный коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал, материал инструмента, геометрию сверла и метод обработки;

T – период стойкости инструмента, мм;

K_v – поправочный коэффициент, учитывающий условия обработки; для сталей – $K_v = 0,84\dots1,32$; для чугунов – $K_v = 1,0\dots1,63$.

По расчетной скорости резания определяется частота вращения шпинделя

по формуле

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D. \quad (4.5)$$

Полученная частота вращения шпинделя корректируется по паспортным данным станка, принимая ближайшее меньшее значение.

Основное (машинное) время при сверлении t_o , мин, находится по формуле

$$t_o = L / n \cdot S, \quad (4.6)$$

где L – расчетная длина обработки, мм;

$$L = l + l_1 + l_2; \quad (4.7)$$

l – длина обрабатываемого отверстия по чертежу, мм;

l_1 – величина врезания, мм;

l_2 – величина передачи режущего инструмента, мм;

n – частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹;

S – подача режущего инструмента, мм/об.

Аналитически норму штучного времени можно определить следующим образом:

$$T_{um} = t_o + t_{sc} + t_{np} = (t_o + t_{sc}) (1 + X/100), \quad (4.8)$$

где t_{sc} – вспомогательное время, необходимое для выполнения операции (перехода), мин;

t_{np} – прибавочное время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом на протяжении выполнения данной работы, мин;

X – процент прибавочного времени от оперативного.

Техническая норма времени вычисляется по формуле

$$T_n = T_{um} + t_{nz}/m, \quad (4.9)$$

где t_{nz} – подготовительно-заключительное время, мин;

m – количество деталей в партии, шт.

Пример – Определить норму времени T_n на сверлильную операцию при сверлении двух отверстий во фланце маслосборника (рисунок 4.1).

Исходные данные: материал – сталь 20 листовая, масса детали – 0,3 кг. Сверлить два отверстия диаметром 9 мм, партия деталей $m = 100$ шт. Учитывая характер работы, принимаем радиально-сверлильный станок 2А53. Режущий инструмент – сверло $D = 9$ мм из стали Р-18. Измерительный инструмент – штангенциркуль.

Глубина резания при сверлении в сплошном металле

$$t = D/2 = 9/2 = 4,5 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

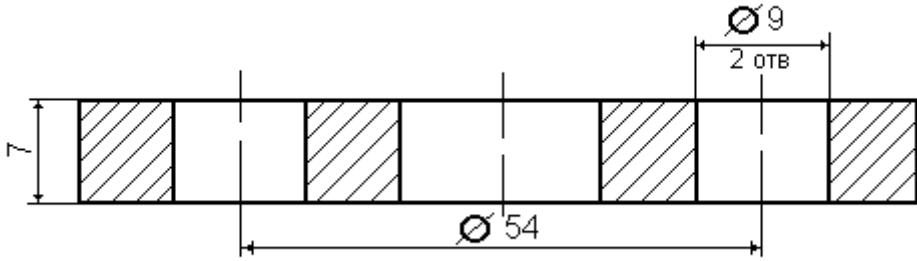


Рисунок 4.1 – Фланец маслосборника

Подача $S = 0,16 \dots 0,20$ мм/об. Подача уточняется по паспорту станка.
Скорость резания

$$V = \frac{CvD^{z_v}}{T^m \cdot S^{Y_v}} \cdot K; \quad (4.11)$$

$$V = \frac{8,9 \cdot 9^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,16^{0,7}} \cdot 2 = 33 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33}{3,14 \cdot 9} = 1168 \text{ об/мин.} \quad (4.12)$$

Принимаем ближайшее меньшее по паспорту станка $n = 1120 \text{ мин}^{-1}$.
Фактическая скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 1120}{1000} = 31,7 \text{ м/мин.} \quad (4.13)$$

Основное время на два отверстия

$$t_0 = \frac{L}{nS} i = \frac{12}{1120 \cdot 0,16} \cdot 2 = 0,14 \text{ мин.} \quad (4.14)$$

Расчетная длина обрабатываемой поверхности

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (4.15)$$

где $l = 6$ мм, $l_1 = 5$ мм, $l_2 = 1$ мм (l_1 и l_2 берут по справочникам).

Тогда

$$L = 6 + 5 + 1 = 12 \text{ мм.}$$

Вспомогательное время находится по формуле

$$t_{\text{вс}} = t_{yc} + t_{nep} + t_{изм}, \quad (4.16)$$

где t_{yc} – время на установку и снятие детали, $t_{yc} = 0,16$ мин; с кондуктором увеличивается на 0,16 мин: $t_{yc} = 0,32$ мин;

t_{nep} – время, связанное с переходом, $t_{nep} = 0,12$ мин;

$t_{изм}$ – время, необходимое для выполнения отдельных приемов, $t_{изм} = 0,02$ мин на одно отверстие.

Отсюда

$$t_{\text{вс}} = 0,32 + 0,12 \cdot 2 + 0,022 = 0,6 \text{ мин.}$$

Прибавочное время при $X_{np} = 8,5 \%$

$$t_{np} = (t_0 + t_{\text{вс}}) X_{np} / 100 = (0,14 + 0,6) 8,5 / 100 = 0,06 \text{ мин.} \quad (4.17)$$

Штучное время

$$T_{um} = t_0 + t_{\text{вс}} + t_{np} = 0,14 + 0,6 + 0,06 = 0,80 \text{ мин.} \quad (4.18)$$

Норма времени на операцию

$$T_n = T_{um} + t_{nз} / m = 0,8 + 10/100 = 0,9 \text{ мин,} \quad (4.19)$$

где $t_{nз} = 10$ мин.

Подача S при сверлении сверлом из быстрорежущей стали представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Подача S при сверлении сверлом из быстрорежущей стали

В миллиметрах на оборот

Диаметр сверла, мм	Сталь	Чугун	
		HB 170	HB 180
6	0,08...0,16	0,15...0,3	0,1...0,2
8	0,16...0,2	0,2...0,4	0,12...0,24
10	0,20...0,25	0,26...0,52	0,15...0,31
12	0,24777...0,28	0,3...0,6	0,2...0,35
16	0,27...0,34	0,35...0,7	0,2...0,4
20	0,30...0,40	0,4...0,8	0,25...0,5
24	0,32...0,43	0,45...0,9	0,3...0,55
30	0,35...0,5	0,5...1,0	0,35...0,6

В случае применения сверл, оснащенных твердым сплавом, подачу S следует принимать с коэффициентом 0,8. Значения поправочного коэффициента K_s представлено в таблице 4.2.

Значения C_v , m , Z_v , Y_v , X_v для сверл из быстрорежущей стали Р9 и Р18 представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.2 – Значения поправочного коэффициента K_s

Отношение l/D	0,5...0,7	0,7...1	1...3	3...5	5...7	7...10
K_s	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7

Таблица 4.3 – Значения C_v , m , Z_v , Y_v , X_v для сверл из быстрорежущей стали Р9 и Р18

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Подача S , об/мин	Коэффициент и показатели степеней				
			C_v	m	Z_v	Y_v	X_v
Сталь конструкционная	Сверление	$\leq 0,2$ $> 0,2$	8,9 12,4	0,2	0,4	0,7 0,5	–
	Рассверливание	–	20,7	0,2	0,4	0,5	0,2
Чугун серый	Сверление	$\leq 0,3$ $> 0,3$	17,6 20,5	0,125	0,25	0,55 0,4	–
	Рассверливание	–	28	0,125	0,25	0,4	0,1

Средние периоды стойкости сверла T представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Средние периоды стойкости сверла T

В минутах

Обрабатываемый материал	Диаметр сверла D , мм						
	до 5	6...10	11...20	21...30	31...40	41...50	51...60
Сталь (с охлаждением)	6	6	15	25	35	45	60
Чугун (без охлаждения)	12	16	30	50	75	90	120

Величина врезания и перебега инструмента при обработке на сверлильных станках $l_1 + l_2$ представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Величина врезания и перебега инструмента при обработке на сверлильных станках $l_1 + l_2$

Вид работы	Диаметр инструмента, мм								
	5	10	15	20	25	30	40	50	60 и более
Сверление на проход	2,5	6	8	10	15	16	18	22	27
Сверление глухое	2	4	6	7	9	11	14	17	23

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Способы получения отверстий на сверлильном станке. Режим резания.
- 2 Базирование. Виды баз, принципы выбора и совмещения баз. Погрешности установки.
- 3 Способы повышения качества отверстий при сверлении.
- 4 Укажите виды вспомогательного времени при сверлении.

5 Лабораторная работа № 5. Определение нормы времени при обработке деталей на шлифовальных станках

Содержание работы

Изучение затрат времени на выполнение работы и отдельных элементов, составляющих норму времени. Решение задач по определению технически обоснованной нормы времени. Провести измерение (хронометраж) времени, затраченного на обработку заготовки при шлифовании. Произвести измерение поверхности, подвергавшейся обработке. Обработка результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Микрокалькулятор, штангенциркуль с пределами измерения 0...125 (ГОСТ 166–73), токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407 (см. приложение А), детали, узлы, по которым решаются задачи, справочная литература по режимам резания.

Порядок выполнения работы

Шлифование цилиндрических поверхностей валов на круглошлифовальных станках может выполняться с поперечной или продольной подачей при автоматическом или ручном цикле в два этапа: шлифование и выхаживание.

Определение режимов резания начинается с выбора размеров и характеристики шлифовального круга, в состав которой входят: марка абразивного материала, зернистость, твердость, вид связки, структура, точность балансировки круга.

Скорость резания детали V_o принимается по [8, таблица А.18]. По этому значению рассчитывается частота вращения детали:

$$n_o = \frac{1000 \cdot V_o}{\pi \cdot d}, \quad (5.1)$$

где d – диаметр детали, мм.

Полученное значение частоты вращения детали n_d уточняется по паспорту станка. При этом следует иметь в виду, что все модели круглошлифовальных станков имеют бесступенчатое регулирование частоты вращения заготовки.

Аналогичным образом определяется частота вращения шлифовального круга.

Поперечная минутная подача S_M выбирается по [8, таблица А.19], а время выхаживания – по [8, таблица А.21].

Расчет основного времени при шлифовании отличается от его расчета при обычных методах обработки (точении, сверлении, фрезеровании и др.):

$$t_0 = \frac{1,3(Z - Z_{\text{был}})}{S_M} + t_{\text{был}}. \quad (5.2)$$

Определение основного времени. Для всех операций разработанного технологического процесса рассчитывается основное время по формуле

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n}, \quad (5.3)$$

где $L_{p.x}$ – длина рабочего хода инструмента.

$$L_{p.x} = L_{рез} + y, \quad (5.4)$$

где $L_{рез}$ – длина резания;

y – величина подвода, врезания и перебега инструмента.

Значение подвода врезания и перебега определяют в зависимости от конкретных условий обработки, при этом необходимо учитывать конструкцию инструмента и геометрию режущей части, припуск на обработку, форму и размеры детали и др.

При многопроходной обработке без изменения режимов резания основное время определяется по формуле

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n} \cdot i, \quad (5.5)$$

где i – число проходов.

При изменении режимов резания основное время определяется отдельно для каждого перехода и затем суммируется.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите основные виды шлифовальных операций. Режим резания.
- 2 Базирование. Виды баз, принципы выбора и совмещения баз. Погрешности установки.
- 3 Способы повышения качества поверхности при выполнении шлифовальных операций.
- 4 Укажите виды вспомогательного времени при выполнении шлифовальных операций.

6 Лабораторная работа № 6. Определение нормы времени при обработке деталей на фрезерных станках

Содержание работы

Изучение затрат времени на выполнение работы и отдельных элементов, составляющих норму времени. Решение задач по определению технически обоснованной нормы времени. Провести измерение (хронометраж) времени, затраченного на обработку заготовки. Произвести измерение поверхности, подвергавшейся обработке. Обработка результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Микрокалькулятор, штангенциркуль с пределами измерения 0...125 (ГОСТ 166–73), токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407 (см. приложение А), детали, узлы, по которым решаются задачи, справочная литература по режимам резания.

Порядок выполнения работы

Обработка детали фрезерованием широко применяется на авторемонтных предприятиях. Различают фрезерование торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами, а также фрезерованием фасонных поверхностей специальными фрезами.

Конструкцию и размеры фрезы выбирают в зависимости от вида и размеров обрабатываемой поверхности. При выборе диаметра фрезы следует учитывать, что фрезы меньшего диаметра являются более производительными.

Определение времени на фрезерование ведут в следующей последовательности.

Определяют глубину резания, обычно она снижается за один проход. В зависимости от глубины резания и вида обработки выбирают диаметр и глубину фрезы.

Большое значение при нормировании имеет выбор подачи S .

Различают следующие виды подач:

S_z – подача на один зуб фрезы [4, с. 284, таблица 35];

S_o – подача на один оборот фрезы, мм/об;

S_m – минутная подача, м/мин.

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot Z_n,$$

где Z_n – число зубьев фрезы;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹.

Подачу выбирают по нормативным справочным таблицам режимов резания и в зависимости от вида фрезерования, диаметра фрезы $D_{\phi p}$, глубины резания $t(h)$ и механических свойств обрабатываемой детали.

Скорость резания зависит от условий обработки. Зависимость скорости резания V от частоты вращения фрезы $n_{\phi p}$ выражается следующим образом:

$$V = \frac{C_V D^g K_p}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p}; \quad (6.1)$$

$$V = \frac{\pi D_{\phi p} n_{\phi p}}{1000}, \quad (6.2)$$

где

$$n_{\phi p} = \frac{1000V}{\pi D_{\phi p}}. \quad (6.3)$$

Основное время при фрезеровании зависит от характера обработки. При фрезеровании плоских поверхностей, сквозных канавок, шлиц время вычисляется по формуле

$$t_o = \frac{l_1 + l_2 + l_o}{S_m} i, \quad (6.4)$$

где l_o – длина обработки, мм;

l_1, l_2 – величины врезания и пробега фрезы, мм;

i – число прохода;

S_m – минутная подача, мм/мин.

При фрезеровании шпоночных канавок, закрытых с обеих сторон, основное время определяется по формуле

$$l_0 = \left(\frac{h}{S_{m6}} + \frac{l - x}{S_{mn}} \right), \quad (6.5)$$

где h – глубина шпоночной канавки, мм;

S_{m6}, S_{mn} – вертикальная и продольная подача соответственно, мм/мин;

l – длина канавки, мм;

x – величина хода фрезы, соответствующая углублению фрезы в канавку, мм.

Определить время, необходимое для выполнения фрезерной работы, можно по формуле

$$T_n = T_{um} + \frac{t_{n_3}}{Z} = t_0 + t_l + t_{np} + \frac{t_{n_3}}{n}, \quad (6.6)$$

где T_n – норма времени на выполнение фрезерной работы, мин;

T_{um} – штучное время, мин;

t_0 – основное время, мин;

t_l – вспомогательное время, мин;

t_{n_3} – подготовительно-заключительное время, мин;

n – партия деталей, шт.;

t_{np} – прибавочное время, мин.

Пример расчета при фрезеровании

Определение нормы времени T_n на фрезерную операцию при фрезеровании торцового паза шкворня ЗИЛ-130.

Исходные данные: материал – сталь 18ХГТ; НВ 149...187; масса детали – 2 кг; партия деталей – 120 шт.

Оборудование. Учитывая характер обрабатываемой детали, выбираем токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407, приспособление – тиски пневматические со специальным приспособлением, режущий инструмент – дисковая фреза трехсторонняя (ГОСТ 3155–78) $D = 80$ мм; $B = 5$ мм; $Z = 18$ [4, с. 181, таблица 82]. Охлаждение – эмульсия. Измерительный инструмент – шаблон.

Режим резания. Глубина резания $t = 5$ мм (по чертежу). Подача $S_z = 0,01$ мм/зуб [4, с. 284, таблица 35].

Корректируем табличную подачу по паспорту станка. Чтобы скорректировать подачу, нужно определить скорость резания V :

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_p,$$

где $C_V = 690$; $q = 0,2$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $p = 0$; $m = 0,35$ [4, таблица 39];

T – стойкость резца, $T = 120$ мин [4, с. 290, таблица 40];

K_p – поправочный коэффициент [4, с. 262, таблицы 3–6],

$$K_p = K_{MV} K_{nv} K_{UV} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,8.$$

Тогда

$$V = \frac{690 \cdot 80^{0,2} \cdot 0,8}{120^{0,35} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 5^{0,1} \cdot 18^{0,01}} = \frac{690 \cdot 2,4 \cdot 0,8}{5,35 \cdot 1,62 \cdot 0,32 \cdot 1,18 \cdot 1} = 360 \text{ м/мин};$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\phi p}} = \frac{1000 \cdot 360}{3,14 \cdot 80} = 1432,24 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточняем по паспорту станка Энкор Корвет-407 $n_{\text{станка}} = 1100 \text{ мин}^{-1}$,
 $S_u = S_z n = 0,01 \cdot 18 \cdot 1100 = 203,4 \text{ мм/мин.}$

По паспорту станка $S_m = 190 \text{ мм/мин.}$

Определяем длину обработки l . По чертежу $l = 38,2 \text{ мм.}$

Величина врезания инструмента $l_1 = 18,7 \text{ мм.}$

Величина выхода инструмента (берется по справочнику) $l_2 = 2,6 \text{ мм.}$

Отсюда

$$L = 38,2 + 18,7 + 2,6 = 58,5 \text{ мм.}$$

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

1 Виды фрезерования. Режим резания.

2 Базирование. Виды баз, принципы выбора и совмещения баз. Погрешности установки.

3 Почему фрезерование чаще применяется при обработке плоских поверхностей, чем другие методы?

7 Лабораторная работа № 7. Назначение и расчет припусков при обработке наружных поверхностей детали

Содержание работы

Изучение параметров (элементов), которые используются при расчете припусков при механической обработке. Решение задач по определению припусков на механическую обработку. Обработка полученных результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Деталь или чертеж, по которым решается задача, штангельциркуль ШЦ-1 (ГОСТ 166-80) или нутромер (ГОСТ 2015-79), справочная литература по определению припусков, микрокалькулятор.

Порядок выполнения работы

Изучить конструкцию детали, вычертить эскиз детали в отчете. Проставить на чертеже детали точность выполнения размеров и соответствующую этой точности шероховатость Rz (Ra). Определить метод получения заготовки заданной детали и записать в отчет. При решении вопроса о наличии в заготовках отверстий, необходимо учитывать следующие положения: у заготовок, полученных методом пластической деформацией (поковки, штамповки и др.) в серийном производстве, минимальное отверстие, которое может быть равно 40 мм; длина отверстия не должна превышать трех диаметров; наименьший диаметр у заготовок, полученный литьем, – 18 мм.

Произвести построение плана (маршрута) обработки заготовки исходя из точности получения заготовки. Определить технологические базы. Произвести измерение заготовки, сравнить с расчетными данными. Произвести измерение готовой детали после выполнения обработки согласно разработанному маршруту и сравнить с расчетными данными.

Данные, необходимые для расчета припусков, записать в таблицу 7.1.

Карта расчета припусков на обработку детали приведена в таблице 7.2.

Таблица 7.1 – План обработки поверхностей

Размер обработки поверхности	Требуемый параметр поверхности		Метод обработки поверхности	Допускаемый параметр	
	Квалитет	Шероховатость		Квалитет	Шероховатость

Таблица 7.2 – Карта расчета припусков на обработку детали

Маршрут обработки поверхности	Точность обработки	Элемент припуска, мкм				Припуск, мкм	Допуск Δ , мкм	Принятый размер	
		Rz	T_i	ρ_i	ε_i			d_{\min}	d_{\max}

Рассчитать припуски на каждую операцию технологического процесса обработки поверхности по формуле

$$2Z_{\min i} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (7.1)$$

где $Z_{\min i}$ – минимальный припуск на обработку выполняемой операции, мкм;

$R_{z_{i-1}}$ – высота неровностей обрабатываемой поверхности детали, предшествующей операции, мкм;

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхностного слоя обрабатываемой детали, мкм;

ρ_{i-1} – пространственное отклонение взаимного расположения поверхностей, мкм.

С достаточной точностью может быть определено, что

$$\rho_i = 0,1 \cdot \rho_{i-1}; \quad \rho_1 = 0,1 \cdot \rho_{\text{заг}}; \quad \rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (7.2)$$

где $\rho_{\text{см}}$ – пространственное отклонение, вызванное от смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой, мкм.

При закреплении деталей в трехкулачковом патроне

$$\rho_{\text{см}} = \frac{\delta_e}{2}, \quad (7.3)$$

где δ_e – точность поверхности, принятой за технологическую базу, мкм.

Пространственное отклонение $\rho_{\text{кор}}$, вызванное возможностью коробления заготовки, может быть найдено по формуле

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k D)^2 + (\Delta_k l)^2}, \quad (7.4)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина заготовки, мм;

Δ_k – удельная кривизна заготовки.

При сверлении отверстий в сплошном металле величина погрешности установки для заготовки определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}, \quad (7.5)$$

где C_0 – смещение оси отверстия при сверлении, мкм;

Δ_y – удельный показатель увода сверла, мкм;

l – глубина сверления, мм.

Величина погрешности установки для каждой последующей операции определяется по формуле

$$\varepsilon_i = 0,15 \varepsilon_{i-1}. \quad (7.6)$$

Максимальный припуск на обработку

$$2Z_{\max i} = 2Z_{\min i} + \delta_{i-1} - \delta_i. \quad (7.7)$$

Определить принятые (округленные) размеры детали по операциям. Характеристика методов выполнения литых заготовок представлена в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Характеристика методов выполнения литых заготовок

Вид выполнения заготовки	Квалитет точности	Характеристики поверхности, мкм	
		Rz	t(h)
Отливки в земляные формы	14	900	900
Отливки в кокиль	13	200	300
Отливки в оболочковые формы	12	100	250
Литье под давлением	10	50	140
Литье по выполняемым моделям	8	20	120

Характеристика штампованных заготовок представлена в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Характеристика штампованных заготовок

Масса штампованных заготовок, кг	Квалитет точности	Характеристика поверхности, мкм	
		Rz	t(h)
0,25	12	100	150
0,25...2,5	12	100	200
2,5...25	14	150	250
25...100	15	200	300
>100	16	300	300

Характеристика заготовок, полученных из проката, представлена в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Характеристика заготовок, полученных из проката

Диаметр проката, мм	Квалитет точности	Характеристика поверхности, мкм	
		Rz	t(h)
5...25	10	100	200
26...75	12	150	250
76...150	14	200	300

В таблице $Rz = k \cdot Ra$; $k = 4$ при $Ra = 80...2,5$ мкм; $k = 5$ при $Ra = 1,25...0,02$ мкм. Параметры, достигаемые после механической обработки отверстий представлены в таблице 7.6.

Удельная кривизна заготовок Δk представлена в таблице 7.7.

Удельный увод Δ_y сверла и смещение C_0 оси отверстия при сверлении представлен в таблице 7.8.

Для первой (черновой) операции ε_i определяется по таблице 7.9.

Таблица 7.6 – Параметры, достигаемые после механической обработки отверстий

Способ обработки	Квалитет	Параметр, мкм	
		$Rz (Ra)$	J_m
Сверление	12	50 (12,5)	60
Рассверливание	12	50 (12,5)	40
Зенкерование:			
черновое	10	25 (6,3)	50
чистовое	9	12,5 (3,2)	30
Развертывание:			
нормальное	8	10 (2,5)	10
точное	7	6,5 (1,25)	–
тонкое	6	3,2 (0,63)	–
Растачивание:			
черновое	10	25	50
чистовое	8	10	25
Протягивание	6	1,25	–

Таблица 7.7 – Удельная кривизна заготовок Δ_k

В микрометрах на 1 мм длины заготовки

Вид заготовки	Квалитет	Диаметр заготовки	
		25...50	50...75
Прокат	10	1,0	1,0
	12	2,0	2,0
	14	3,0	4,0
Штамповка	12	1,5	1,5
	14	2,5	3,0
	16	4,0	4,5
Отливки	8	1,0	2,0
	10	2,0	3,0
	12	3,0	5,0
	14	6,0	8,5

Таблица 7.8 – Удельный увод Δ_y сверла и смещение C_0 оси отверстия при сверлении

Диаметр отверстия, мм	Δ_y , мкм/мм	C_0 , мкм
1...0	1,6	15
10...18	1,3	20
18...30	0,9	25
30...50	0,7	30

Таблица 7.9 – Погрешность закрепления ε при установке в трехкулаковый патрон

Вид заготовки	Размер технологической базы, мкм					
	6...10	11...18	19...30	31...50	51...80	81...120
Литье	220	270	320	370	410	500
Штамповка	200	250	300	350	370	450
Прокат	80	100	120	140	160	200

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Основные методы обработки наружных цилиндрических поверхностей, их характеристика.
- 2 Основные виды обработки наружных цилиндрических поверхностей, их характеристика.
- 3 Припуск, допуск, виды припусков, определение припуска для наружных цилиндрических поверхностей.

8 Лабораторная работа № 8. Назначение и расчет припусков при обработке внутренних поверхностей детали***Содержание работы***

Изучение параметров (элементов), которые используются при расчете припусков при механической обработке. Решение задач по определению припусков на механическую обработку. Обработка полученных результатов и составление отчета.

Оборудование рабочего места

Деталь или чертеж, по которым решается задача, штангельциркуль ШЦ-1 (ГОСТ 166–80) или нутромер (ГОСТ 2015–79), справочная литература по определению припусков, микрокалькулятор.

Порядок выполнения работы

Изучить конструкцию детали, вычертить эскиз детали в отчете. Проставить на чертеже детали точность выполнения размеров и соответствующую этой точности шероховатость Rz (Ra).

Определить метод получения заготовки заданной детали и записать в отчет. При решении вопроса о наличии в заготовках отверстий, необходимо учитывать следующие положения:

– у заготовок, полученных методом пластической деформацией (поковки, штамповки и др.) в серийном производстве, минимальное отверстие, которое может быть получено, равно 40 мм; длина отверстия не должна превышать трех диаметров;

– наименьший диаметр у заготовок, полученный литьем, – 18 мм.

Произвести построение плана (маршрута) обработки заготовки исходя из точности получения заготовки. Определить технологические базы.

Произвести измерение заготовки, сравнить с расчетными данными.

Произвести измерение готовой детали после выполнения обработки согласно разработанному маршруту и сравнить с расчетными данными.

Данные, необходимые для расчета припусков, записать в таблицы 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1 – План обработки поверхностей

Размер обработки поверхности	Требуемый параметр поверхности		Метод обработки поверхности	Допускаемый параметр	
	Квалитет	Шероховатость		Квалитет	Шероховатость

Таблица 8.2 – Карта расчета припусков на обработку детали, материал

Маршрут обработки поверхности	Точность обработки	Элемент припуска, мкм		Припуск, мкм		Допуск δ, мкм	Принятый размер	
		Rz	T _i	ρ _i	ε _i		2Z _{min}	2Z _{max}

Рассчитать припуски на каждую операцию технологического процесса обработки поверхности по формуле

$$2Z_{\min i} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (8.1)$$

где $Z_{\min i}$ – минимальный припуск на обработку выполняемой операции, мкм;

$R_{z_{i-1}}$ – высота неровностей обрабатываемой поверхности детали, предшествующей операции (см. таблицы 7.3–7.6), мкм;

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхностного слоя обрабатываемой детали, мкм;

ρ_{i-1} – пространственное отклонение взаимного расположения поверхностей, мкм.

С достаточной точностью может быть определено, что

$$\rho_i = 0,1 \cdot \rho_{i-1}; \quad (8.2)$$

$$\rho_1 = 0,1 \cdot \rho_{\text{заг}}; \quad (8.3)$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (8.4)$$

где $\rho_{\text{см}}$ – пространственное отклонение, вызванное от смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой, мкм.

При закреплении деталей в трехкулачковом патроне

$$\rho_{\text{см}} = \frac{\delta_e}{2}, \quad (8.5)$$

где δ_e – точность поверхности, принятой за технологическую базу, мкм.

Пространственное отклонение $\rho_{\text{кор}}$, вызванное возможностью коробления заготовки, может быть найдено по формуле

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k D)^2 + (\Delta_k l)^2}, \quad (8.6)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина заготовки, мм;

Δ_k – удельная кривизна заготовки (см. таблицу 7.7).

При сверлении отверстий в сплошном металле величина погрешности установки для заготовки определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}, \quad (8.7)$$

где ε_i – погрешность установки выполняемой операции, мкм;

C_0 – смещение оси отверстия при сверлении (см. таблицу 7.8), мкм;

Δ_y – удельный показатель увода сверла (см. таблицу 7.8), мкм;

l – глубина сверления, мм.

Величина погрешности установки для каждой последующей операции определяется по формуле

$$\varepsilon_i = 0,15 \cdot \varepsilon_{i-1}.$$

Для первой (черновой) операции ε_i определяется по таблице 7.9.

Максимальный припуск на обработку

$$2Z_{\text{maxi}} = 2Z_{\text{mini}} + \delta_{i-1} - \delta_i. \quad (8.8)$$

Определить принятые (округленные) размеры детали по операциям.

Содержание отчета

Наименование работы, цель работы, теоретические данные, исходные данные, ход работы, результаты и выводы.

Контрольные вопросы

1 Основные методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей, их характеристика.

2 Основные виды обработки внутренних цилиндрических поверхностей, их характеристика.

3 Припуск, допуск, виды припусков, определение припуска для внутренних цилиндрических поверхностей.

4 Методы определения припусков, расчетно-аналитический метод определения припусков.

5 Коэффициент использования металла. Виды и характеристика техпроцессов, обеспечивающих получение заготовок с минимальными припусками.

Список литературы

1 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учебник / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2007. – 430 с.

2 Карунин, А. Л. Технология автомобилестроения : учебник / А. Л. Карунин, Е. Н. Бузник, С. В. Дащенко. – М. : Трикста, 2005. – 624 с.

3 Ярошевич, В. К. Технология производства автомобилей : учеб. пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.

4 Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 736 с.

5 Чумаченко, Ю. Т. Кузовные работы. Легковой автомобиль : учеб. пособие / Ю. Т. Чумаченко, А. А. Федорченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 256 с.

6 Богодухов, С. И. Обработка упрочненных поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве : учеб. пособие / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. Д. Проскурин. – М. : Машиностроение, 2005. – 256 с.

7 Технология машиностроения. Сборник задач и упражнений : учеб. пособие / под ред. В. И. Аверченкова, Е. А. Польского. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 288 с.

8 Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов; под ред. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.

9 Ярошевич, В. К. Технология ремонта автомобилей. Лабораторный практикум : учеб. пособие / В. К. Ярошевич, А С. Савич, А. В. Казацкий. – Mn. : Адукцыя і выхаванне, 2004. – 392 с.

10 Горохов, В. А. Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов : учеб. пособие / В. А. Горохов, Н. В. Спиридовон. – Mn. : Технопринт, 2003. – 96 с.

11 Мрочек, Ж. А. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин : учеб. пособие / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филинов. – Mn. : Технопринт, 2000. – 268 с.

12 Гучкин, И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учеб. пособие / И. С. Гучкин. – M. : ACB, 2001. – 176 с.

13 Канарчук, В. Е. Восстановление автомобильных деталей. Технология и оборудование : учебник / В. Е. Канарчук, А. Д. Чигринец. – M. : Транспорт, 1995. – 302 с.

14 Дюмин, И. Е. Ремонт автомобилей / И. Е. Дюмин, Г. Г. Трегуб ; под ред. И. Е. Дюмина. – M. : Транспорт, 1999. – 280 с.

15 Есенберлин, Р. Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р. Е. Есенберлин. – M. : Транспорт, 1994. – 256 с.

16 Руководство по капитальному ремонту автомобилей ЗИЛ-130. – M. : Авторемонт, 1997. – 219 с.

Приложение А (обязательное)

Технические характеристики токарно-фрезерного станка Энкор Корвет-407

Токарно-фрезерный станок Энкор Корвет-407 предназначен для выполнения токарных, вертикально-фрезерных, сверлильных и шлифовальных работ с заготовками из металла, дерева, пласти массы. Конструктивно данный станок состоит из токарного станка Корвет-402 и фрезерного станка Корвет-417.

В режиме токарного станка можно выполнять все виды токарных работ: цилиндрическое, фасонное и коническое точение, торцевание, нарезание метрической и дюймовой резьбы, сверление, растачивание, снятие фаски, выборка галтели.

В режиме фрезерного станка можно выполнять концевое и торцевое фрезерование, сверление и шлифование.

Особенности.

Станок имеет два двигателя:

- 1) для токарной операции – асинхронный;
- 2) для фрезерной операции – коллекторный.

Комплектуется тисками для фрезерных работ.

Токарная обработка.

Номинальная потребляемая мощность двигателя – 750 Вт.

Число скоростей – 6.

Частота вращения шпинделя на холостом ходу – 100, 250, 350, 500, 900, 1800 мин⁻¹.

Расстояние между центрами – 750 мм.

Диаметр сквозного отверстия шпинделя – 20 мм.

Максимальный диаметр обработки над станиной – 220 мм.

Шаг нарезаемой метрической резьбы – 0,5...3 мм.

Скорость автоматической подачи – 0,12...0,33 мм/об.

Максимальная глубина точения за один проход – 0,3 мм.

Радиальное биение шпинделя – 0,01 мм.

Максимальный размер державки резца – 13 × 13 мм.

Фрезерная обработка.

Номинальная потребляемая мощность – 550 Вт.

Максимальный диаметр сверления – 16 мм.

Максимальный диаметр фрезы – 13 мм.

Максимальный диаметр торцевого фрезерования – 25 мм.

Частота вращения шпинделя – 50...1100; 120...2500 мин⁻¹.

Биение шпинделя (радиальное) – 0,02 мм, не более.