

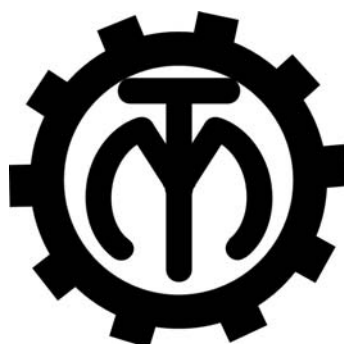
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
очной и заочной форм обучения*

Часть 2



Могилев 2021

УДК 658.52.011.56
ББК 32.965
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «27» мая 2021 г.,
протокол № 14

Составители: канд. техн. наук, проф. А. А. Жолобов;
канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко

Рецензент канд. техн. наук А. П. Прудников

Приведены методические рекомендации к проведению практических занятий по дисциплине «Технология машиностроения», для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Часть 2

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

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.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Практическая работа № 9. Проектирование операций многоинструментальной токарной обработки	5
2 Практическая работа № 10. Особенности проектирования операций обработки деталей на станках с ЧПУ	9
3 Практическая работа № 11. Особенности проектирования технологических процессов изготовления деталей на агрегатных станках.....	11
4 Практическая работа № 12. Особенности обработки деталей на агрегатных станках (на примере шатуна).....	16
5 Практическая работа № 13. Особенности выбора типа и структуры автоматических линий для обработки деталей.....	18
6 Практическая работа № 14. Особенности обработки деталей на роторных и роторно-конвейерных машинах (линиях).....	21
7 Практическая работа № 15. Проектирование группового и типового технологических процессов обработки	25
8 Практическая работа № 16. Особенности проектирования технологических процессов обработки валов с использованием робото- технологических комплексов	28
9 Практическая работа № 17. Проектирование ТП изготовления зубчатых колес.....	31
10 Практическая работа № 18. Проектирование технологических процессов изготовления деталей сложной формы на токарных обрабатывающих центрах.....	34
11 Практическая работа № 19. Особенности обработки поверхностей деталей машин на шлифовальных центрах.....	36
12 Практическая работа № 20. Проектирование технологических процессов изготовления корпусных деталей редуктора.....	38
13 Практическая работа № 21. Особенности обработки поверхностей деталей электрофизическими и электрохимическими методами.....	40
14 Практическая работа № 22. Оформление технологической документации на технологический процесс механообработки деталей.....	42
15 Практическая работа № 23. Оформление технологической документации на контроль деталей и сборку узлов.....	44
16 Практическая работа № 24. Особенности проектирования ТП сборки в условиях автоматизированного производства.....	46
Список литературы.....	48

Введение

Целью учебной дисциплины является обучение студентов разработке технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов машин в условиях любого типа производства.

Целью практических работ является формирование умений и навыков разработки технологических процессов, оформления технологической документации.

Отчет по каждому занятию включает следующее:

- цель практической работы;
- исходные данные (в соответствии со своим вариантом);
- расчеты и их результаты, выполненные в последовательности и записанные в форме, определенной настоящими методическими рекомендациями;
- графическое отражение результатов работы;
- выводы.

Защита практической работы проводится во время занятий устно, письменно или в форме тестирования.

Более подробно с содержанием практических работ, примерами их выполнения, а также с заданиями для выполнения можно ознакомиться в [1, 2].

1 Практическая работа № 9. Проектирование операций многоинструментальной токарной обработки

Цель работы: приобретение практических навыков разработки наладок к многолезцовым токарным автоматам и полуавтоматам.

1.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (рисунок 1.1).

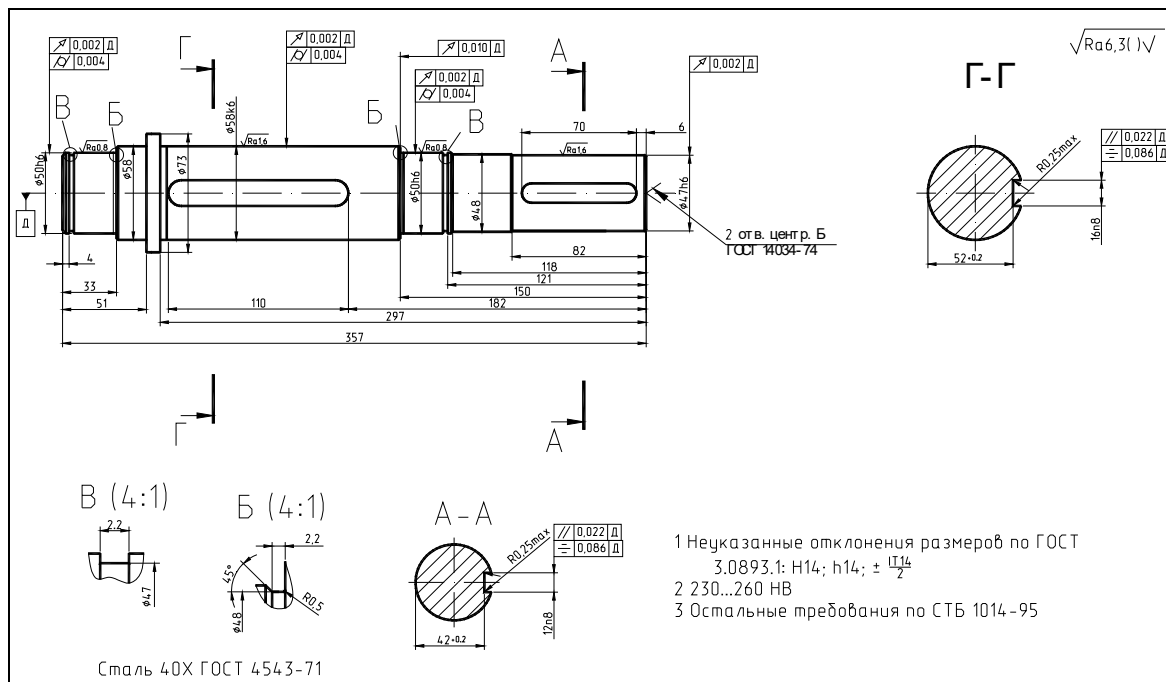


Рисунок 1.1 – Вал

- 3 Определяем возможность обработки ступенчатого вала в центрах.
Приведенный диаметр вала (см. рисунок 1.1)

$$d_{np} = \frac{\sum d_i l_i}{\sum l_i} = \frac{50 \cdot 33 + 56 \cdot 18 + 73 \cdot 9 + 58 \cdot 147 + 50 \cdot 32 + 48 \cdot 36 + 47 \cdot 82}{33 + 18 + 9 + 147 + 32 + 36 + 82} = 53,286 \text{ мм.}$$

Тогда

$$\frac{d}{l} = \frac{347}{53,286} = 6,7 \leq 10 \dots 12.$$

В связи с тем, что вал жесткий, возможно применение многоинструментальной обработки при базировании в центрах.

- 4 Разрабатываем наладку токарной автоматной операции обработки:
– проектируем наладку заднего (поперечного) суппорта.

В связи с тем, что заготовкой является поковка, в качестве способа обработки применяем обтачивание с врезанием и последующей продольной подачей.

Определяем количество резцов для обработки каждой ступени.

Для ступени с наименьшей длиной обработки диаметром 50 мм длиной 32 мм принимаем один резец.

Количество резцов для ступени диаметром 48 мм длиной 36 мм

$$N_{48} = \frac{l_{48}}{l_{50}} = \frac{36}{32} = 1,125.$$

Окончательно принимаем число резцов для ступени диаметром 48 мм – один, общая длина рабочего хода для резцов ступеней диаметрами 50 и 48 мм – 36 мм.

Количество резцов для ступени диаметром 47 мм длиной 82 мм

$$N_{47} = \frac{l_{47}}{l_{50,48}} = \frac{82}{36} = 2,27.$$

Окончательно принимаем число резцов для ступени диаметром 47 мм – два, длину обработки, приходящуюся на каждый резец:

$$l_{px47} = \frac{l_{47}}{N_{47}} + 2 = \frac{82}{2} + 2 = 43 \text{ мм.}$$

Принимаем общую длину рабочего хода для резцов ступеней диаметрами 50, 48 и 47 мм – 43 мм.

Количество резцов для ступени диаметром 58 мм длиной 147 мм

$$N_{58} = \frac{l_{58}}{l_{50,48,47}} = \frac{147}{43} = 3,4.$$

Окончательно принимаем число резцов для ступени диаметром 58 мм – три, длину обработки, приходящуюся на каждый резец:

$$l_{px58} = \frac{l_{58}}{N_{47}} + 2 = \frac{147}{3} + 2 = 51 \text{ мм.}$$

Принимаем длину рабочего хода для продольного суппорта – 51 мм.

Определяем наладочные размеры установки резцов в суппорте (рисунок 1.3):

$$LN3 = 60 \text{ мм;}$$

Контрольные вопросы

- 1 Классификация валов по жесткости.
- 2 Конструктивные особенности многоинструментальных станков.
- 3 Способ точения многоступенчатого вала только с продольной подачей.

2 Практическая работа № 10. Особенности проектирования операций обработки деталей на станках с ЧПУ

Цель работы: приобретение практических навыков в разработке и проектировании операций формирования деталей на основе использования станков с ЧПУ.

2.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (см. рисунок 1.1).
- 3 Разработка маршрута обработки.

Исходя из конструкции детали и требований к ее поверхностям, спроектирован следующий маршрут токарной обработки.

010 Токарная с ЧПУ черновая:

- установ А: обработка поверхностей вала с правой стороны (диаметры 73, 61, 53, 51, 50 мм) (рисунок 2.1);
- установ Б: обработка поверхностей вала с левой стороны (диаметры 58 и 53 мм) (рисунок 2.2).

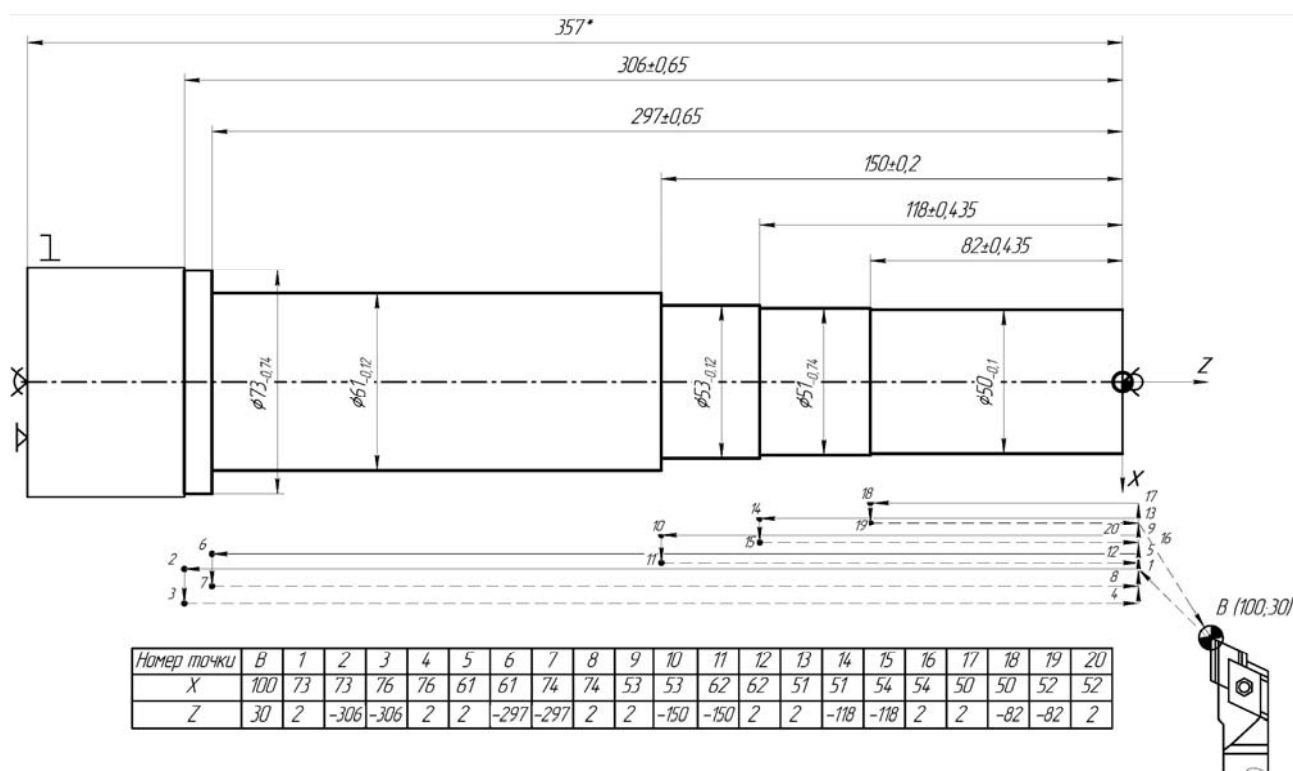


Рисунок 2.1 – Эскиз обработки для 010 операции (установ А)

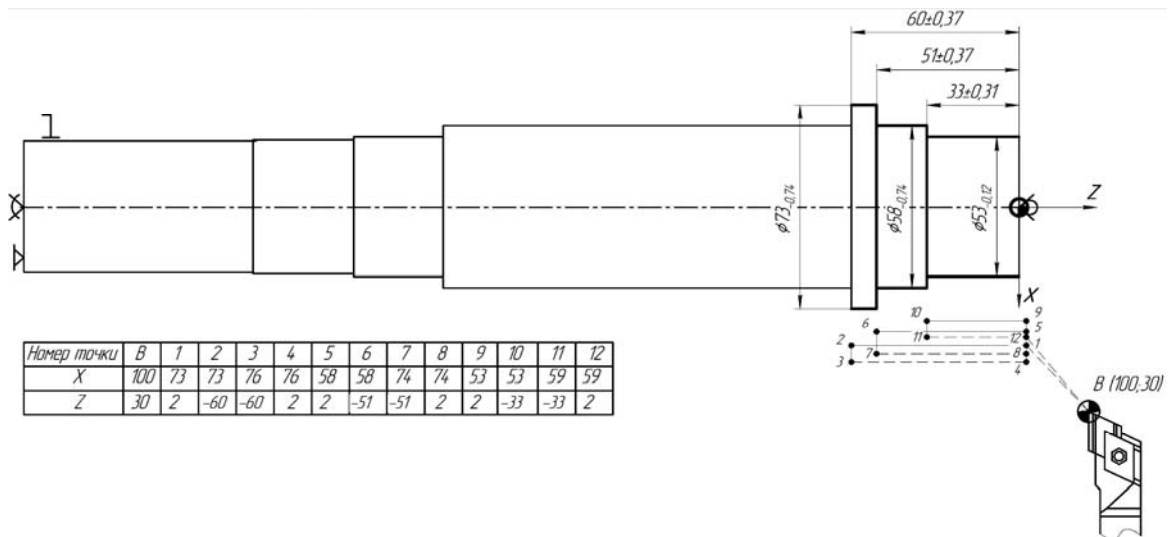


Рисунок 2.2 – Эскиз обработки для 010 операции (установ Б)

015 Токарная с ЧПУ чистовая:

- установ А: обработка поверхностей вала с правой стороны (диаметров 47, 48, 50 и 58 мм, фасок, канавок) (рисунок 2.3);
- установ Б: обработка поверхностей вала с левой стороны (диаметр 50 мм; фасок, канавок) (рисунок 2.4).

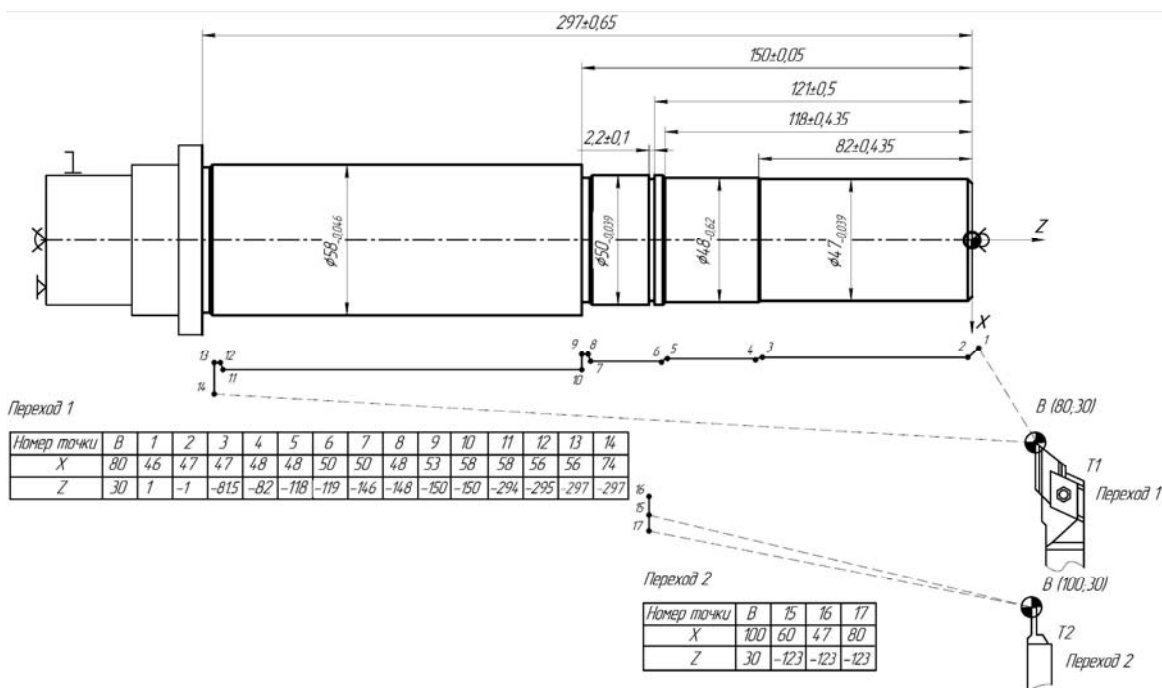


Рисунок 2.3 – Эскиз обработки для 015 операции (установ А)

Контрольные вопросы

- 1 В каком случае целесообразно использовать токарные станки с ЧПУ при обработке деталей?
- 2 В какой последовательности ведется токарная обработка валов?
- 3 Перечислите рекомендации для выбора нуля детали.

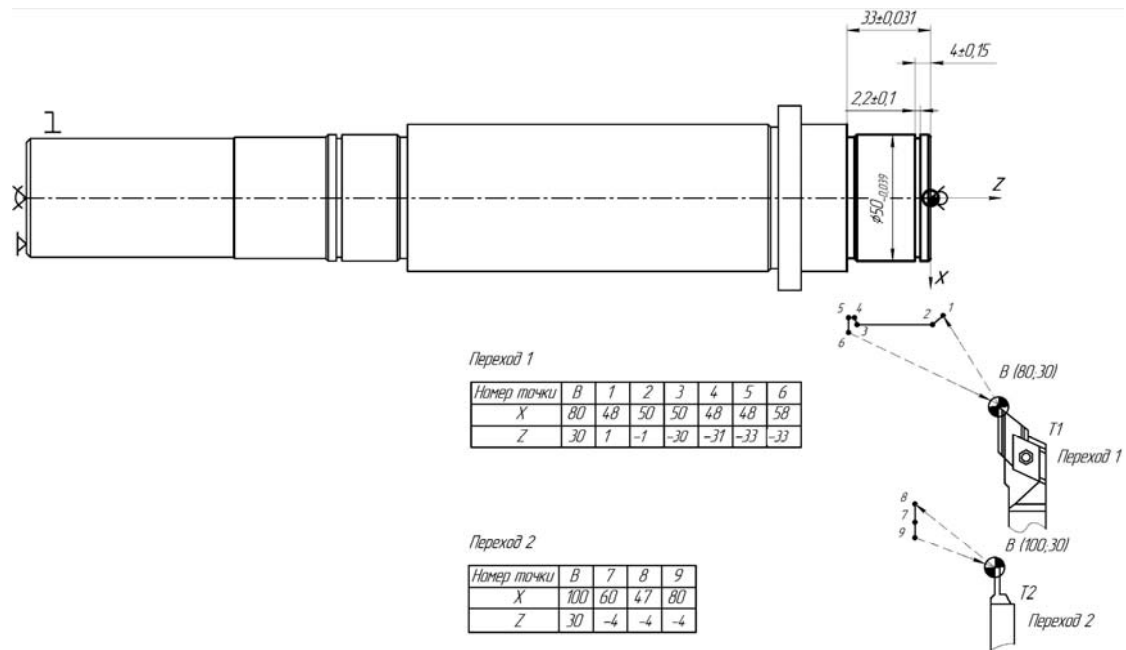


Рисунок 2.4 – Эскиз обработки для операции 015 (установ Б)

3 Практическая работа № 11. Особенности проектирования технологических процессов изготовления деталей на агрегатных станках

Цель работы: приобретение навыков разработки технологического процесса (ТП) обработки деталей с использованием агрегатных станков.

3.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (рисунок 3.1).

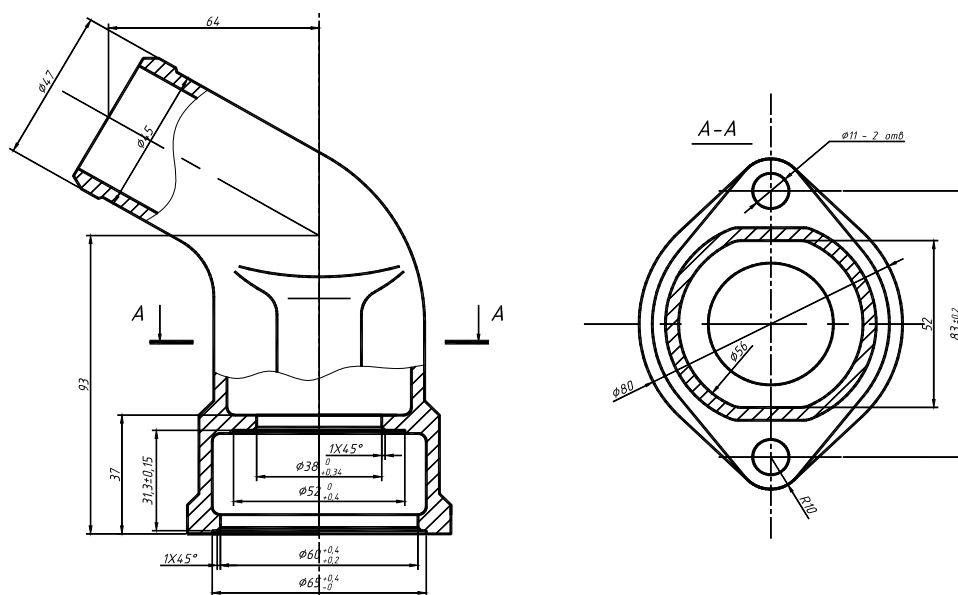


Рисунок 3.1 – Патрубок

3 Разработка операционного эскиза обработки на агрегатном станке.

На основе анализа конструкции детали устанавливаем перечень поверхностей, обрабатываемых на агрегатном станке и последовательность их обработки. Устанавливаем схему базирования, формируем эскиз обработки (рисунок 3.2)

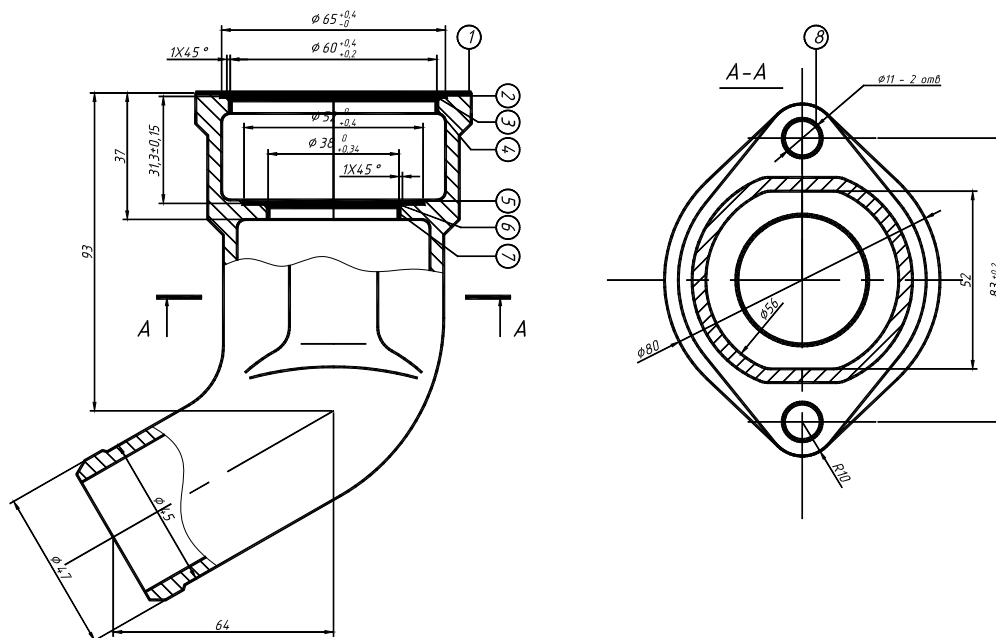


Рисунок 3.2 – Операционный эскиз обработки

Содержание переходов операции обработки на агрегатном станке.

Переход 1. Фрезеровать плоскость фланца 1.

Переход 2. Зенкеровать отверстие 4.

Переход 3. Зенкеровать отверстие 7.

Переход 4. Цековать поверхность 2.

Переход 5. Цековать поверхность 5.

Переход 6. Расточить отверстие 4.

Переход 7. Расточить фаску 3.

Переход 8. Расточить фаску 6.

Переход 9. Сверлить два отверстия 8.

Распределяем переходы обработки по позициям, назначаем режущий инструмент (с учетом таблицы 3.1).

Таблица 3.1 – Допускаемые расстояния между осями отверстий

Расстояние и нагрузка на шпиндель	Диаметр отверстия в шпинделе, мм					
	14	19	26	36	44	60
Минимальное расстояние между осями отверстий, обрабатываемых инструментами одной шпиндельной коробки	30	44	49	64	83	101
Допускаемая сила на шпинделе, кгс	75	265	360	570	970	1750
Допускаемый крутящий момент, кгс·см	0,14	1	1,2	3,7	6,6	26

Позиция I: открепить, снять деталь; установить, закрепить заготовку.

Позиция II: фрезеровать плоскость фланца 1.

Инструмент: фреза торцовая Ø315.

Позиция III: зенкеровать отверстие 4; зенкеровать отверстие 7; цековать поверхность 2; цековать поверхность 5.

Инструмент: комбинированный – зенкер Ø38, цековка Ø52, зенкер Ø60, цековка Ø65. Длины режущих частей комбинированного инструмента устанавливаем на основе чертежа детали:

$L1 = \dots; L2 = \dots; L3 = \dots; L4 = \dots$

Позиция IV: расточить отверстие 4; расточить фаску 3; расточить фаску 6.

Инструмент: борштанга с установленными тремя расточными резцами – Ø40, Ø60, Ø62. Расстояние между вершинами резцов устанавливаем на основе чертежа детали:

$L1 = \dots; L2 = \dots; L3 = \dots$

Позиция V: сверлить два отверстия 8.

Инструмент – два сверла Ø11.

Результаты проектирования обработки сводим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Содержание операции обработки на агрегатном станке

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
Позиция I (загрузочная)	1 Установить, закрепить заготовку	Приспособление
Позиция II (фрезерная) 1 Фрезеровать торец		Горизонтальная фрезерная головка, фреза торцовая Ø315

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
Позиция III (сверлильная) 1 Зенкеровать отверстие		Вертикальная сверлильная головка, зенкер комбинированный
Позиция IV (расточная) 1 Расточить отверстие		Вертикальная сверлильная головка, расточная оправка, резцы расточные
Позиция V (сверлильная) 1 Сверлить отверстия		Вертикальная сверлильная головка, сверло

4 Проектирование компоновки станка.

Тип стола – круговой на пять позиций (рисунок 3.3).

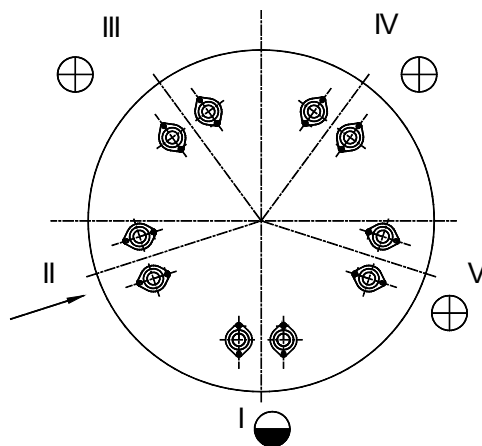


Рисунок 3.3 – Схема размещения заготовок на столе

Устанавливаем перечень и тип силовых головок станка:

- позиция II: головка фрезерная горизонтальная, число шпинделей – 1, ось вращения шпинделя вертикальная, направление рабочей подачи – горизонтально;
- позиции III, IV, V: головка сверлильная вертикальная, число шпинделей – 8, ось вращения шпинделей – вертикальная, направление рабочей подачи – вертикально.

Окончательно компоуем станок, проверяем возможность размещения силовых головок.

5 Разработка циклограмм работы силовых головок.

Определяем величины перемещений силовых головок:

– **фрезерной:**

а) принимаем величину быстрого перемещения (с учетом безопасности поворота стола) – 200 мм;

б) принимаем величину перемещения на рабочей подаче (по чертежу) – 165 мм (длина обработки – 155, врезание – 5, перебег – 5);

в) принимаем величину быстрого обратного перемещения – 356 мм.

Окончательно циклограмма работы фрезерной головки (рисунок 3.4, а);

– **сверлильной.**

Рабочие перемещения (по чертежу с учетом врезания и перебега).

Зенкеровать отверстие 4: $(4 + 2 + 2 = 8 \text{ мм})$.

Переход 3. Зенкеровать отверстие 7 $(3,7 + 2 + 2 = 7,7 \text{ мм})$.

Переход 4. Цековать поверхность 2 $(1 + 2 = 3 \text{ мм})$.

Переход 5. Цековать поверхность 5 $(1 + 2 = 3 \text{ мм})$.

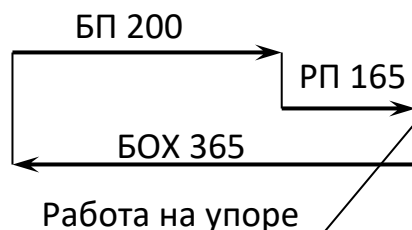
Переход 6. Расточить отверстие 4 $(4 + 2 + 2 = 8 \text{ мм})$.

Переход 7. Расточить фаску 3 $(1 + 2 = 3 \text{ мм})$.

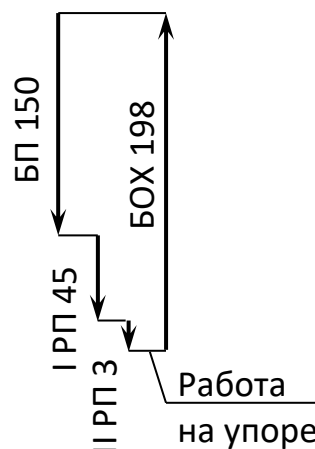
Переход 8. Расточить фаску 6 $(1 + 2 = 3 \text{ мм})$.

Переход 9. Сверлить два отверстия 8 $(38 + 3 + 7 = 48)$.

а)



б)



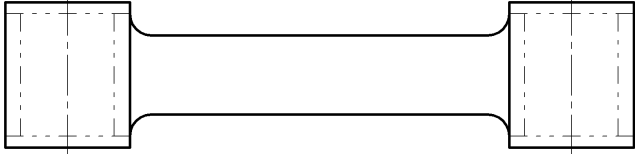
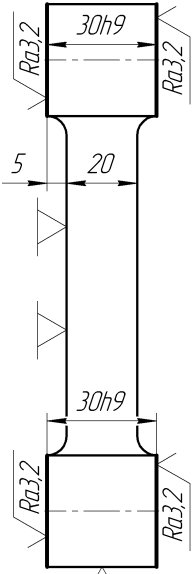
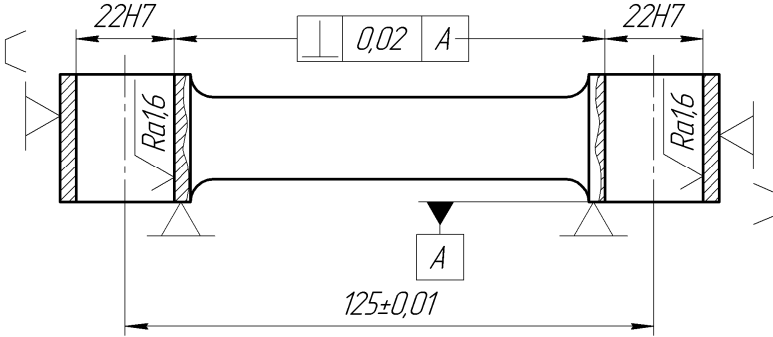
а – фрезерной; б – сверлильной

Рисунок 3.4 – Циклограммы работы силовых головок

3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки шатуна в условиях массового производства и с использованием агрегатных станков оформляем в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Пример технологического процесс изготовления шатуна

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
005 Заготовительная		КГШП, поковка
010 Агрегатная 1 Фрезеровать торцы с двух сторон одновременно		Агрегатный, барабанно-фрезерный полуавтомат. Фреза торцовая
015 Агрегатно-сверлильная 1 Сверлить отверстия. 2 Зенкеровать отверстия. 3 Развернуть отверстия		Агрегатно-сверлильный полуавтомат. Сверло, зенкер, развертка

4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Методы обработки на агрегатных станках.
- 2 Классификация агрегатных станков.
- 3 Классификация силовых головок по типу привода подачи.

5 Практическая работа № 13. Особенности выбора типа и структуры автоматических линий для обработки деталей

Цель работы: приобретение навыков выбора оптимального варианта компоновки автоматической линии.

5.1 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 Маршрутный технологический процесс обработки (таблица 5.1), требуемая производительность линии – 4060 шт./смену.

Таблица 5.1 – Маршрутный технологический процесс

Операция	t_p , мин
1 Сверлить отверстие	0,02
2 Зенковать фаску	0,077
3 Сверлить отверстие	0,015
4 Зенковать фаску	0,02
5 Сверлить отверстие	0,04
6 Зенковать фаску	0,04
7 Сверлить отверстие	0,13
8 Сверлить отверстие	0,01
9 Сверлить отверстие	0,02
10 Зенкеровать отверстие	0,02
11 Развернуть отверстие	0,03
12 Развернуть отверстие	0,2

3 Расчет требуемой производительности автоматической линии.

Ожидаемая производительность линии в условиях неавтоматизированного производства рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{блх}} = \frac{480}{\sum t_{p_i} + t_x}, \quad (5.1)$$

где $\sum t_{p_i}$ – машинное время выполняемых операций;

t_x – время выполнения холостых операций, $t_x = 0,3 \sum t_{p_i}$.

Для рассчитываемой линии суммарное машинное время составляет:

$$\begin{aligned} \sum t_p &= 0,02 + 0,077 + 0,015 + 0,02 + 0,04 + 0,04 + \\ &+ 0,13 + 0,01 + 0,02 + 0,02 + 0,03 + 0,2 = 0,622 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Определим ожидаемую производительность для данного технологического процесса:

$$Q_{\text{вых}} = \frac{480}{0,622 + 0,3 \cdot 0,622} = 593,61 \text{ шт./смену.}$$

При проектировании автоматической линии необходимо учитывать, что максимальная производительность линии не должна превышать требуемую производительность больше чем на 15 %.

Таким образом, максимальная производительность для данной линии составляет:

$$Q_{\text{max}} = 1,15Q_{\text{mp}} = 1,15 \cdot 4060 = 4670 \text{ шт./смену.}$$

4 Проектирование компоновки автоматической линии. Рассмотрим насколько вариантов компоновок автоматических линий.

При составлении линии из 12 станков, расположенных по ходу технологического процесса, получаем линию следующего вида (рисунок 5.1).

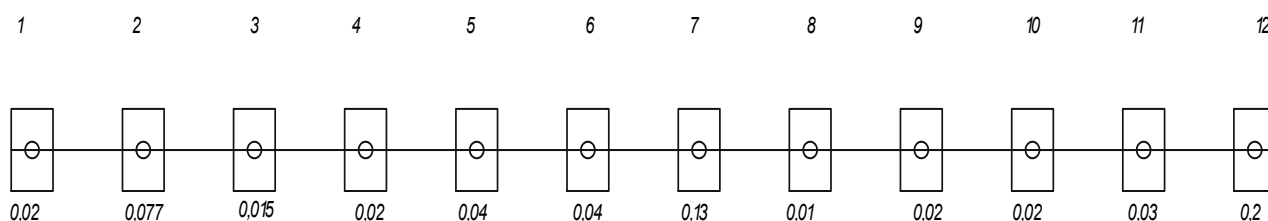


Рисунок 5.1 – Вариант компоновки оборудования автоматической линии

Для этой линии лимитирующим является время $t_p = 0,2$ с. Тогда производительность такой линии составляет:

$$Q_{\text{АЛ}} = \frac{480 \cdot 0,75}{0,2 + 0,2 \cdot 0,3} = 1384 \text{ шт./смену.}$$

Данное количество изделий не входит в диапазон допустимой производительности, поэтому сократим лимитирующее время, добавив станок-дублер на последней операции технологического процесса (рисунок 5.2).

В данном варианте технологической линии лимитирующим временем является $t_p = 0,13$ с, а производительность такой линии составляет:

$$Q_{\text{АЛ}} = \frac{480 \cdot 0,75}{0,13 + 0,13 \cdot 0,3} = 2130 \text{ шт./смену.}$$

Производительность такой линии также не входит в требуемый диапазон производительности. Добавляем станки – дублеры на 7-й и 12-й операциях, получаем линию, представленную на рисунке 5.3.

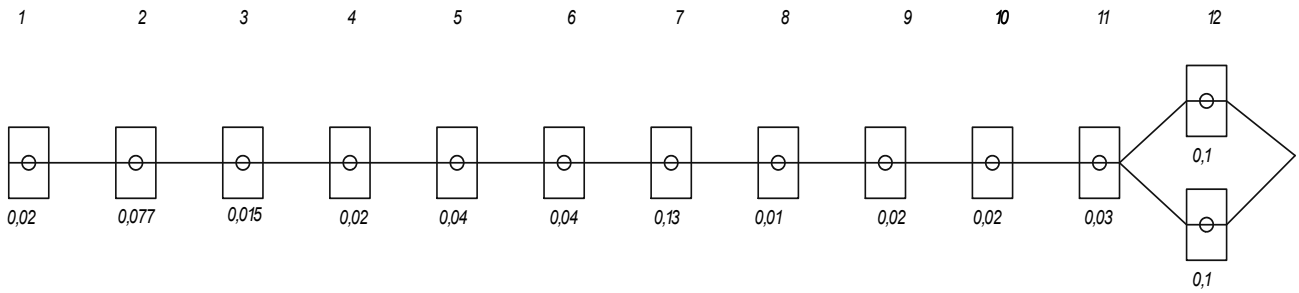


Рисунок 5.2 – Вариант компоновки оборудования автоматической линии

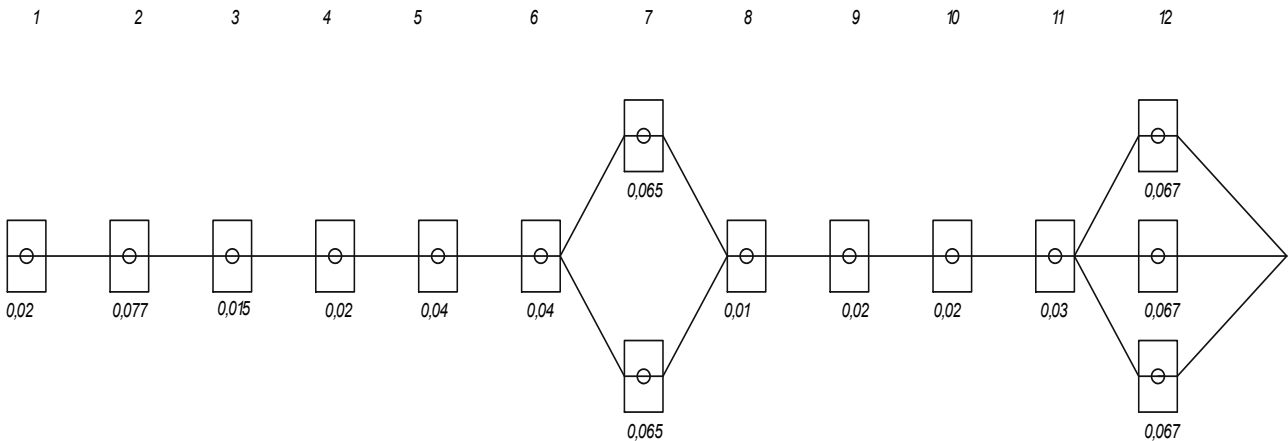


Рисунок 5.3 – Вариант компоновки оборудования автоматической линии

Здесь лимитирующим временем является $t_p = 0,077$ с, а производительность такой линии составляет:

$$Q_{AL} = \frac{480 \cdot 0,75}{0,077 + 0,077 \cdot 0,3} = 3596 \text{ шт./смену.}$$

Так как данная линия снова не обеспечивает необходимую производительность, то введем дополнительные станки-дублиеры на 2-й и 7-й операциях.

Получим линию, показанную на рисунке 5.4.

Лимитирующим временем такой линии является $t_p = 0,067$ с, а производительность

$$Q_{AL} = \frac{480 \cdot 0,75}{0,067 + 0,067 \cdot 0,3} = 4133 \text{ шт./смену.}$$

Производительность такой линии удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям.

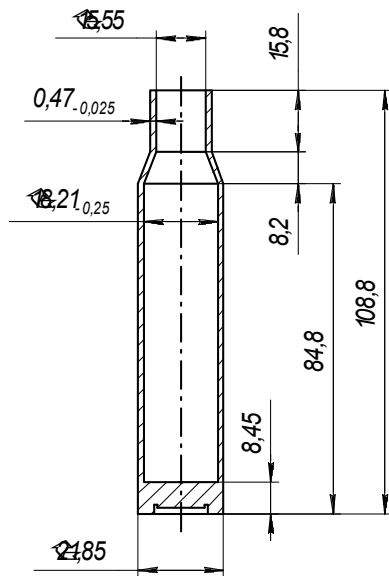


Рисунок 6.1 – Эскиз штампуемой детали с размерами

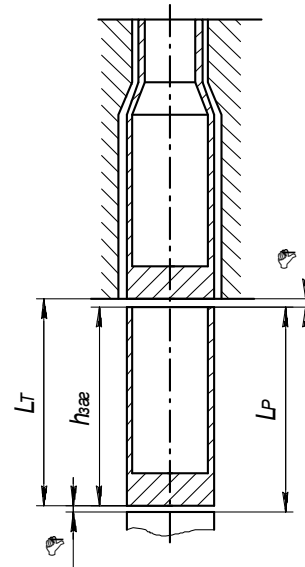


Рисунок 6.2 – Схема установки инструмента (технологическая схема операции)

4 Технологическое время операции

$$t_p = \frac{L_p}{v},$$

где v – допустимая скорость обжима, $v = 260$ мм/с [2];

$$t_p = \frac{112}{260} = 0,43 \text{ с.}$$

5 Проектирование блока.

Габаритные размеры блока [2]:

$$D_{\text{бл}} = D_m + 2t_{\text{вт}} + 2t_{\text{корп}},$$

где D_m – диаметр матрицы заготовки,

$$D_m = (2...3)D = 2 \cdot 21,85 = 43,7 \text{ мм};$$

$t_{\text{вт}}$ – толщина стенки втулки блока, принимается конструктивно, $t_{\text{вт}} = 7$ мм;

$t_{\text{корп}}$ – толщина стенки корпуса блока, принимается конструктивно, $t_{\text{корп}} = 10$ мм;

$$D_{\text{бл}} = 43,7 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 10 = 77,7 \text{ мм.}$$

Шаг ротора

$$h_p = D_{\text{бл}} + \Delta D_{\text{бл}};$$

$$h_p = 77,7 + 0,2 \cdot 77,7 = 93,24 \text{ мм.}$$

Минимальная длина блока

$$L_{\text{бл min}} = h_1 + L_T + L_M,$$

где h_1 – высота посадочной части блока, $h_1 = 84,8$ мм (рисунок 6.3).

$$L_{\text{бл min}} = 84,8 + 113,5 + 108,8 = 307,1 \text{ мм.}$$

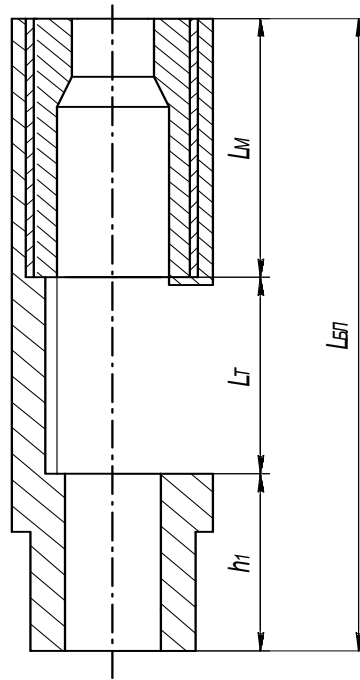


Рисунок 6.3 – Схема инструментального блока

Максимальная длина блока

$$L_{\text{бл max}} = L_{\text{бл min}} + L_T;$$

$$L_{\text{бл max}} = 301,7 + 113,5 = 420,6 \text{ мм.}$$

6 Определение теоретической производительности роторной машины

$$\Pi_T = \frac{\Pi_D}{\eta},$$

где Π_D – действительная производительность по заданию:

$$\Pi_D = 10000 \text{ шт./ч} = 167 \text{ шт./мин};$$

η – КПД роторной машины, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Тогда

$$П_T = \frac{167}{0,8} \approx 208 \text{ шт. /мин.}$$

7 Определение конструктивных параметров роторной машины

Число позиций ротора

$$U_p = П_T \cdot T_K,$$

где T_K – кинематический цикл работы ротора [2]:

$$T_K = 1,33 \cdot T_T;$$

T_T – технологический цикл работы ротора.

$$T_T = \frac{2L_T + L_M}{v} + t_p = \frac{2 \cdot 113,5 + 108,8}{260} + 0,43 = 1,72 \text{ с.}$$

Получим

$$T_K = 1,33 \cdot 1,72 \approx 2,3 \text{ с.}$$

Тогда

$$U_p = 208 \cdot \frac{2,3}{60} = 7,97 \approx 8.$$

Радиус начальной окружности ротора

$$R_p = \frac{1}{2\pi} U_p h_p = \frac{8 \cdot 93,24}{6,28} = 118,8 \approx 120 \text{ мм.}$$

Тогда диаметр ротора $D_p = 240$ мм.

Частота вращения ротора

$$n_p = \frac{П_T}{U_p} = \frac{208}{8} = 26 \text{ мин}^{-1}.$$

8 Выводы.

Контрольные вопросы

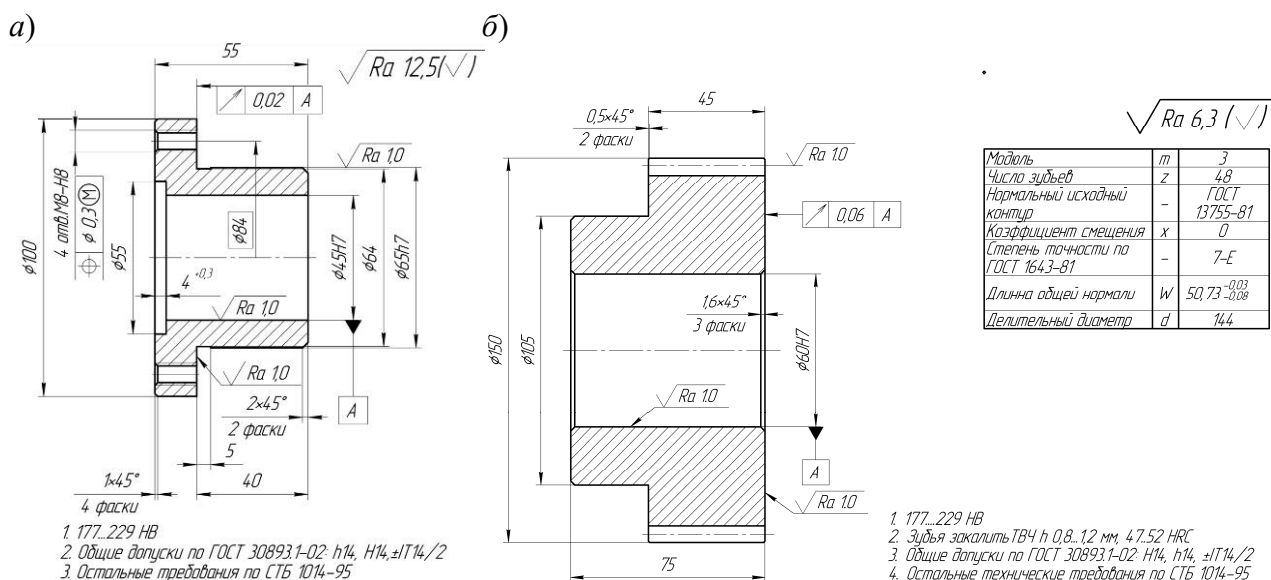
- 1 Определение роторной машины.
- 2 Состав элементарной роторной группы.
- 3 Основное назначение рабочих и транспортных роторов.

7 Практическая работа № 15. Проектирование группового и типового технологических процессов обработки

Цель работы: ознакомление с унифицированными методами обработки деталей, приобретение навыков; по проектированию групповых (типовых) технологических процессов.

7.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж деталей (рисунок 7.1).



а – втулка; б – зубчатое колесо

Рисунок 7.1 – Чертежи деталей представителей

3 Разработка комплексной детали (рисунок 7.2) с указанием диапазона изменения параметров (таблица 7.1).

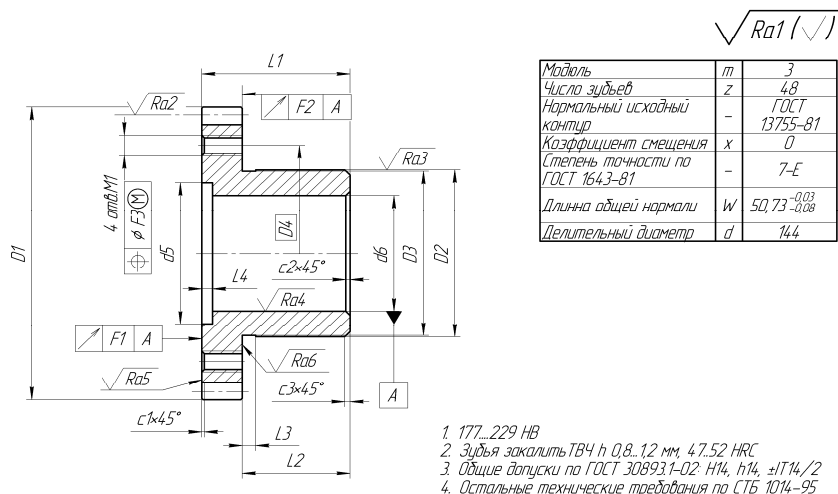


Рисунок 7.2 – Комплексная деталь

Таблица 7.1 – Диапазон изменения параметров поверхностей

Поверхность	Диапазон параметров поверхности			
	Диапазон значений		IT	
	max	min	max	min
D1	150	100	14	14
D2	105	65	7	14
...				
L1	75	55	14	14
L2	40	30	14	14
...				
M1	8	8		
c1	1	0		
c2	1,6	0		
...				
Ra1	12,5	6,3		
Ra2	1,0	1,0		
...				
F1	0,06	0,06		
F2	0,02	0,02		
...				

4 Разработка схемы группового технологического маршрута обработки деталей группы.

При разработке группового технологического маршрута обработки определяется последовательность технологических операций.

Принятая последовательность операций при групповом маршруте должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями.

Схему технологического маршрута обработки приводим в виде таблицы 7.2.

Таблица 7.2 – Групповой технологический маршрут изготовления

Номер операции	Наименование операции
005	Пилоотрезная
010	Токарная с ЧПУ
015	Токарная с ЧПУ
020	Зубофрезерная с ЧПУ
025	Сверлильная с ЧПУ
030	Термическая
035	Внутришлифовальная с ЧПУ
040	Круглошлифовальная с ЧПУ
045	Зубошлифовальная с ЧПУ

5 Разработка критериев выполнения операций (таблица 7.3).

Таблица 7.3 – Критерии выполнения операций

Номер операции	Наименование операции	Условие включения в маршрут обработки
005	Пилоотрезная	Безусловно
010	Токарная с ЧПУ	Безусловно
015	Токарная с ЧПУ	Безусловно
020	Зубофрезерная с ЧПУ	Наличие зубчатого венца
025	Сверлильная с ЧПУ	Наличие отверстий (D4, M1)
030	Термическая	Наличие требований твердости
035	Внутришлифовальная с ЧПУ	Квалитет точности d6 св. 8 или (и) наличие требования к радиальному биению F1
040	Круглошлифовальная с ЧПУ	Квалитет точности D2 св. 8 или (и) наличие требования к радиальному биению F2
045	Зубошлифовальная с ЧПУ	Степень точности зубчатого венца выше 8

6 Разработка схемы групповой операции (рисунок 7.3), критериев выполнения переходов (таблица 7.4).

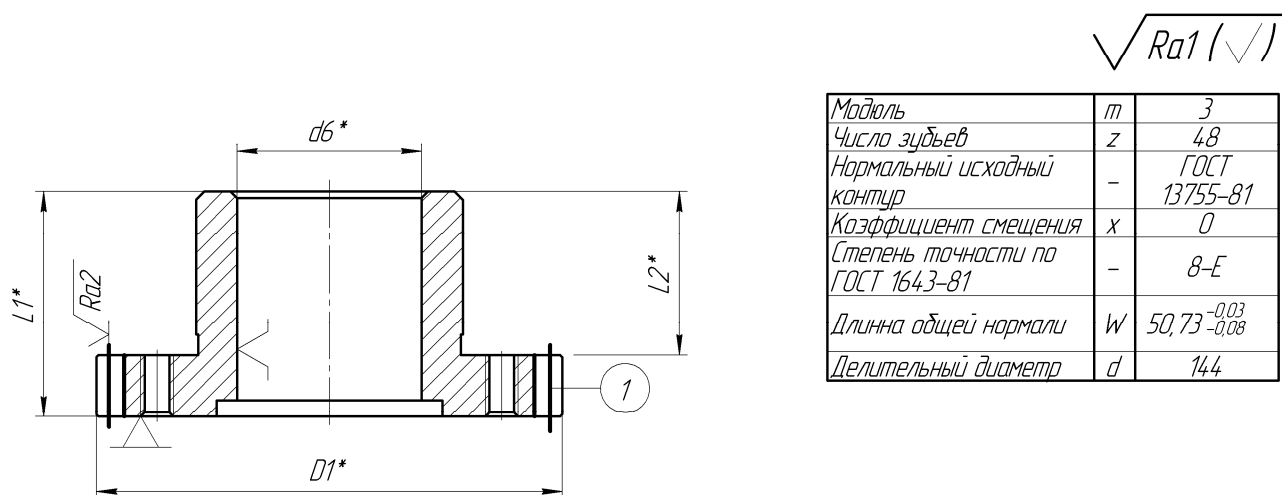


Рисунок 7.3 – Операция 020 Зубофрезерная

Таблица 7.4 – Содержание операции и условия включения переходов в маршрут обработки

Содержание перехода	Условие включения в операцию
1 Фрезеровать зубчатый венец 1	Безусловно

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды технологических процессов Вы знаете?
- 2 Что такое комплексная деталь?
- 3 Как Вы понимаете термин «общность технологических признаков»?

8 Практическая работа № 16. Особенности проектирования технологических процессов обработки валов с использованием робототехнологического комплекса

Цель работы: приобретение практических навыков разработки технологических процессов обработки валов с использованием робототехнологического комплекса (РТК).

8.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (рисунок 8.1).

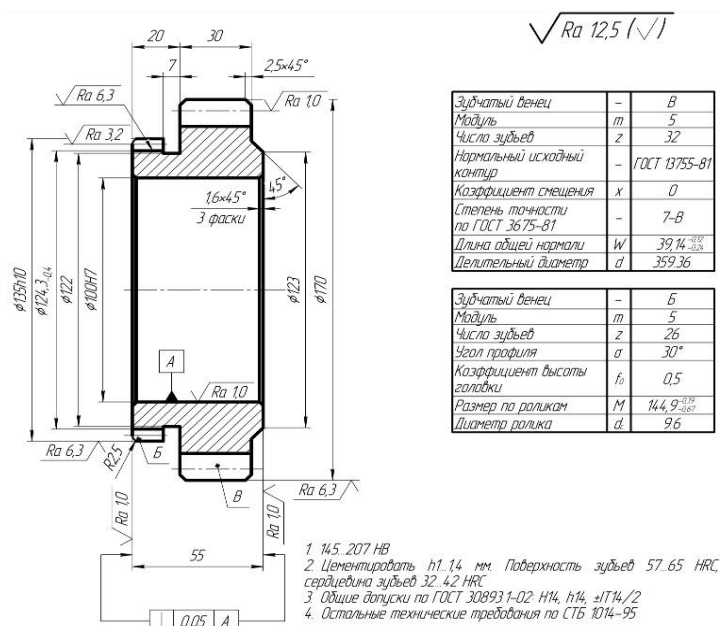


Рисунок 8.1 – Чертеж зубчатого колеса

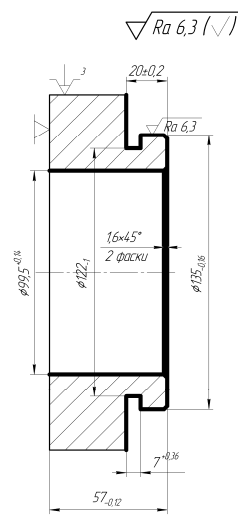
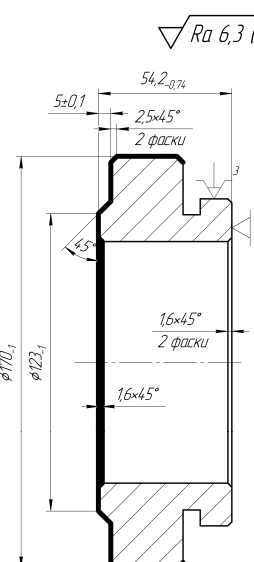
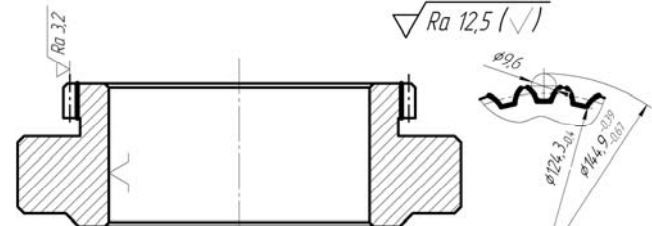
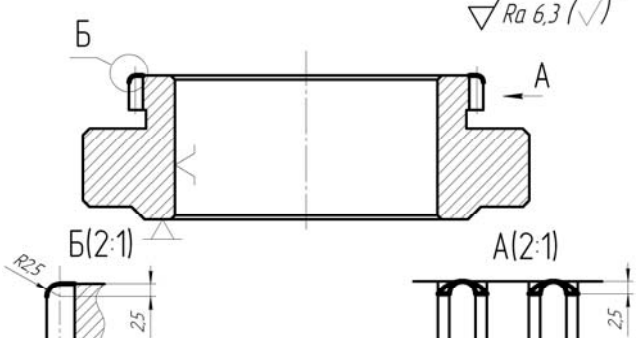
3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки вала с использованием РТК оформляем в виде таблицы 8.1.

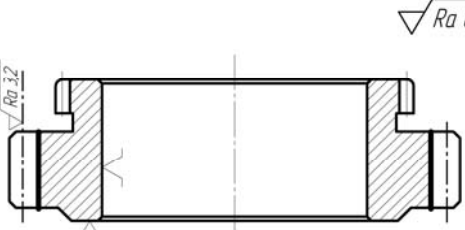
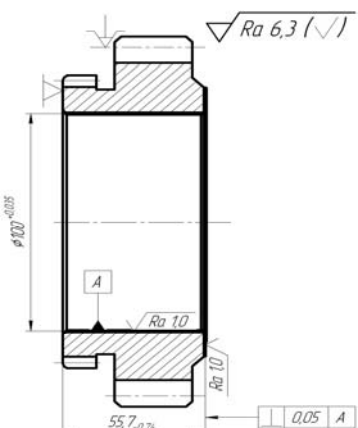
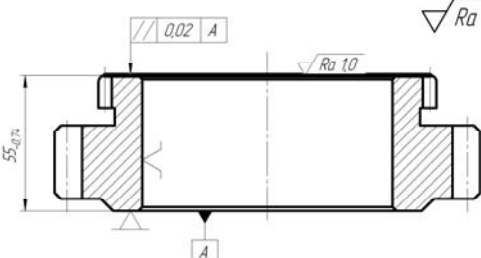
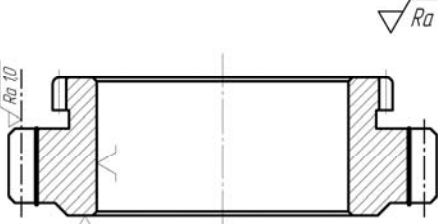
Таблица 8.1 – Технологический процесс обработки зубчатого колеса в условиях серийного производства с использованием станков с ЧПУ в составе РТК

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
005 Ленточно-отрезная 1 Отрезать заготовку		Ленточно-отрезной станок 8544. Пила ленточная

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3
<p>010 Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить торец. 2 Точить наружные поверхности начерно. 3 Расточить отверстие начерно. 4 Расточить отверстие начисто. 5 Точить фаску в отверстии. 6 Точить наружные поверхности начисто. 7 Точить канавку. 8 Точить фаску. 9 Переустановить, закрепить заготовку. 10 Точить торец. 11 Точить наружные поверхности. 12 Точить фаски</p>	<p>Установ А</p>  <p>Установ Б</p> 	<p>Токарный с ЧПУ Т-42МСУ. Резцы</p>
<p>015 Зубодолбежная</p> <p>1 Долбить эвольвентные шлицы</p>		<p>Зубодолбежный станок 5М14. Долбяк</p>
<p>020 Зубозакругляющая</p> <p>1 Закруглить торцы зубьев</p>		<p>Зубозакругляющий станок 5580</p>

Окончание таблицы 8.1

1	2	3
025 Зубофрезерная 1 Фрезеровать зубья		Зубофрезерный 5В312
025 Термическая	1 Цементация 2 Закалка 3 Низкий отпуск	Печь
030 Внутршлифовальная с ЧПУ 1 Шлифовать отверстие. 2 Шлифовать торец		Круглошлифовальный полуавтомат с ЧПУ ОШ-525Ф3. Круг шлифовальный
035 Плоскошлифовальная 1 Шлифовать торец		Плоскошлифовальный станок 5Б722. Круг шлифовальный
040 Зубошлифовальная 1 Шлифовать зубья		Зубошлифовальный станок 5А841. Круг шлифовальный
045 Моечная		Моечная машина
050 Контрольная		Стол ОТК

4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 В каком случае целесообразно использовать токарные станки с ЧПУ при обработке деталей?
- 2 В какой последовательности ведется токарная обработка валов?
- 3 Укажите признаки серийного производства.

9 Практическая работа № 17. Проектирование ТП изготовления зубчатых колес

Цель работы: приобретение навыков разработки ТП изготовления зубчатых колес.

9.1 Пример выполнения практической работы

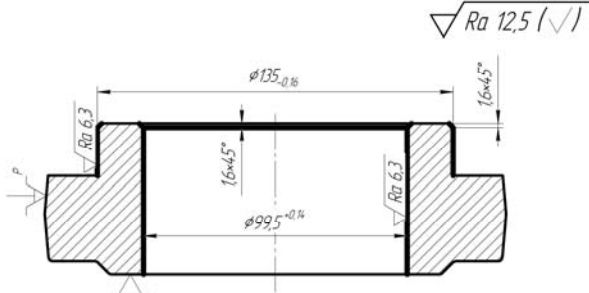

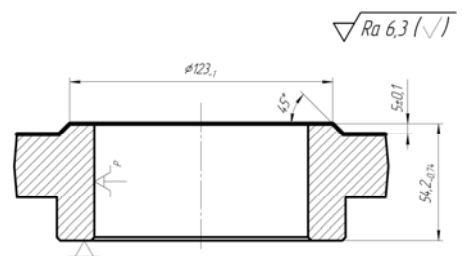
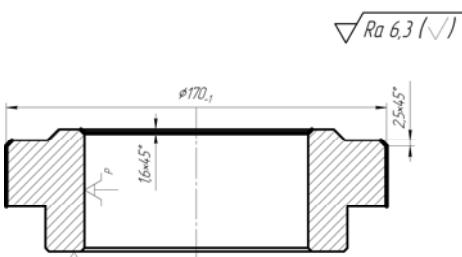
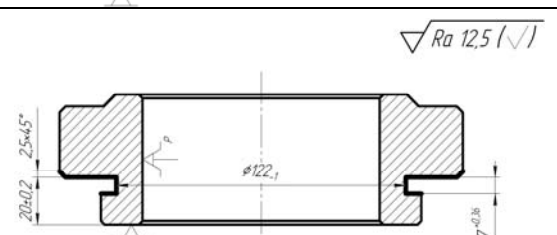
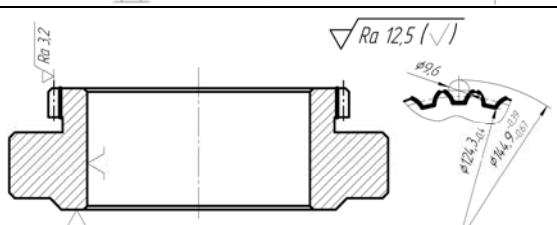
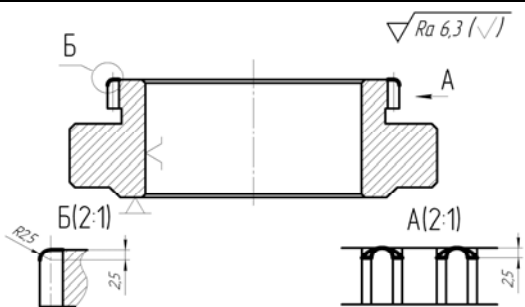
- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (см. рисунок 8.1).
- 3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки зубчатого колеса в условиях массового производства вала оформляем в виде таблицы 9.1.


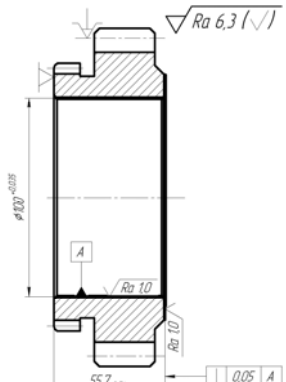
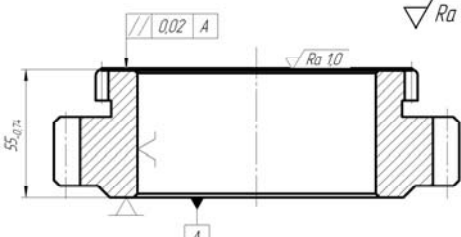
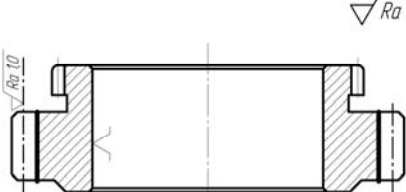
Таблица 9.1 – Технологический процесс обработки зубчатого колеса в условиях массового производства

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
Заготовительная		КГШП, поковка
005 Токарная		Токарный восьмшпиндельный вертикальный полуавтомат 1К282. Резец проходной, расточной, канавочный
Позиция I 1 Закрепить заготовку		
Позиция III 1 Точить торцы		
Позиция V 1 Точить наружную поверхность. 2 Расточить отверстие		

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3
Позиция VII 1 Точить наружную поверхность. 2 Расточить отверстие. 3 Точить фаски		
Позиция II 1 Закрепить заготовку		
Позиция IV 1 Точить торцы		
Позиция VI 1 Точить наружную поверхность. 2 Точить фаски		
Позиция VIII 1 Точить канавку. 2 Точить фаски		
010 Зубодолбежная 1 Долбить эвольвентные шлицы		Зубодолбежный станок 5М14. Долбяк
015 Зубозакругляющая 1 Закруглить торцы зубьев		Зубозакругляющий станок 5580

Окончание таблицы 9.1

1	2	3
020 Зубофрезерная 1 Фрезеровать зубья		Зубофрезерный станок 5В312
025 Термическая	1 Цементация 2 Закалка 3 Низкий отпуск	Печь
030 Внутрিশлифовальная 1 Шлифовать отверстие. 2 Шлифовать торец		Внутрিশлифовальный станок 3К228А. Круг шлифовальный
035 Плоскошлифовальная 1 Шлифовать торец		Плоскошлифовальный станок 5Б722. Круг шлифовальный
040 Зубошлифовальная 1 Шлифовать зубья		Зубошлифовальный станок 5А841. Круг шлифовальный
045 Моечная		Моечная машина
050 Контрольная		Стол ОТК

4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие Вы знаете технологические признаки зубчатого колеса?
- 2 Расскажите особенности обработки фланцев в мелкосерийном производстве?
- 3 Какие базовые поверхности зубчатых колес Вы знаете?

10 Практическая работа № 18. Проектирование технологических процессов изготовления деталей сложной формы на токарных обрабатывающих центрах

Цель работы: приобретение практических навыков разработки ТП с использованием токарных обрабатывающих центров.

10.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (рисунок 10.1).

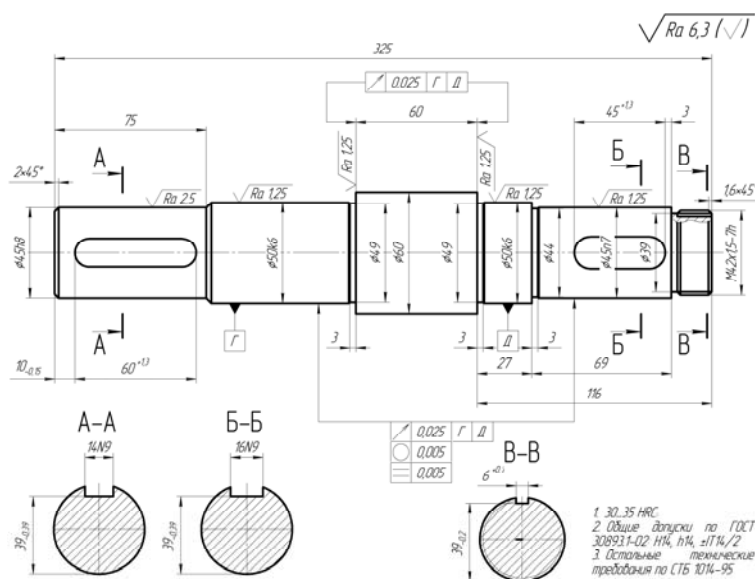


Рисунок 10.1 – Чертеж вала

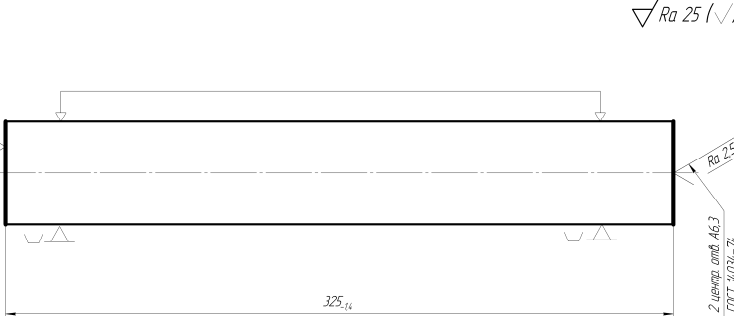
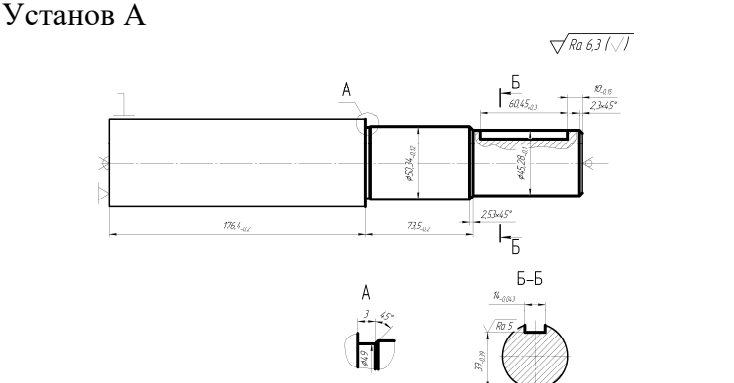
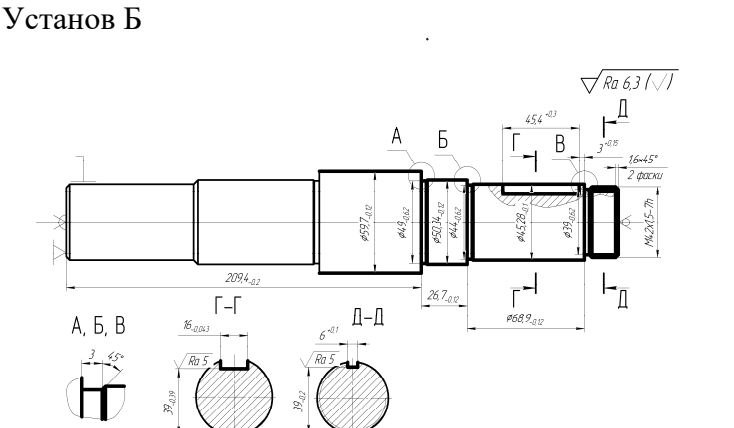
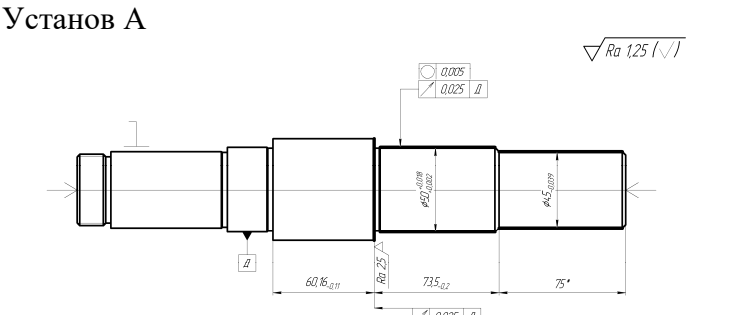
- 3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки вала с использованием токарных обрабатывающих центров оформляем в виде таблица 10.1.

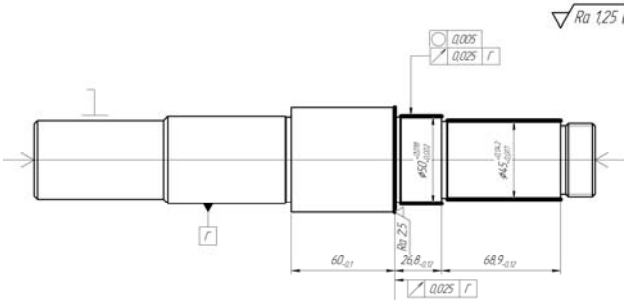
Таблица 10.1 – Пример ТП обработки вала с использованием РТК

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
005 Ленточно-отрезная		Ленточно-отрезной станок 8544. Пила ленточная

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3
<p>010 Фрезерно-центровальная</p> <p>1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить два центровых отверстия</p>		<p>Фрезерно-центровальный п/автомат МР-76М. Фреза торцовая, сверло центровочное</p>
<p>015 Токарно-револьверная с ЧПУ</p> <p>1 Точить поверхности начерно. 2 Точить поверхности начисто. 3 Фрезеровать шпоночный паз. 4 Переустановить, закрепить заготовку. 5 Точить поверхности начерно. 6 Точить поверхности начисто. 7 Фрезеровать шпоночный паз на ступени под шестерню. 8 Фрезеровать паз на резьбовом конце вала. 9 Фрезеровать резьбу М42х1,5-7h</p>	<p>Установ А</p>  <p>Установ Б</p> 	<p>Токарно-револьверный станок Haas ST-15. Резцы, фреза шпоночная, фреза групповая</p>
<p>020 Гальваническая</p> <p>1 Меднить резьбовой конец вала</p>		<p>Ванна гальваническая</p>
<p>025 Термическая</p> <p>1 Цементация. 2 Закалка. 3 Отпуск</p>		<p>Безмуфельный агрегат ЗИЛ</p>
<p>030 Круглошлифовальная с ЧПУ</p> <p>1 Шлифовать Ø50 и торец. 2 Шлифовать Ø45</p>	<p>Установ А</p> 	<p>Круглошлифовальный полуавтомат с ЧПУ ОШ-525Ф3. Круг шлифовальный</p>

Окончание таблицы 10.1

1	2	3
3 Переустановить, закрепить заготовку. 4 Шлифовать Ø50 и торец. 5 Шлифовать Ø45	Установ Б 	
080 Резьбонарезная		Резьбонарезной 5Д07.
1 Калибровать резьбу		Плашка
085 Моечная		Моечная машина
090 Контрольная		Стол ОТК

4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие конструктивные особенности токарных обрабатывающих центров?
- 2 Какие технологические переходы обработки можно выполнять на токарных обрабатывающих центрах?
- 3 Укажите наиболее целесообразный тип производства для технологических процессов, построенных на основе токарных обрабатывающих центров.

11 Практическая работа № 19. Особенности обработки поверхностей деталей машин на шлифовальных центрах

Цель работы: приобретение практических навыков разработки шлифовальных операций.

11.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Исходные данные. Чертеж детали представлен на рисунке 1.1.
- 3 Анализ поверхностей, подлежащих отделочной обработке. Используя чертеж детали назначаем способы обработки поверхностей для двух типов производства (таблица 11.1).
- 4 Разработка карты эскизов и операционной карты.
При заполнении операционной карты следует определить и записать:
 - форму и размеры шлифовального круга;
 - сведения о материале шлифовального круга.

Карта эскизов на шлифовальную операцию, выполняемую в условиях мелкосерийного производства, представлена на рисунке 11.1, операционная карта – на рисунке 11.2.

Таблица 11.1 – Сведения о поверхностях, подлежащих обработке

Размер поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Точность формы	Метод обработки при типе производства	
				мелкосерийном	крупносерийном
Ø50×33	6	0,8	$\sqrt{0,002 \text{ Д}}$ $\sqrt{0,004}$	Круглое шлифование на проход	Врезное шлифование
Ø58×33	6	1,6	$\sqrt{0,002 \text{ Д}}$ $\sqrt{0,004}$	Круглое шлифование на проход	Врезное шлифование
Ø58×Ø50	14	6,3	$\sqrt{0,002 \text{ Д}}$	Совмещенное шлифование, круглошлифовальный станок	Совмещенное шлифование, торцевокруглошлифовальный станок
Ø50×32	6	0,8	$\sqrt{0,002 \text{ Д}}$ $\sqrt{0,004}$		
Ø47×82	6	1,6	$\sqrt{0,002 \text{ Д}}$ $\sqrt{0,004}$	Круглое шлифование на проход	Врезное шлифование

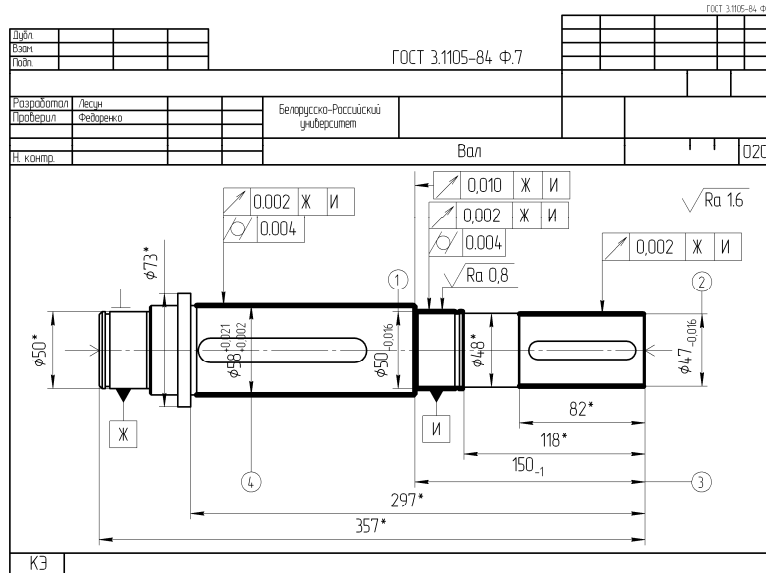


Рисунок 11.1 – Карта эскизов шлифовальной операции

Деталь		ГОСТ 3.1404-86 Ф.3		Имя		Лист		№ документа		Подпись		Дата		
Разработал	Лесня	Белорусско-Российский университет		ДПД 04.156.11.00.000		Вал						020		
Проверил	Федоренко													
Н. контр.	Пашкевич													
Наименование операции		Материал		Твердость		кВ	кМ	Профиль и размеры		Мас	кММ			
Шлифовальная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		260 НВ		к2	3,96	Профилет Ø75x360		8,06	1			
Обозначение стандарта ЧТ		Обозначение программы		тв	тв	тв	тв	тв		тв				
ЗМ15ЗВФ20				2,11	0,4	14	3,32							
Р	П		Д		L		t		S		n		V	
0 01	1. Установить заготовку в патроне, закрепить													
1 02	Патрон побойковый, центр, круг шлифовальный З3А40 ГОСТ 14К5 ПБК 500x50x305													
03														
0 04	2. Шлифовать поверхность, выдерживая размер 1													
Р 05		1	58	115	0,5	1	0,05	500	150,26					
06														
07														

Рисунок 11.2 – Операционная карта на шлифовальную операцию

5 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Виды абразивных материалов.
- 2 От чего зависит выбор зернистости шлифовального материала?
- 3 Характеристика наружного продольного шлифования.

12 Практическая работа № 20. Проектирование технологических процессов изготовления корпусных деталей редуктора

Цель работы: приобретение навыков разработки технологических процессов изготовления корпусных деталей.

12.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж детали (рисунок 12.1).

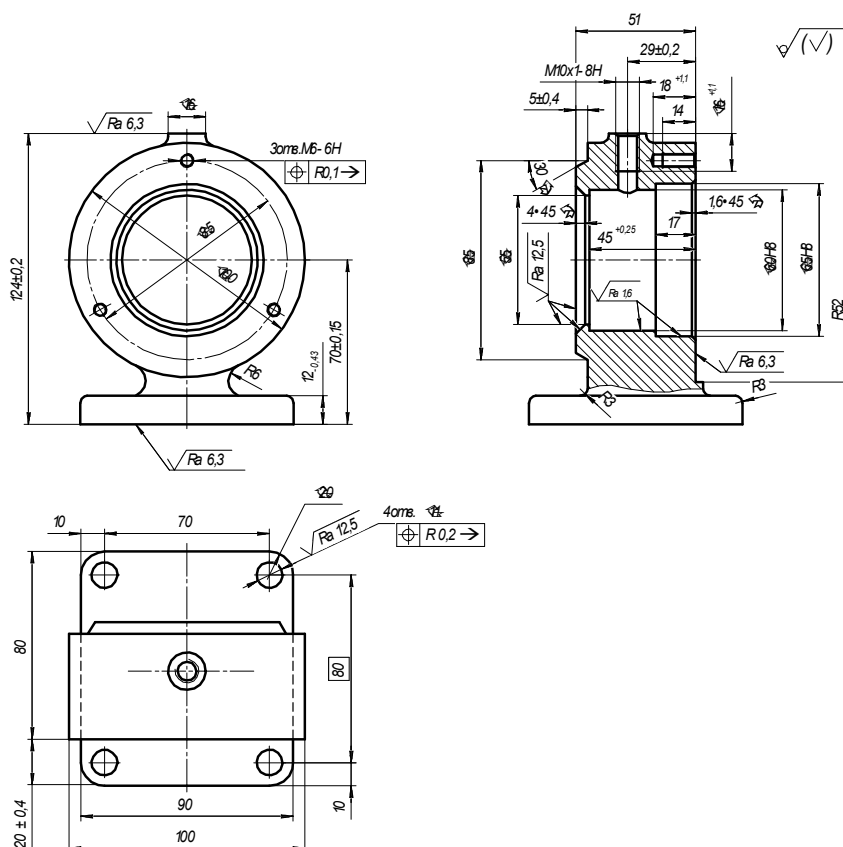


Рисунок 12.1 – Корпус (материал – чугун СЧ18)

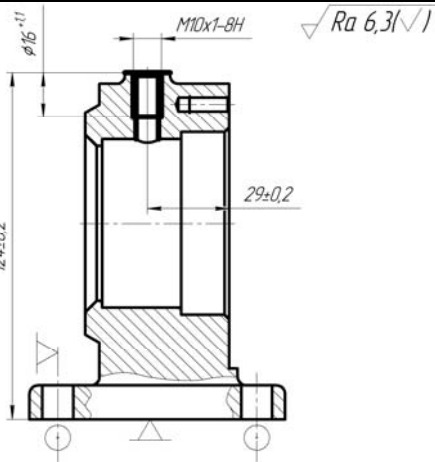
- 3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки корпуса оформляем в виде таблицы 12.1.

Таблица 12.1 – Технологический маршрут изготовления корпуса

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
<p>005 Заготовительная</p> <p>Отливка</p>		
<p>010 Вертикально-фрезерная с ЧПУ</p> <p>1 Фрезеровать плоскость основания. 2 Сверлить четыре отверстия. 3 Развернуть два отверстия</p>		<p>Вертикально-фрезерный 6P13Ф3</p>
<p>015 Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ</p> <p>1 Фрезеровать торец R52. 2 Расточить начерно и начисто отверстия $\phi 60$ и $\phi 65$. 3 Расточить фаски. 4 Центровать три отверстия. 5 Сверлить отверстия под резьбу. 6 Зенковать фаски в трех отверстиях. 7 Нарезать резьбу в трех отверстиях. 8 Повернуть стол с деталью на 180°. 9 Фрезеровать торец $\phi 78$. 10 Расточить отверстие $\phi 55$. 11 Расточить фаску $4 \times 45^\circ$</p>		<p>Сверлильно-фрезерно-расточной с ЧПУ мод. 2204ВМФ4</p>

Окончание таблицы 12.1

1	2	3
020 Вертикально-сверлильная с ЧПУ 1 Центровать отверстия. 2 Сверлить отверстия. 3 Цековать отверстия. 4 Зенковать фаски. 5 Нарезать резьбу		Вертикально-сверлильный с ЧПУ мод. 2Р118Ф2
025 Контрольная		

4 Выводы

Контрольные вопросы

- 1 Материалы, используемые при изготовлении корпусных деталей.
- 2 Виды заготовок корпусных деталей.
- 3 Технологические требования, предъявляемые к корпусным деталям.

13 Практическая работа № 21. Особенности обработки поверхностей деталей электрофизическими и электрохимическими методами

Цель работы: приобретение практических навыков разработки операций электроэрозионной обработки.

13.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Исходные данные для выполнения работы приведены в таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Исходные условия выполнения электроэрозионной обработки

Ra , мкм	β_1	K_n , м/Дж ^{0,333}	q	$U_{x.x}$	Вид обработки	Материал заготовки	Модель станка	Модель ГИ
6,3	1,5	55	14	110	Предварительная	45	СВЭИ-2	ГКИ-300...200 А

- 3 Устанавливаем энергию импульсов:

$$A_u = \left(\frac{20 \cdot Ra}{\beta_1^2 \cdot \kappa_n} \right), \quad (13.1)$$

где Ra – нормированное значение параметра шероховатости, заданное по рабочему чертежу детали, мкм;

β_1 – коэффициент перекрытия лунок;

κ_n – экспериментальный коэффициент, учитывающий материал обрабатываемых заготовок, м/Дж^{0,333}.

Получим

$$A_u = \left(\frac{20 \cdot 6,3}{1,5^2 \cdot 55} \right) = 1,02 \text{ Дж.}$$

4 Устанавливаем емкость зарядного конденсатора:

$$C = \frac{2 \cdot A_u}{U_{np}^2}, \quad (13.2)$$

где U_{np} – среднее напряжение пробоя, В; $U_{np} = (0,5...0,75)U_{x.x}$;

$U_{x.x}$ – напряжение холостого хода, В.

Тогда

$$U_{np} = (0,5...0,75)110 = 70 \text{ В;}$$

$$C = \frac{2 \cdot 1,02}{70^2} = 0,00041 \text{ Ф.}$$

5 Рассчитываем параметры настройки генератора для выполнения операции.

Среднее значение силы тока

$$I_{cp} \approx (0,5...0,75)I_k, \quad (13.3)$$

где I_k – сила тока короткого замыкания; $I_k = 0,2 + 0,8C$.

Тогда

$$I_k = 0,2 + 0,8 \cdot 410 = 328,2 \text{ А;}$$

$$I_{cp} \approx (0,5...0,75)328,2 = 205 \text{ А.}$$

Частоту следования импульсов f , Гц, определяем по формуле

$$f = \frac{U_{x.x} \cdot I_{cp}}{A_u}; \quad (13.4)$$

$$f = \frac{110 \cdot 205}{1,02} = 22107 \text{ Гц.}$$

Рассчитываем период повторения импульсов:

$$\tau_{np} = \frac{1}{f} = \frac{1}{22107} = 45 \text{ мкс.} \quad (13.5)$$

Рассчитываем длительность импульсов:

$$\tau_u = \frac{\tau_{np}}{q} = \frac{45}{14} = 3,21 \text{ мкс.} \quad (13.6)$$

Определяем толщину дефектного слоя H , мкм, по формуле

$$H = \frac{3 \cdot \beta_1^2}{4} \cdot \kappa_n \cdot \sqrt[3]{A_u} = \frac{3 \cdot 1,5^2}{4} \cdot 55 \cdot \sqrt[3]{1,02} = 93,4 \text{ мкм.} \quad (13.7)$$

Величина H характеризует вероятность возникновения микротрещин на отработанной поверхности заготовки. Если $H \geq 100$ мкм, то, независимо от материала обрабатываемой заготовки, появление микротрещин неизбежно, что в свою очередь может повлиять на прочность и другие эксплуатационные свойства изготовленной с помощью электроэрозионной обработки детали.

6 Выводы

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды операций, выполняемых на электроэрозионном оборудовании, Вы знаете?
- 2 Охарактеризуйте технологические возможности электроэрозионной обработки.
- 3 Поясните принцип работы электроэрозионного станка.

14 Практическая работа № 22. Оформление технологической документации на технологический процесс механообработки деталей

Цель работы: приобретение практических навыков оформления технологической документации на техпроцесс механообработки деталей.

14.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.

5 Осуществить разработку операционных карт.
Пример заполнения операционной карты представлен на рисунке 14.3.

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.																				
Провер.																				
Утв.																				
И.контр.																				20
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД								
Резьбофрезерная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		217...229НВ		кг	6,8	Ø132×248			8,9	1								
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тиз	Тит-к	Сож												
5К63				1,06	0,74	-	1,95	Эмульсия												
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V											
01																				
02	1. Фрезеровать резьбу, выдерживая размеры 1, 2																			
03	Фреза гребенчатая Р6М5 ГОСТ 1336-77; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Шпатель резьбовое																			
04			36	23	0,812	1	1,5	400	45,216											
05																				
06	Контроль исполнителем 10%																			
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
OK																				

Рисунок 14.3 – Пример заполнения операционной карты

6 Выводы.

Контрольные вопросы

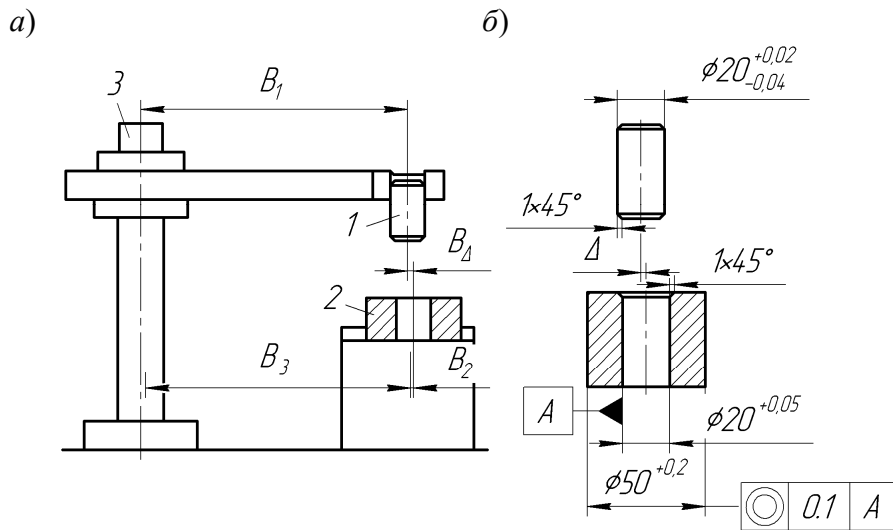
- 1 Из каких карт состоит комплект документов на техпроцесс обработки деталей машин?
- 2 Какую информацию содержит в себе маршрутная карта?
- 3 Какую информацию вносят в операционную карту?

15 Практическая работа № 23. Оформление технологической документации на контроль деталей и сборку узлов

Цель работы: приобретение практических навыков оформления технологической документации на техпроцесс сборки.

15.1 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Чертеж задания (рисунок 15.1).



a – схема выполнения сборочной операции; *б* – требования к сопрягаемым поверхностям собираемых изделий

Рисунок 16.1 – Размерные связи при автоматической установке вала во втулку промышленным роботом

3 Установление требований к роботизированной системе.

Требуемый зазор в соединении достигается по методу полной взаимозаменяемости. Сборку вала *1* со втулкой *2* осуществляет робот *3* (см. рисунок 16.1, *a*). Вал *1* захватывается роботом, позиционируется соосно с отверстием втулки *2* и далее робот опускает вал в отверстие втулки, осуществляется сборка. Эскизы вала и втулки показаны на рисунке 16.1, *б*. Для того чтобы вал попал во втулку, необходимо обеспечить соосность вала и отверстия во втулке. Максимально допустимое отклонение от соосности определяется по формуле

$$\Delta_{\max} = \frac{1}{2}(D_{\min} - d_{\max}) + C_B + C_O, \quad (16.1)$$

где D_{\min} – минимальный диаметр отверстия втулки;

d_{\max} – максимальный диаметр вала;

C_B, C_O – ширина фаски вала и отверстия соответственно.

Подставив в формулу (16.1) указанные на рисунке 16.1 размеры соединяемых деталей, получается максимально допустимое отклонение от соосности:

$$\Delta_{\max} = \frac{20 - (20 - 0,02)}{2} + 1 + 1 = 2,01 \text{ мм.}$$

Допустимое отклонение B_{Δ} от соосности вала и отверстия в размерной цепи сборочной системы может быть представлено в следующем виде:
 $B_{\Delta} = (0 \pm 2,01) \text{ мм.}$

4 Установление технологической размерной цепи.

На рисунке 16.1, *a* показана размерная цепь: B_1 – размер позиционирования захвата робота; B_2 – соосность отверстия с наружной поверхностью втулки, являющейся основной базой втулки; B_3 – размер, связывающий положение базирующего втулку приспособления с роботом.

Каждый раз должна обеспечиваться автоматическая установка валика роботом во втулку. Для этого точность размера B_Δ при автоматической сборке должна обеспечиваться методом полной взаимозаменяемости. Уравнение допусков запишется в следующем виде:

$$T_\Delta = T_1 + T_2 + T_3, \quad (16.2)$$

где T_Δ – допуск замыкающего звена B_Δ ;

T_1, T_2, T_3 – допуски звеньев соответственно B_1, B_2, B_3 .

В соответствии с чертежом (см. рисунок 16.1, *b*), при использовании фасок $T_\Delta = 4,02$ мм; $T_2 = 0,2$ (допуск соосности $\pm 0,1$); $T_3 = 0,01$ – допуск на тепловые деформации.

Уравнение допусков примет следующий вид:

$$4,02 = T_1 + 0,2 + 0,01,$$

откуда $T_1 = 3,81$ мм.

5 Вывод: при использовании фасок, значительно увеличивающих допустимое отклонение от соосности деталей (с 0,02 до 4,02 мм), можно использовать робот с погрешностью позиционирования $\pm 1,9$ мм.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое технологические размерные цепи?
- 2 Какой метод обеспечения точности следует использовать в условиях автоматической сборки?
- 3 Что такое базовая деталь?

Список литературы

- 1 Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.: ил.
- 2 Жолобов, А. А. Практикум по технологии машиностроения: учебное пособие / А. А. Жолобов, И. Д. Камчицкая, А. М. Федоренко; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: РИВШ, 2020. – 316 с.