МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)
Алатырский филиал

Факультет *машиностроительный*

Кафедра *“Технология машиностроения”*

Выпускная квалификационная работа

на тему:

Разработка технологического процесса изготовления детали «Гайка ходовая»

Дипломник(ца) _____(*Назарова Н.В.*)

Руководитель проект _____*(Лобанов Д.В.)*

Консультант по

нормоконтролю _____(Лобанов Д.В.)

Рецензент _____**(**_____**)**

Заведующий кафедрой _____*(Лобанов Д.В.)*

Чебоксары – 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Выпускная работа состоит из четырех разделов:

1) Общий раздел

2) Технологический

3) Конструкторский

4) Специальный вопрос

В общем разделе рассмотрены: служебное назначение, техническая характеристика детали, определение типа производства.

В технологическом разделе рассмотрен: технологический анализ чертежа детали, анализ технологичности конструкции детали, анализ обрабатываемых поверхностей и выбор методов их получения, выбор заготовки и его обоснование, выбор технологических баз, разработка последовательности обработки и составление маршрута обработки, разработка операционного технологического процесса механической обработки, выбор оборудования, расчет припусков на механическую обработку, расчет режимов резания, определение норм времени и трудоемкости изготовления детали.

В конструкторской части рассмотрен: выбор типа ТО, выбор схемы ТО, расчет сил закрепления заготовки, выбор конструкции зажимных устройств, расчет суммарной погрешности обработки поверхности на данном ТО. Описано спроектированное приспособление используемое на 035 и 040 технологической операции моего технологического процесса.

В разделе специальный вопрос, на тему «Конструирование метчика-протяжки для нарезания резьбы». Данный инструмент позволит повысить производительность на операции обработки резьбы.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ……	7
1.1 Исходная информация для разработки выпускной квалификационной работы.....	7
1.2 Служебное назначение, техническая характеристика изделия, детали ……..	7
1.3 Определение типа производства ……	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ …….....	15
2.1 Технологический анализ чертежа детали и технических условий	15
2.2 Анализ технологичности конструкции детали (общий, количественный) ……..	16
2.3 Анализ обрабатываемых поверхностей и выбор методов их получения ……..	20
2.4 Выбор заготовки и его обоснование …….....	22
2.5 Выбор технологических баз …….	25
2.6 Разработка последовательности обработки и составление маршрута обработки …….....	29
2.7 Аналитический расчет припусков.....	30
2.8 Разработка операционного технологического процесса механической обработки.....	33
2.9 Выбор оборудования ……..	40
2.10 Расчет и определение режимов обработки ……..	45
2.11 Определение норм времени и трудоемкости изготовления детали ……..	56
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ (ТО) ……	58
3.1 Исходные данные и выбор типа ТО ……...	58
3.2 Описание зажимного приспособления для фрезерования……..	59

3.3 Определение силы зажима.....…… 61
4. НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ..... 64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ……..... 83
ПРИЛОЖЕНИЯ:
Приложение А. Комплект технологических документов
1. Титульный лист.
2. Маршрутная карта.
3. Операционные карты механической обработки с картами эскизов.
Приложение Б. Графическая часть.
1. Чертеж детали 2D+3D –1 лист;
2. Карта наладок –2 листа;
3. Сборочный чертеж ТО (приспособления) со спецификацией – 1 лист;
4. Схемы обработки поверхностей – 2 листа.
5. Методы обработки поверхностей – 1 лист.
6. Научно-исследовательская часть (сборочный чертеж метчик-протяжка со спецификацией) – 1 лист.

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение - основная ведущая отрасль промышленности, производящая все орудия труда, большую часть предметов народного потребления и продукцию оборонного назначения. Эта отрасль занимает ведущее место в дальнейшем росте экономики страны, которая обеспечивает материальную основу технологического прогресса всех отраслей народного хозяйства. Любой предмет создается при помощи орудий труда, которые в свою очередь должны быть сначала изготовлены. Таким образом, ни одно производство не обходится без машин.

Для того чтобы постоянно удовлетворять растущие запросы общества, машиностроение на базе новейших достижений науки и техники должно непрерывно разрабатывать новые технологические процессы.

В условиях высоких темпов научно-технического и социально-экономического прогресса развития производства, его эффективность зависит не только от умения коллективов предприятий мобилизовывать свои внутренние резервы, но и от внедрения последних достижений науки и техники, прогрессивных форм организации и управления, передовых методов труда. Специализация способствует своевременному и эффективному внедрению в производство новейших разработок, наиболее целесообразному использованию материальных, трудовых и финансовых ресурсов, четкой организации предприятия и т.д. Интеграция науки, техники и производства является одним из решающих условий ускорения НТП, интенсификации и экономии.

Одним из важнейших направлений научно-технического прогресса является широкое освоение передовых технологий. Другое направление -автоматизация и механизация технологий. Современный этап автоматизации опирается на революцию в электронно-вычислительной технике, электронизацию народного хозяйства. С развитием вычислительной техники связана и роботизация производства. Роботы заменяют человека на тяжелых,

монотонных, вредных работах и так далее. Без них не мыслимы многие технологические процессы.

Разработка нового изделия - сложная конструкторская задача, связанная не только с достижением требуемого технического уровня этого изделия, но и с приданием его конструкции таких свойств, которые обеспечивают максимально возможное снижение затрат труда, материалов и энергии на его разработку, изготовление, техническое обслуживание и ремонт. Решение этой задачи определяется деловым творческим содружеством создателей новой техники - конструкторов и технологов - и их взаимодействием на этапах разработки конструкции изделия с его изготовителями и потребителями. Первостепенная роль в обеспечении технологичности конструкции изделия принадлежит конструктору, который должен руководствоваться соображениями как технической, так и экономической целесообразности проектируемой конструкции, уметь использовать такие инженерные решения, которые обеспечивают достижение необходимых технических показателей изделия при рациональных затратах ресурсов, выделяемых на его создание и применение. Основная задача - изготовить изделие заданного качества в нужном количестве при наименьших затратах материалов, минимальной себестоимости и высокой производительности.

Инженер-конструктор является творцом новой техники, и уровнем его творческой работы в большей степени обусловливают темпы научно-технического прогресса. Решающая роль успеха при создании новой техники определяется тем, что заложено на чертеже конструктора. Однако одна из важнейших задач инженера (конструктора, технолога, исследователя) - научиться творчески применять при решении поставленных задач приобретенные знания. С развитием науки и техники проблемные вопросы решаются с учетом факторов, базирующихся на данных различных наук.

1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Исходная информация для разработки выпускной квалификационной работы

Деталь – чертеж детали гайка ходовая

Материал – сталь 20Х ГОСТ 4543-71.

Чистый вес – 2,6…5,84 кг в зависимости от номера детали.

Заготовка – сортовой прокат.

Технологические потери в процессе обработки- 5 %.

По условиям проекта, мы ведем обработку детали: «гайка ходовая» - СНЦИ.751861.001.

Программа выпуска деталей – 1000 шт.

1.2 Служебное назначение, техническая характеристика изделия, детали

Предложенный чертеж детали классифицируется как тип втулка. Марка материала деталей - сталь 20Х ГОСТ 4543-71.

Деталь входит в узел «Механизм винтовой». Они применяются в ответственных механизмах атомной энергетики, нефтегазовом снабжении выпускаемых ОАО «СКБ СПА», и служат для преобразования вращательного движения в поступательное — подъем и опускание стержней механизма задвижки, используются в качестве запорной арматуры.

Деталь является гайкой ходовой механизма винтового. Применяемость - в количестве одной штуки на установку. Эскиз узла «Механизм винтовой» приведен на рисунке 1.1. Положение детали в сборочном узле обозначено позицией 2.

Анализируя конструкцию, устанавливаем, что деталь представляет собой втулку с внутренним резьбовым отверстием по центру. Втулка имеет конструктивные различные элементы: сквозное не центровое отверстие для перемещения шариков, резьбовые отверстия по торцу для крепления крышки, фаски, пазы, в том числе шпоночные. Для предотвращения

заклинивания шариков выходы витков фрезеруются. Эскиз детали изображен на рисунке 1.2.

К деталям типа втулка предъявлены следующие требования по точности взаимного расположения поверхностей:

- ошибка шага резьбы в пределах одного витка и на всей длине гайки не более 0,01 мм;

- торцевое биение относительно внутреннего диаметра резьбы 0,1 мм;

- радиальное биение наружного диаметра относительно внутреннего диаметра резьбы 0,05 мм;

- радиальное биение центрового отверстия относительно внутреннего диаметра резьбы 0,05 мм;

- радиальное биение наружного диаметра метрической резьбы по центру относительно внутреннего диаметра резьбы 0,1 мм;

- радиальное биение наружного диаметра трапецеидальной резьбы по центру относительно внутреннего диаметра резьбы 0,05 мм;

- допуск перпендикулярности по обоим торцам детали относительно внутреннего диаметра резьбы 0,05 мм;

- допуск симметричности резьбовых отверстий по торцу относительно не центрового отверстия 0,1 мм.

Требования по твердости: цементация на глубину 0,7... 1 мм, закалка ТВЧ HRC 55... 60.

Исходными данными для разработки технологического процесса являются: рабочие чертежи деталей со всеми необходимыми техническими условиями, назначение детали и условия ее работы в сборочной единице, а также тип производства.

Габаритные размеры деталей:

СНЦИ.751861.001 – ф90мм длина 80мм

Масса гайки 2,6кг.

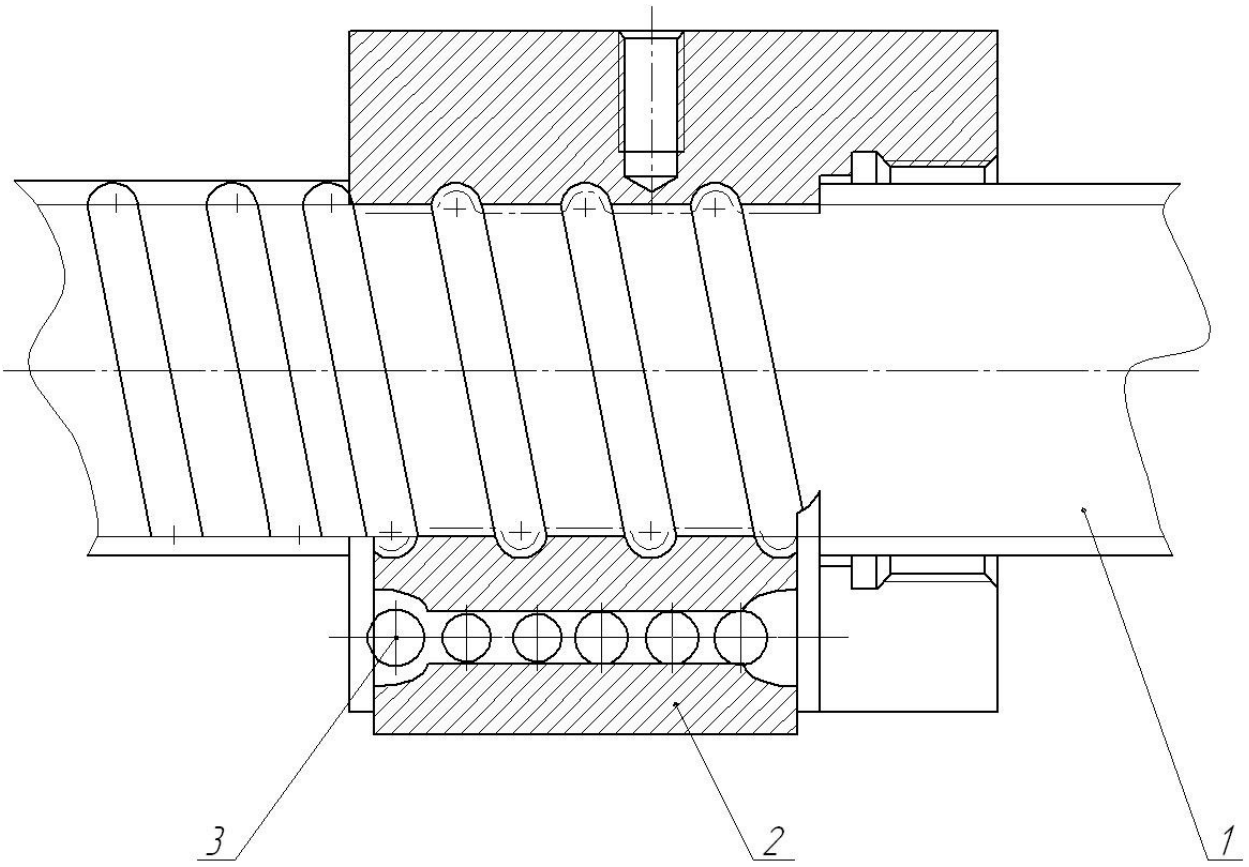


Рисунок 1.1 - Сборочный узел «ходовой винт-гайка»

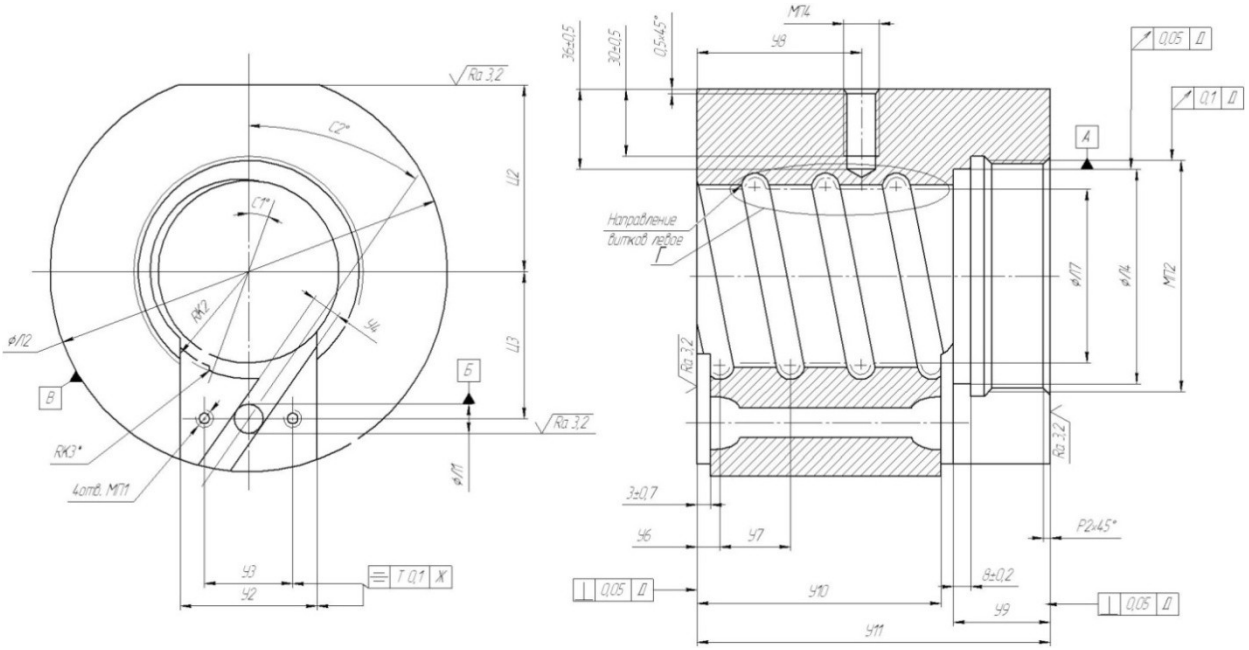
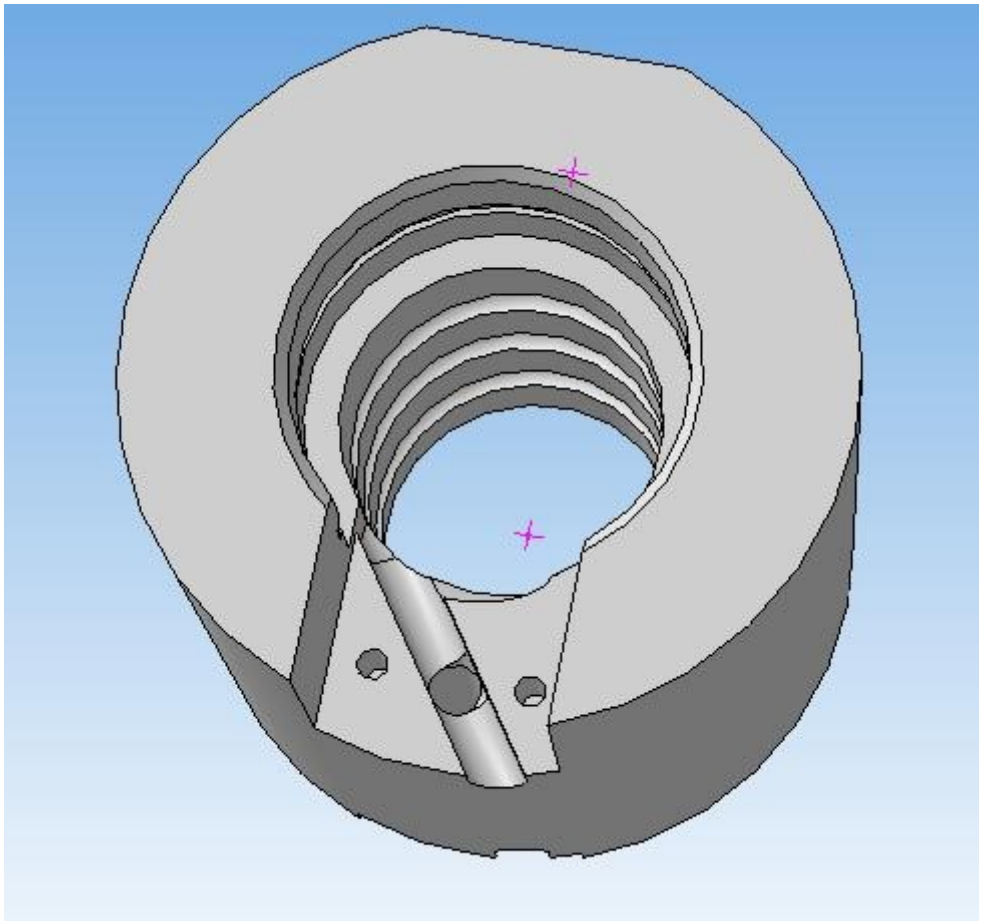


Рисунок 1.2 - Деталь – гайка ходовая

Модель детали «Гайка» была выполнена в САПР системе АСКОН Компас График – 3D. Данная деталь представляет собой тело вращения со

спиральным вырезом (резьба внутренняя трапециидальная) и несколькими отверстиями. Данная модель представлена на рисунке 1.3.



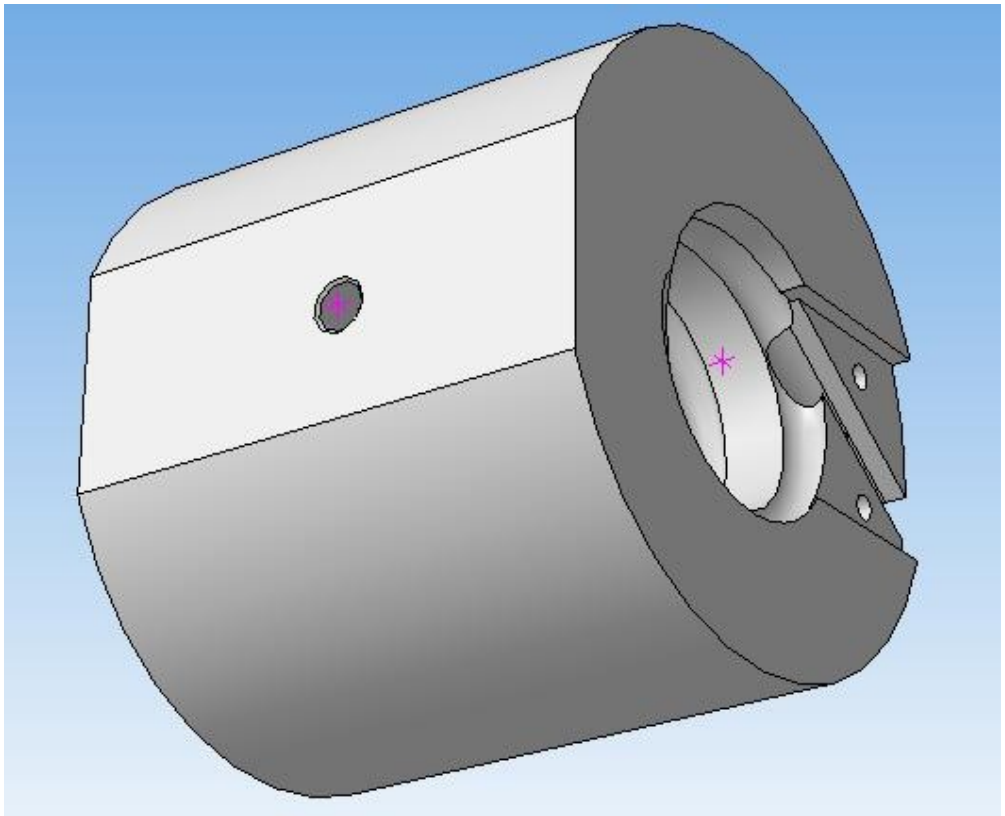


Рисунок 1.3 – Модель детали – гайка ходовая

Деталь - гайка изготовлена из легированной конструкционной стали 20Х ГОСТ 4543-71, которая имеет удовлетворительную обрабатываемость всеми видами лезвийного и абразивного инструмента. Применяется для изготовления валов, гаек, шестерен, муфт, пальцев и других улучшаемых деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости.

Хром, вводимый в сталь 20Х в качестве легирующего элемента, придает ей меньшую критическую скорость закалки, в результате чего повышается прокаливаемость, предел текучести, относительное сужение, ударная вязкость.

Основные характеристики стали 20Х определяем согласно [17] и сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1- Механические свойства стали 20Х

Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ,%	Относительное сужение поперечного сечения ψ, %	Ударная вязкость CU, Дж/см^2
390	640	13	40	49

Таблица 1.2 - Химический состав стали 20Х

Химический элемент	Углерод *(C)*	Кремний *(Si)*	Марганец *(Mn)*	Хром *(Cr)*	Сера *(S)*	Фосфор *(P)*	Медь *(Cu)*	Никель *(Ni)*
					не более			
Массовая доля, %	0,17-0,23	0,17-0,37	0,50-0,80	0,70-1,00	0,035	0,035	0,030	0,030

1.3 Определение типа производства

Для определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска детали и массу детали. При массе детали 2,6 кг и программе выпуска 1000 шт. получаем производство серийное [4, таблица 2.1, с. 27].

Производство характеризуется ограниченной номенклатурой изготовляемых деталей периодически повторяющимися партиями. При серийном производстве используются универсальные станки, станки с ЧПУ, копировальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными, и универсально-сборочными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия.

Технологический процесс изготовления изделия расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на отдельных станках.

При выборе технологического оборудования специального или специализированного, дорогостоящего приспособления и инструмента необходимо производить расчеты затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемой экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения, оборудование располагается в последовательности технологического процесса.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест. Тип производства выбираем исходя из расчета коэффициента закрепления операций.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$, определяется по формуле [4, с. 18]:

$$K_{з.о.}=\frac{\sum O}{\sum P}$$

где O - количество операций, выполняемых на рабочем месте за месяц;

P - число рабочих мест.

Количество операций, выполняемых на рабочем месте за месяц [4, с. 21]:

$$O=\frac{K_{з.н.}}{K_{з.ф.}}$$

где $K_{з.ф.}$ - фактический коэффициент загрузки рабочего места;

$K_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования,

$K_{з.н.}$= 0,9.

Фактический коэффициент загрузки рабочего места $K_{з.ф.}$ [4, с. 21]:

$$K_{з.ф.}=\frac{m_p}{P}$$

где m_p - расчетное количество станков, шт.;

P - принятое количество станков, шт.

Расчетное количество станков m_p, шт. [4, с.16]:

$$m_p=\frac{N\times T_{шт.к.}}{60\times F_д}$$

где N — годовая программа запуска, шт.; N=1000 шт.;

$T_{шт.к.}$ - штучно-калькуляционное время, мин;

$F_д$ - действительный годовой фонд времени, ч.

Действительный годовой фонд времени $F_д$, ч [4, с. 15]:

$$F_д=F_н\times\left(1-\frac{в}{100}\right)$$

где $в$ - простой оборудования в планово-предупредительном ремонте, $в$ = 8 %;

$F_н$- номинальный фонд времени работы оборудования за год, мин;

Номинальный фонд времени работы оборудования за год $F_н$, мин [4, с. 15]:

$$F_н=(K_{к.д.}-K_{п.д.})*S*d,$$

где $K_{к.д.}$ и $K_{п.д.}$ - количество календарных, праздничных и выходных дней в году;

S - число смен на участке; S=2;

d- продолжительность смены; d=8ч;

Подставим значения

$$F_н=(365-115)*2*8=4000 \text{ ч}$$

$$F_д=4000\times\left(1-\frac{8}{100}\right)=3680 \text{ ч}$$

Все полученные значения заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Основные параметры для определения коэффициента закрепления операций

Операция	$T_{шт.к}$	m_p	$K_{з.ф.}$	O
010 Токарная	5,6	0,016	0.0492	17.87
015 Токарная	6,8	0,019		
020 Токарная	12,8	0,07		
025 Токарная	12,5	0,072		
030 Фрезерная	3,23	0,017	0,088	10,05
035 Фрезерная	7,9	0,014		
040 Фрезерная	9,4	0,024		
055 Шлифовальная	9,356	0,0546	0,0546	16,7

$$K_{з.о.}=\frac{17.87+10.05+16.7}{3}=14.87$$

Если $10 \geq K_{з.о.} \geq 1$, то производство крупносерийное.

Если $20 \geq K_{з.о} \geq 10$, то производство среднесерийное.

Если $40 \geq K_{з.о} \geq 20$, то производство мелкосерийное.

Вывод: в нашем случае $K_{з.о.}$ =14,87 - значит производство среднесерийное.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Технологический анализ чертежа детали и технических условий

Анализ технических требований и технологический контроль чертежей деталей приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические требования и методы их обеспечения

Технические требования	Методы обеспечения
Неуказанные допуски расположения поверхностей по ГОСТ 25089-81	Технологическим процессом
Радиальное биение и неперпендикулярность торцев относительно оси резьбового отверстия	Механической обработкой, режущим инструментом
55…62 HRC	Термообработкой
Химическое оксидирование	Химикотермической операцией
Допуск симметричности паза относительно оси симметрии паза	Механической обработкой, Режущим инструментом
Неуказанные предельные отклонения размеров по $\pm\frac{JT14}{2}$, H14, h14	Механической обработкой, режущим инструментом
Неуказанные предельные отклонения фасок, радиусов, закруглений и углов по ГОСТ 7505-89	Технологическим процессом

Так же проанализируем деталь с точки зрения конструкторских базовых поверхностей и допусков формы и расположения других поверхностей относительно конструкторской базы.

Как видно из таблицы 2.2 конструктор задал у данной детали две базовые поверхности: это поверхность наружного диаметра детали, обозначенная буквой Д, и отверстие диаметром 6,6 мм, обозначенное буквой Ж. Относительно базы Д заданы повышенные требования к неперпендикулярности торцовых поверхностей и к радиальному биению центрального отверстия и внутренней резьбовой поверхности. Относительно базы Ж задана не симметричность боковых стенок пазов. Данные требования

в первую очередь необходимо выдержать путем правильной установки, базирования на операциях по обработке данных поверхностей.

Данные требования так же позволяет выдержать кинематическая и статическая точность оборудования, на котором обрабатываются данные поверхности и в третьих, правильная привязка инструмента при обработке резанием данных поверхностей на операциях.

Таблица 2.2 – Отклонения формы и расположения поверхностей у детали

№ поверхности	Название поверхности	Значение и точность размера	Шерохо-ватость, мкм	Отклонение формы поверхности, базы
1	Торцовая поверхность	$80_{-0.1}$	Ra3.2	⊥ 0.05 Д
2	Торцовая поверхность	$80_{-0.1}$	Ra3.2	⊥ 0.05 Д
3	Наружний диаметр	90h12	Ra6.3	Д
6	Центральное отверстие	50H9	Ra1.6	↗ 0.05 Д
7	Внутреняя резьба	M52x1.5-7H	Ra6.3	↗ 0.1 Д
11	Отверстие	$6.6^{+0.05}$	Ra3.2	Ж
20	Паз	31H14	Ra6.3	⌯ T0.1 Ж
21	Паз	31H14	Ra6.3	⌯ T0.1 Ж

2.2 Анализ технологичности конструкции детали

По ГОСТ 14205-84Е технологичность конструкции изделия - это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска, условий выполнения работ. Соответствие конфигурации детали, узла и машины в целом технологическим требованиям производства определяет их технологичность.

Оценку технологичности одной детали машины по сравнению с другой можно производить, сопоставляя трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления. При соблюдении эксплуатационных

качеств должны обеспечиваться также высокие производственные показатели и снижение себестоимости продукции, а именно: малая трудоемкость, простота изготовления, применение недефицитных материалов и так далее.

Качественная оценка технологичности

Деталь изготовлена из легированной стали 20Х и проходит термическую обработку, что имеет большое значение в отношении короблений, возможных при нагревании и охлаждении детали.

Деталь можно считать нетехнологичной, так как она:

1) имеет сложную конфигурацию;

2) имеет большое количество конструктивных элементов (канавок, отверстий), что повышает трудоемкость обработки;

3) имеет глубокое отверстие диаметром 6,6 мм, что требует применения специального инструмента;

4) согласно технологическому процессу изготовления имеет низкий коэффициент использования материала (значительная часть заготовки переводится в стружку).

Деталь можно считать технологичной, так как она:

1) достаточно прочная и жесткая, что позволяет обрабатывать ее с наиболее производительными режимами резания;

2) обрабатываемые поверхности в основном открыты и доступны для прохода режущих инструментов;

3) внутреннюю резьбу можно обрабатывать резанием;

4) имеется возможность производить обработку от одной базы поверхностей, которые связаны между собой условиями биения, симметричности и, таким образом, технологически обеспечить требования взаимного расположения поверхностей.

Анализируя все вышесказанное, приходим к выводу, что деталь в целом технологична.

Количественная оценка технологичности

Количественная оценка технологичности определяется по ГОСТ 14201-84Е, исходные данные для расчета приведены в таблицах 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Точность поверхностей детали

Квалитеты	7	9	10	12	13	14	Всего поверхностей
Количество поверхностей	5	3	1	6	3	19	37

Таблица 2.4 – Качество поверхностей детали

Шероховатость, Ra	0,8	3,2	6,3	Всего поверхностей
Количество поверхностей	1	7	29	37

Количественные показатели технологичности конструкции гайки определим в соответствии с методикой и формулами [15, с. 17]:

1) коэффициент точности обработки $k_{т.\ обр.}$:

$$k_{т.\ обр.} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \quad (2.1)$$

где $A_{ср}$ - средний квалитет обработки изделия;

1, 2, ... 19 - квалитет обработки;

n - число разрядов соответствующего квалитета.

$\boldsymbol{k_{т.обр.}}$=1 – 37/(7·5+9·3+10·1+12·6+13·3+14·19) = 0,918.

По коэффициенту точности изделие технологично, так как 0,918 > 0,8.

Максимальное значение квалитета обработки: IT 14.

Минимальное значение квалитета обработки: IT 7.

2) коэффициент шероховатости поверхностей $k_ш$ [15, с. 17]:

$$k_ш = 1 - \frac{1}{Б_{ср}}, \quad (2.2)$$

где $Б_{ср}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости *(Ra);*

n – число поверхностей с соответствующим числовым значением параметра шероховатости.

Таким образом, получим

$\boldsymbol{k_{т.обр.}}$=1 – 37/(0,8·1+3,2·7+6,3·29)= 0,82.

По коэффициенту шероховатости изделие технологично, так как 0,82<1,6.

Максимальное значение параметра шероховатости Ra 6,3.

Минимальное значение параметра шероховатости Ra 0,8.

3) коэффициент унификации конструктивных элементов $k_{у.э.}$ [15, с. 17]:

$$k_{у.э} = \frac{Q_{у.э}}{Q_э} \qquad (2.3)$$

где $Q_{у.э}$ и $Q_э$- соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и их общее количество, шт.

$$k_{у.э} = \frac{18}{37} = 0{,}486$$

4) коэффициент использования материала $k_{им}$ [15, с. 17]:

$$k_{им} = \frac{G_Д}{G_З} \qquad (2.4)$$

где $G_Д$ – масса детали по чертежу, кг; $G_З$ – масса заготовки, кг.

Заготовкой является пруток диаметра 100х85 мм с массой Q, кг, которая определяется [15, с. 17]:

$Q = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot \rho$,

где R - радиус заготовки, м;

H - высота заготовки, м;

ρ - удельная плотность стали, кг/м^3, ρ = 7820 кг/м^3.

Тогда

$Q = \pi \cdot 0{,}05^2 \cdot 0{,}085 \cdot 7820 = 5{,}2$

$$k_{им} = \frac{2{,}6}{5{,}2} = 0{,}5$$

По коэффициенту использования материала изделие нетехнологично.

5) Коэффициент обрабатываемости стали находим согласно [4, с. 199]:

$$K_м = K_{гр} \times K_Н,$$

где $K_{гр}$ - коэффициент обрабатываемости по группе; $K_{гр}$ =0,9;

$K_Н$ - коэффициент обрабатываемости по твердости; $K_Н = 0,8$.

$K_м$ = 0,9 × 0,8 = 0,72

Вывод: согласно качественному и количественному анализу изделие считаем технологичным.

2.3 Анализ обрабатываемых поверхностей и выбор методов их получения

Технические условия для данной группы деталей были заданы конструктором при разработке документации на изделие: чертежи деталей, технические требования и отклонения допусков формы и поверхностей.

Исходя из данных условий:

- определяю допустимую замену материала на сталь 9ХС ГОСТ59502000;

- назначаю специальное покрытие - Хим. Окс. прп.;

- регламентирую неуказанные допуски на размеры по H14, h14, IT/2;

- назначаю требование на ошибку шага резьбы в пределах одного витка и на всей длине резьбы не более 0,01 мм;

- регламентирую отклонение от параллельности боковых стенок пазов относительно оси центрального отверстия, база Ж;

- регламентирую отклонение от перпендикулярности фланцев и биения внутреннего отверстия оси посадочного отверстия, база Д.

Для проведения анализа обработки разобьем деталь на элементарные поверхности, данное разбиение представлено на рисунке 2.1.

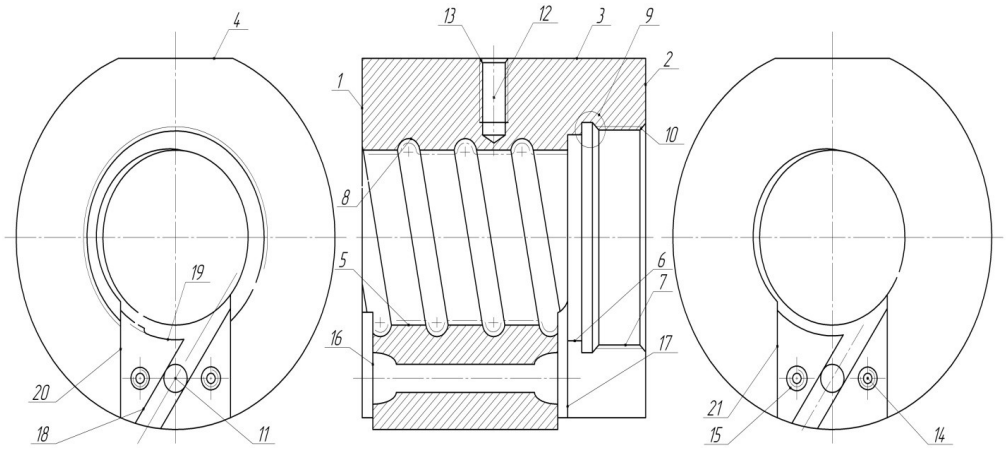


Рисунок 2.1 - Поверхности на детали

Для каждой поверхности на чертеже детали задан размер и его поле допуска, а так же чистота обработки данной поверхности. Согласно этим данным и литературе [3], назначим технологические переходы для их обработки и приведем их в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Название поверхности	Значение и точность размера	Шерохо-ватость, мкм	Отклонение формы поверхности, базы	Наименование ЭТП технологический процесс
1	Торцовая поверхность	$80_{-0.1}$	Ra3.2	⊥ 0.05 Д	Черновое и получистовое точение поверхности
2	Торцовая поверхность	$80_{-0.1}$	Ra3.2	⊥ 0.05 Д	Черновое и получистовое точение поверхности
3	Наружний диаметр	90h12	Ra6.3	A	Черновое, получистовое точение поверхности
4	Плоскость	42±0.2	Ra3.2		Фрезерование поверхности
5	Центральное отверстие	41H9	Ra1.6		Черновое, получистовое и чистовое растачивание поверхност
6	Центральное отверстие	50H9	Ra1.6	⌭ 0.05 Д	Черновое, получистовое и чистовое растачивание поверхност
7	Внутреняя резьба	M52x1.5–7H	Ra6.3	⌭ 0.1 Д	Черновое, получистовое растачивание поверхности, нарезание резьбы резцом
8	Внутреняя резьба	46.42±IT8/2	Ra0.8		Черновое, получистовое и чистовое растачивание поверхност Нарезание резьбы резцом, шлифование резьбы
9	Внутреняя канавка для выхода резьбы	4.4±IT14/2	Ra6.3		Растачивание канавки
10	Фаска внутреняя	1.6x45°±IT14/2	Ra6.3		Черновое растачивание поверхности
11	Отверстие	$6.6^{+0.05}$	Ra3.2	Б	Центрование, Сверление, развертывание отверстия
12	Резьбовое Отверстие	M8–7H	Ra6.3		Сверление, нарезание резьбы метчиком
13	Фаска у отверстия	0.5x45°±IT14/2	Ra6.3		Зенкование фаски у отверстия
14	Резьбовое Отверстие	M4–7H	Ra6.3	⫴ T0.1 Ж	Сверление, нарезание резьбы метчиком
15	Фаска у отверстия	0.5x45°±IT14/2	Ra6.3		Зенкование фаски у отверстия
16	Плоскость паза	3±0.1	Ra6.3		Фрезерование поверхности
17	Плоскость паза	20±0.2	Ra6.3		Фрезерование поверхности
18	Линейный паз	$6.6^{+0.2}$	Ra3.2		Фрезерование паза
19	Радиусный паз	$6.6^{+0.2}$	Ra3.2		Фрезерование паза
20	Паз	31H14	Ra6.3	⫴ T0.1 Ж	Фрезерование паза
21	Паз	31H14	Ra6.3	⫴ T0.1 Ж	Фрезерование паза

Согласно данному анализу поверхность резьбы придется нарезать и потом обработать резьбошлифованием, для получения заданной чистоты.

2.4 Выбор заготовки и его обоснование

Материалом деталей является сталь **20Х** ГОСТ **4543-71.** Сталь **20Х** обладает высокой прочностью, износостойкостью, при полной прокаливаемости имеет хорошие механические свойства, особенно сопротивляемость хрупкому разрушению.

Выбор технологического процесса получения заготовки и метода её формообразования определяется следующими факторами:

- технологическими свойствами материала;
- конструктивными формами и размерами детали;
- условиями работы детали;
- объемом программы выпуска.

В условиях средне- и крупносерийного производства возможно изготовление заготовок различными способами. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

Заготовка из проката

Коэффициент использования материала из круглого проката:

$k_{им} = \frac{q}{Q}$,

где q – масса детали, кг;

Q – масса заготовки, кг.

$k_{им} = \frac{2,6}{5} = 0,52$

Стоимость заготовки, полученной прокатом, рассчитывается по формуле:

$$S_{заг} = M + \Sigma C_{о.з.},$$

где M – затраты на материал заготовки, руб.;

$\Sigma C_{о.з.}$ – технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, разрезки их на штучные заготовки,

$$С_{о.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт(ш\ к)}}{60 \times 100},$$

где $C_{п.з.}$ – приведенные затраты на рабочем месте;

$T_{шт.(ш\cdot к)}$ – штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции (правки, калибрования, резки и другое).

Затраты на материал, в свою очередь, рассчитываем по формуле:

$$М = Q \cdot S - (Q-q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000},$$

где Q – масса заготовки, кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{отх}$ – цена 1 т отходов, руб.

В качестве поставляемого материала примем прокат «Пруток круглый» по цене 40 руб./кг. Производим правку и отрезку:

$$\Sigma C_{о.з.} = C_{о.з.1} + C_{о.з.2},$$

Стоимость заготовки:

$$S_{заг} = Q \cdot S - (Q-q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} + \frac{C_{п.з.1} \cdot T_{ш(ш\ к)1}}{60 \cdot 100} + \frac{C_{п.з.2} \cdot T_{ш(ш\ к)2}}{60 \cdot 100}$$

Поскольку данный метод расчета себестоимости является приблизительным, то считаем, что при одном и другом способе масса отходов будет одинакова. Тогда в обоих расчетах при сравнении можно не учитывать постоянное слагаемое

$$(Q-q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}$$

По [9, с. 30] находим, что $Сп.з._1$=175 руб./ч, $Со.з._2$=210 руб./ч, примем $Тшт_1$=3,5 мин и $Тшт_2$=2,8 мин.

В результате получим:

$$S_{заг} = (40 \cdot 50) - (5{,}0-2{,}6) \cdot \frac{5500}{1000} + \frac{175 \cdot 3{,}5}{6000} + \frac{210 \cdot 2{,}8}{6000} = 187 \text{ руб./шт.}$$

2. Получение заготовки методом горячей объемной штамповки

Этот метод отличается высокой производительностью, хорошей структурой при производстве из стали (зерна меньше и имеют

приплюснутую форму), что хорошо влияет на механические свойства. Также к достоинствам этого метода можно отнести относительно небольшие припуски на механическую обработку и меньшие штамповочные уклоны. Качество заготовки сопоставимо с качеством литой заготовки в кокиль, но штамповочное оборудование дешевле. Использование закрытого штампа уменьшает количество используемого металла, благодаря точной его дозировки, что благоприятно сказывается на коэффициенте использования металла и уменьшению неизбежного облоя при штамповке, что соответственно ведет к удешевлению заготовки.

Вид получения заготовки – поковка. Материал заготовки Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016. Масса заготовки 4,6 кг. Центральное отверстие в поковке получить не возможно, для его прошивки необходимо соблюдение следующего условия отношение диаметра к длине у отверстия примерно равны 1, а в нашем случае длина заготовки 80мм а диаметр центрального отверстия с учетом припуска на дальнейшую обработку 30мм, следовательно, полученное отношение размеров значительно меньше требуемого. На поковке можно получить только предварительные углубления под центральное отверстие, небольшого размера.

Проведем экономический расчет стоимости заготовки [4, стр. 31]:

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_П\right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{ОТХ}}{1000}; \quad (2.7)$$

где C_i – базовая стоимость 1 т. заготовки, руб.;

k_T – коэффициент, зависящий от класса точности заготовки;

k_C – коэффициент, зависящий от группы сложности заготовки;

k_B – коэффициент, зависящий от массы заготовки;

k_M – коэффициент, зависящий от марки материала заготовки;

$k_П$ – коэффициент, зависящий от объема производства заготовки;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{ОТХ}$ – цена 1 т отходов, руб.

В зависимости от масштаба производства и способа производства выбирается класс точности заготовки. Согласно [4, таблица 19, стр. 28] класс точности заготовки – Т4.

Расчёт стоимости заготовки полученной на ГКМ:

Q – масса заготовки полученной на ГКМ.

Кт, Кс, Кв, Км, Кп – коэффициенты зависящие от класса точности и группы сложности, массы, марки материала и объёма производства.

Кт =1,05; Кс =0,84; Кв =0,87; Км =1,1; Кп =1,1;

Qш = q Кр стоимость килограмма поковки класса точности Т4 – 130руб (примерна по данным ПАО ЧАЗ)

где, Кр – расчётный коэффициент устанавливаемый в соответствии с характеристикой детали по ГОСТ 7505-89, Кр = 1,5

Sзаг = ((130·4,6·1,05·0,84·0,87·1,1·1,1) - (4,6 – 2,6) ·(8000/1000) = 586 руб.

Коэффициент использования материала.

Ки.м. = 2,6 / 4,6 = 0,565

Исходя из данных расчетов остановим свой выбор на прокате так как его стоимость в три раза ниже, а коэффициенты использования материала почти равны.

2.5 Выбор технологических баз

Заготовка получается из прутка, на которой есть припуск под механообработку. Для изготовления детали используют фрезерные, токарные, сверлильные и шлифовальные операции.

Так как на детали есть несколько участков, обработка которых нетехнологична: обработки внутренней резьбы достаточно сложной формы (заход и выход), расположенной на радиусных поверхностях, то придется все это отразить в технологическом процессе.

В связи с этим базирование детали при обработке на токарных операциях будет следующим: – по плоскости с упором в торец и зажимом.

Схемы базирования на первой токарной, фрезерной, сверлильной и шлифовальной операциях приведены на рисунках 2.2 - 2.5.

После получения заготовки деталь базируется на первой токарной операции по упору в торец – опорная база и по диаметральной поверхности большей, чем 0,8×Ø D, что лишает деталь четырех степеней свободы – двойная направляющая база.

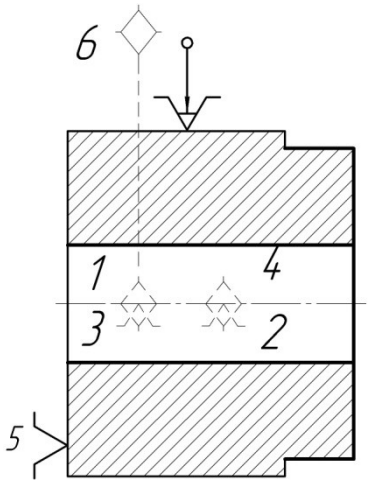
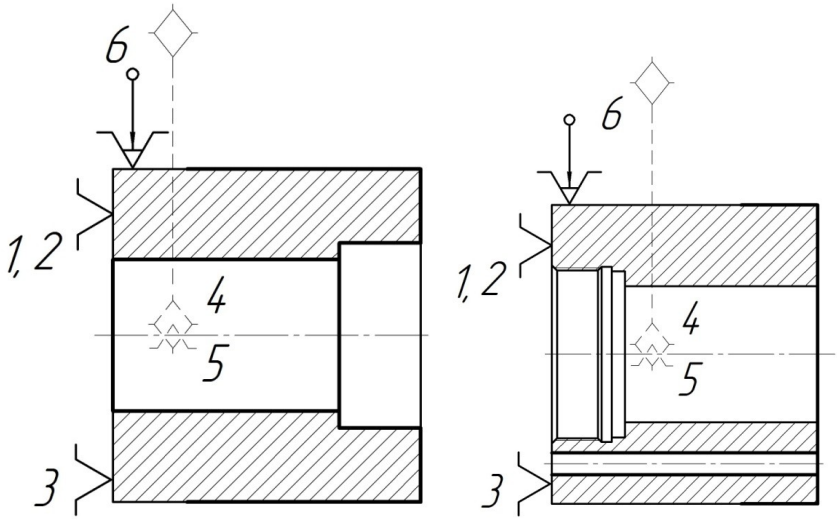
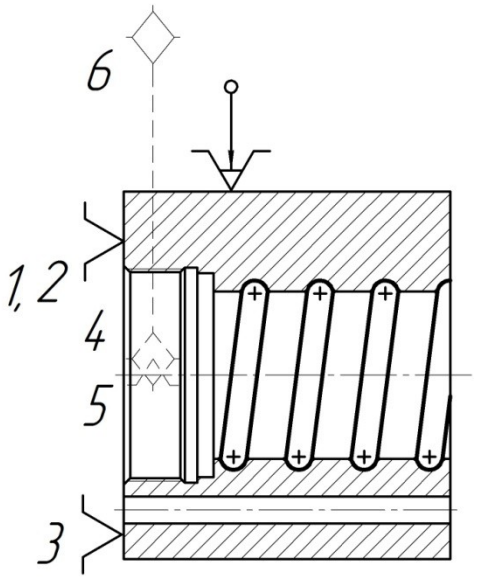


Рисунок 2.2 – Схема базирования на первой токарной операции

На последующих токарных операциях деталь зажимают за небольшую длину диаметральной поверхности (<0,8×Ø D), что лишает ее двух степеней свободы – направляющая база; упирают в проточку в кулачках торцом детали – установочная база, три степени свободы. Последней шестой степени деталь лишается за счет сил трения, возникающих в местах приложения силы зажима трехкулачковым патроном.



а) б)



в)

Рисунок 2.3 а,б,в – Схема базирования на последующих токарных операциях

На первой фрезерной операции деталь устанавливают по длинной диаметральной поверхности диаметром 80 мм, это двойная направляющая база, лишающая деталь 4-х степеней свободы. Деталь упирают торцовой поверхностью, это упорная база – одна степень свободы; придают нужное угловое положение, путем ввода в отверстие диаметром 6мм, срезанного пальца, это так же является упорной базовой поверхностью лишающей деталь одной степени свободы.

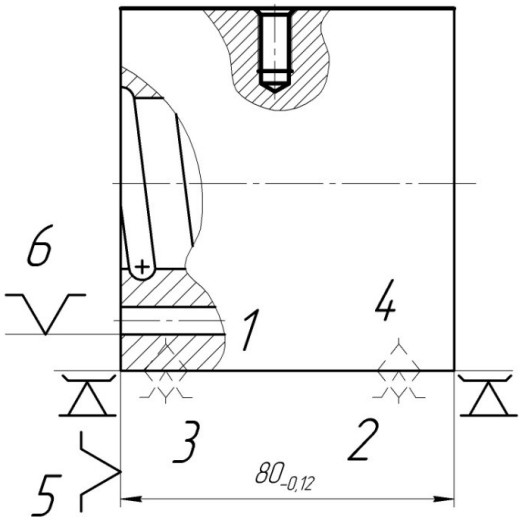


Рисунок 2.4 – Схема базирования на фрезерной операции

Для двух фрезерных операций базирование проходит по одному и тому же принципу. Деталь устанавливают по наружной диаметральной

поверхности на опору, что лишает ее двух степеней свободы – направляющая база, упирая торцом в ограничитель приспособления, что лишает деталь еще трех степеней свободы – опорная база. Также для ориентации детали в пространстве, вводят палец-ограничитель в отверстие на торце детали, что лишает ее последней шестой степени свободы – упорная база. Это отверстие служит конструкторской базовой поверхностью для обработки других резьбовых поверхностей и расположения заводных пазов во внутреннюю часть детали. Конструктор изделия обозначил ее буквой Ж.

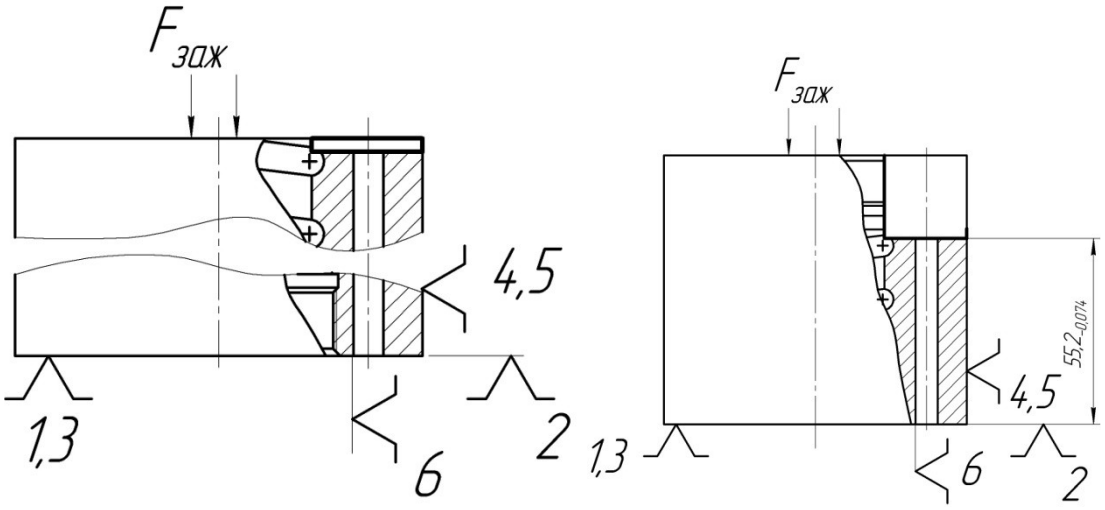


Рисунок 2.5 – Схема базирования на фрезерных операциях

Установка на шлифовальной операции аналогична установке на токарной операции по нарезанию резьбы и приведена на рисунке 2.6.

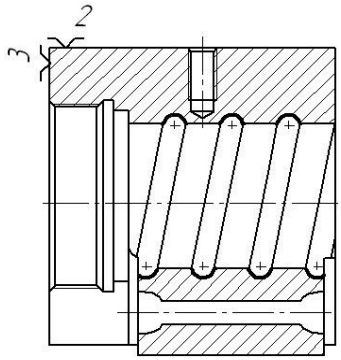


Рисунок 2.6 – Схема базирования на шлифовальной операции

2.6 Разработка последовательности обработки и составление маршрута обработки

Маршрут обработки (таблица 2.6) составляем с точки зрения обеспечения заданного качества и производительности обработки комплексной детали.

Таблица 2.6 - Маршрут обработки детали

Операции		Технологические данные		
		Оборудование	Оснастка	Время изготовления, мин
010	Токарная	Токарный станок СТ16К20	Трехкулачковый патрон ПКС-200	5,6
015	Токарная с ЧПУ	Hardinge CONCUEST SV150	Трехкулачковый патрон ПКС-200	6,8
020	Токарная с ЧПУ	Hardinge CONCUEST SV150	Трехкулачковый патрон ПКС-200	12,8
025	Токарная с ЧПУ	Hardinge CONCUEST SV150	Трехкулачковый патрон ПКС-200	12,5
030	Фрезерная с ЧПУ	Широкоуниверсально фрезерный Chiron FZ08	Приспособление специальное	3,23
035	Фрезерная с ЧПУ	Широкоуниверсально фрезерный Chiron FZ08	Приспособление специальное	7,29
040	Фрезерная с ЧПУ	Широкоуниверсально фрезерный Chiron FZ08	Приспособление специальное	9,4
045	Слесарная	Верстак слесарный		
050	Термическая	Установка ТВЧ	Индуктор	-
055	Резьбошлифовальная	Резьбошлифовальный 5К823В	Патрон самоцентрирующийся	9,36
060	Контрольная	Стол контрольный		

2.7 Аналитический расчёт припусков

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

Аналитический расчет припусков на наружную поверхность диаметра $Ø90_{-0,35}$

Данная поверхность является базовой поверхностью при обработке внутренней резьбы. Поверхность обрабатывается на токарных операциях. Токарные операции производим на токарно-фрезерном станке с ЧПУ Hardinge Talent 8/52. При черновом и чистовом точении выполняем установку детали в самоцентрирующий трехкулачковый патрон.

Расчетный припуск определяем по формуле [6, с. 62]:

$$2 \cdot z_{i_{min}} = 2 \cdot \left(R z_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_y^2} \right)$$

где Rz - шероховатость поверхности, мкм;

T - глубина дефектного слоя поверхности, мкм;

ρ- суммарное значение пространственных отклонений, мкм;

ε_y- погрешность установки, мкм.

По [6, таблица 4.3] определяем качество поверхности заготовки: при диаметре 80... 150 мм Rz = 200 мкм; T= 300 мкм.

Качество поверхностей заготовки после различных технологических переходов определяем по [6, с. 64].

Для заготовок из сортового проката и принятого способа закрепления суммарное значение пространственных отклонений $\rho_{заг}$, мкм, определяется по формуле [6, с. 69]:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0{,}25^2},$$

где δ - допуск на наружный диаметр заготовки, δ = 2300 мкм.

$$\rho_{заг} = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0{,}25^2} = \sqrt{\frac{2300^2}{2} + 0{,}25^2} = 1626 \text{ мкм.}$$

На каждом последующем переходе остаточные значения $\rho_{ост}$, мкм, определяем по формуле [6, с. 73]:

$$\rho_{ост.} = k_y \cdot \rho_{заг.},$$

где k_y - коэффициент уточнения формы, находим по рекомендациям [6, с. 73];

$\rho_{заг.}$ – суммарное значение пространственных отклонений, мкм.

Находим значения коробления на переходах:

- после чернового обтачивания: $\rho = 0{,}06 \cdot 1626 = 98$ *мкм;*

- после получистового обтачивания: $\rho = 0{,}04 \cdot 1626 = 65$ *мкм*.

Погрешность установки определяем по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2},,$$

где $\varepsilon_б$ - погрешность базирования, $\varepsilon_б$ = 0, поскольку использован патрон самоцентрирующий [20, с. 46, таблица 18];

$\varepsilon_з$ - погрешность закрепления, [5, таблица 4.10], $\varepsilon_з$ = 80;

$\varepsilon_{пр.}$- погрешность приспособления, в соответствии с рекомендациями [3, с.40] в данном расчете не учитывается; $\varepsilon_{пр}$ = 0.

На основании найденных значений вычисляем припуск по переходам:

- после чернового обтачивания:

$$2 \cdot z_{min} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{1626^2 + 80^2}\right) = 2 \cdot 2128 \text{ мкм}$$

- после получистового обтачивания:

$$2 \cdot z_{min} = 2 \cdot \left(100 + 80 + \sqrt{98^2 + 80^2}\right) = 2 \cdot 307 \text{ мкм}$$

Расчетный размер d_P на каждом переходе рассчитываем как сумму размера на последующей операции и соответствующего расчетного припуска. Таким образом, расчеты ведем от размера диаметр $\varnothing 90_{-0{,}35}$, то есть снизу вверх по таблице.

Допуски на операции δ определяем по [20, таблица 4] для соответствующих видов обработки.

Наименьший предельный размер d_{min} определяем для каждого технологического перехода, округляя расчетные размеры увеличением их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие предельные размеры d_{max} вычисляем прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру.

Результаты произведенных расчетов сведены в таблицу 2.7.

Производим проверки расчетов по формулам [6, с. 86]:

$$2Z_{imax} - 2Z_{imin} = \delta D_{i-1} - \delta D_i ,$$

где $2Z_{imax}$ и $2Z_{imin}$ - предельные значения припусков максимальные и минимальные соответственно на i-й операции, мкм;

δD_{i-1} и δD_i - допуски на операции предыдущую и выполняемую операции соответственно, мкм.

Данные для расчета берем из таблицы 2.7.

Таблица 2.7 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности диаметра $\varnothing 90_{-0,35}$ гайки ходовой

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер, d_p, мм	Допуск δ, мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2Z^{np}_{min}$	$2Z^{np}_{max}$
Заготовка	200	300	1626	370	-	94,52	2300	94,52	96,82	-	-
Обтачивание:											
Черно-вое	100	80	98	80	2·2128	90,264	540	90,26	90,80	4256	6016
получисто-вое	25	30	65	80	2·307	89,65	350	89,65	90	614	804
Итого:										5610	8060

Производим проверки расчетов

$2Z_{max1} - 2Z_{min1} = 6016 - 4256 = 1760$ *мкм*;

$\delta_0 - \delta_1 = 2300 - 540 = 1760$ мкм.

$2Z_{max2} - 2Z_{min2} = 804 - 614 = 190$ *мкм*;

$\delta_1 - \delta_2 = 540 - 350 = 190$ мкм.

Данные проверки выполняются, что подтверждает правильность расчетов. По найденным значениям строим схему расположения припусков (рисунок 2.7).

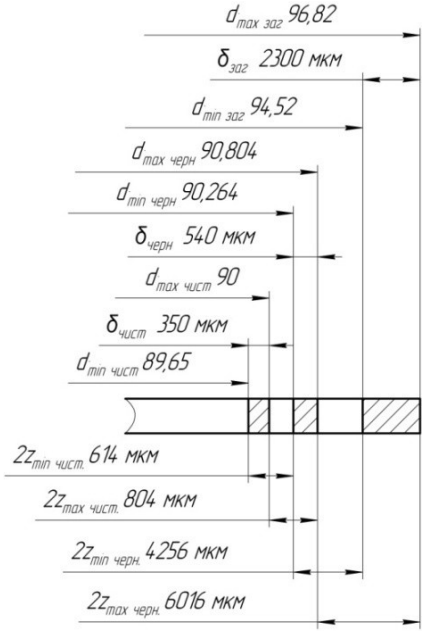


Рисунок 2.7. – Схема расположения припусков и допусков на обработку наружной поверхности $\varnothing 90_{-0,35}$ гайки ходовой

2.8 Разработка операционного технологического процесса механической обработки

Весь технологический процесс представлен в приложении к данному проекту.

Рассмотрим его по операциям:

- операции 005 – заготовительная операция (рисунок 2.9);

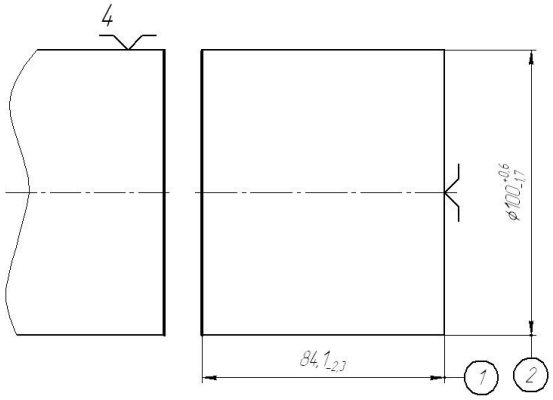


Рисунок 2.9 – Заготовка, получаемая на заготовительной операции

- операция 010– токарная предварительная (рисунок 2.10) на Токарном станке СТ16К20. Обрабатывается базовая поверхность детали под последующие токарные операции. Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);

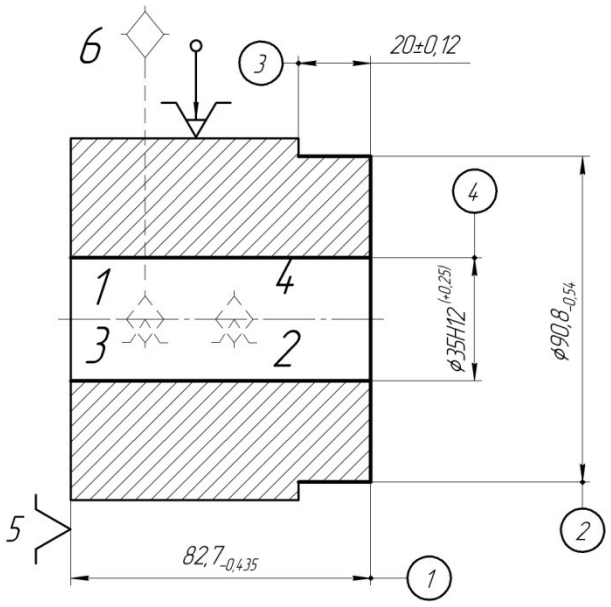
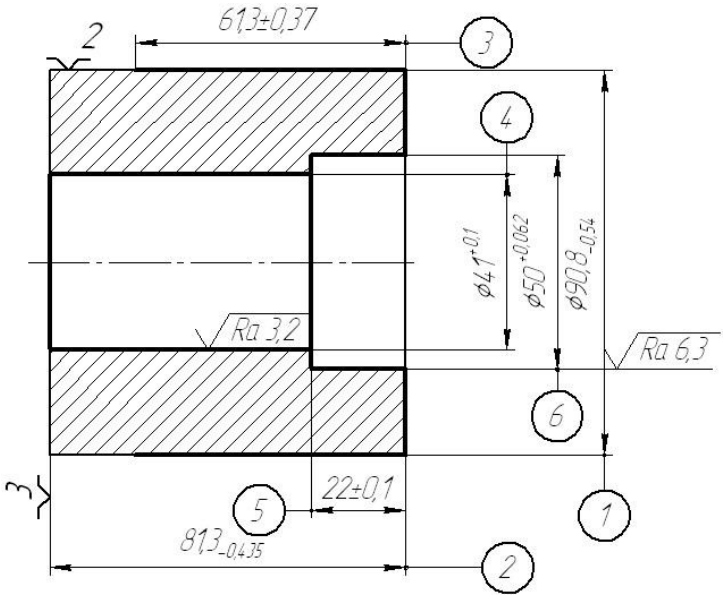


Рисунок 2.10 – Заготовка, получаемая на 010 токарной операции

- операции 015–020 токарная (рисунки 2.11 и 2.12) на Токарном обрабатывающем центре Hardinge CONCUEST SV150. Обрабатывается деталь по контуру внутренние поверхности детали, производится несколько сверлений в торец. Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);



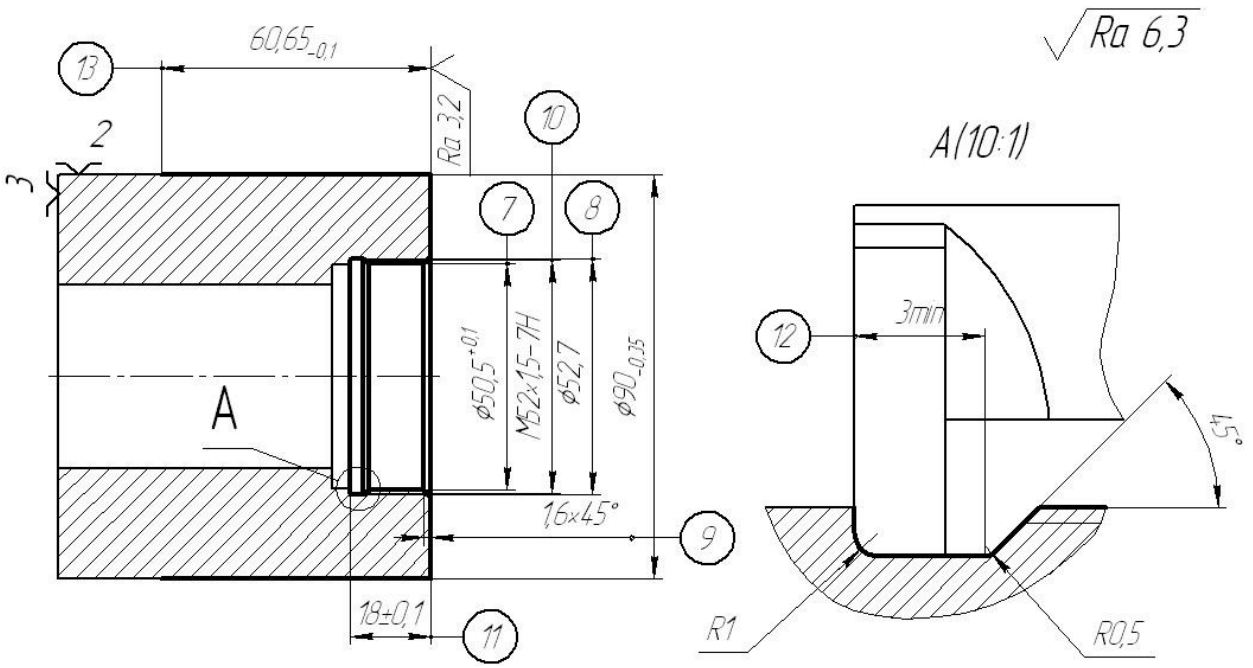


Рисунок 2.11 – Заготовка, получаемая на 015 токарной операции

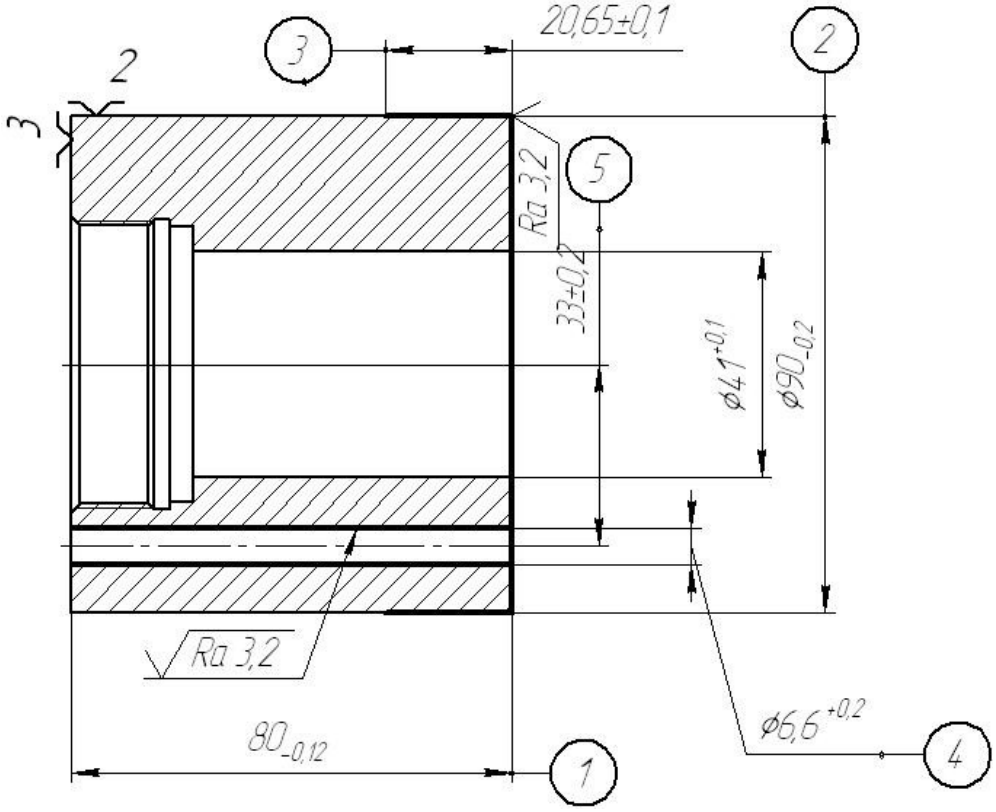


Рисунок 2.12 – Заготовка, получаемая на 020 токарной операции

Обработка на 020 операции включает в себя применение осевого приводного инструмента для обработки отверстия диаметром 6,6мм, имеющего глубину превышающую его диаметр более чем в 10 раз, следовательно, и для его обработки применяется цикл глубинного сверления

на станке сЧПУ;

- операция 025 токарная (рисунок 2.13) на Токарном обрабатывающем центре Hardinge CONCUEST SV150. Обрабатывается внутренняя резьба в детали. Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);

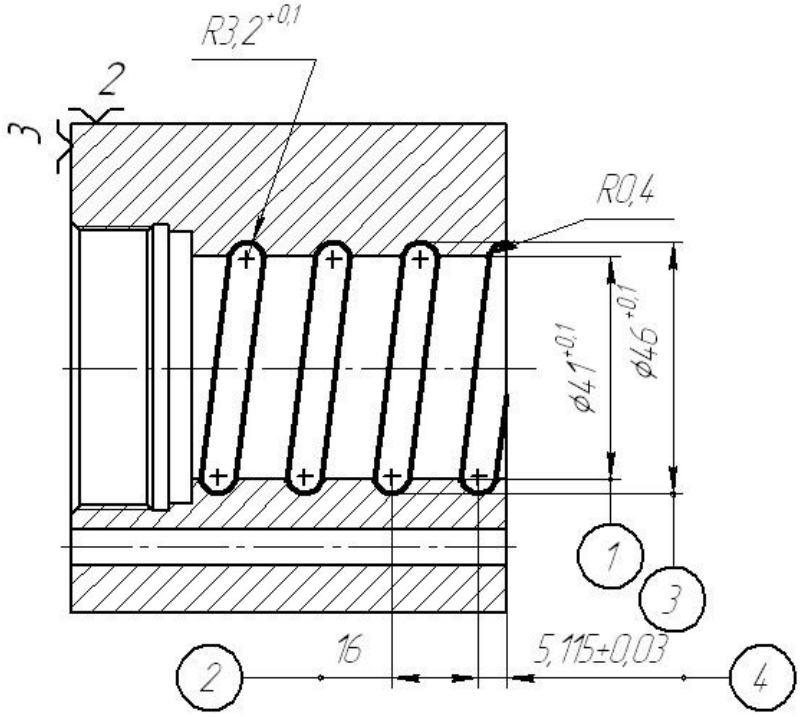


Рисунок 2.13 – Заготовка, получаемая на 025 токарной операции

- операция 030 – фрезерная (рисунок 2.14) на Широкоуниверсальном фрезерном станке с ЧПУ Chiron FZ08. Обрабатывается лыска на диаметральной поверхности детали. Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);

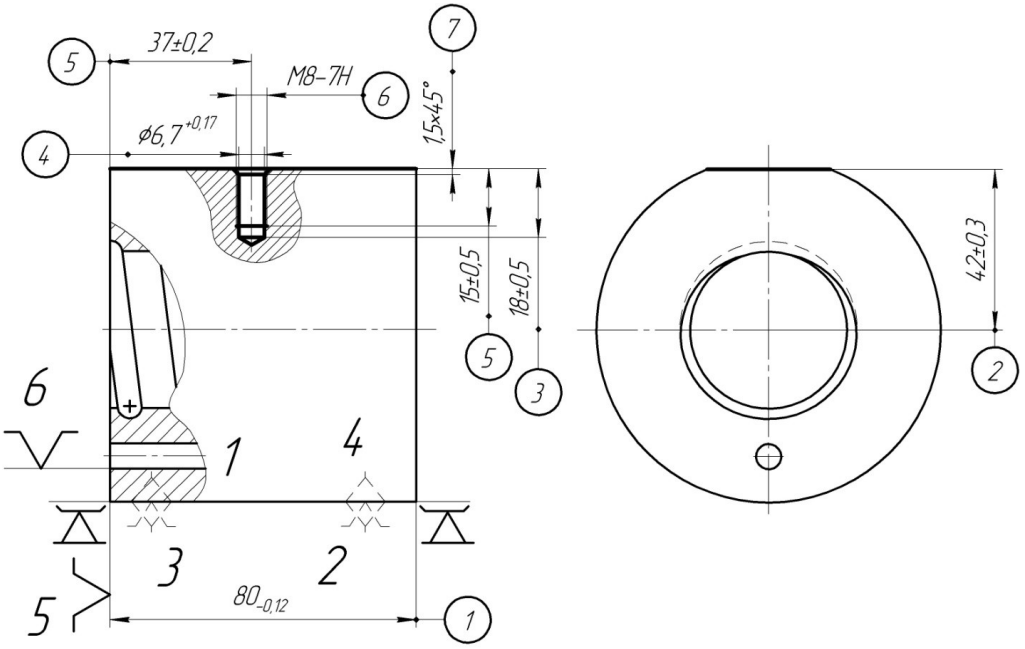


Рисунок 2.14 – Заготовка, получаемая на 030 фрезерной операции

- операция 035 – фрезерная (рисунок 2.15) на Широкоуниверсальном фрезерном станке с ЧПУ Chiron FZ08. Обрабатывается паз и заход резьбы на торцовой поверхности детали; Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);

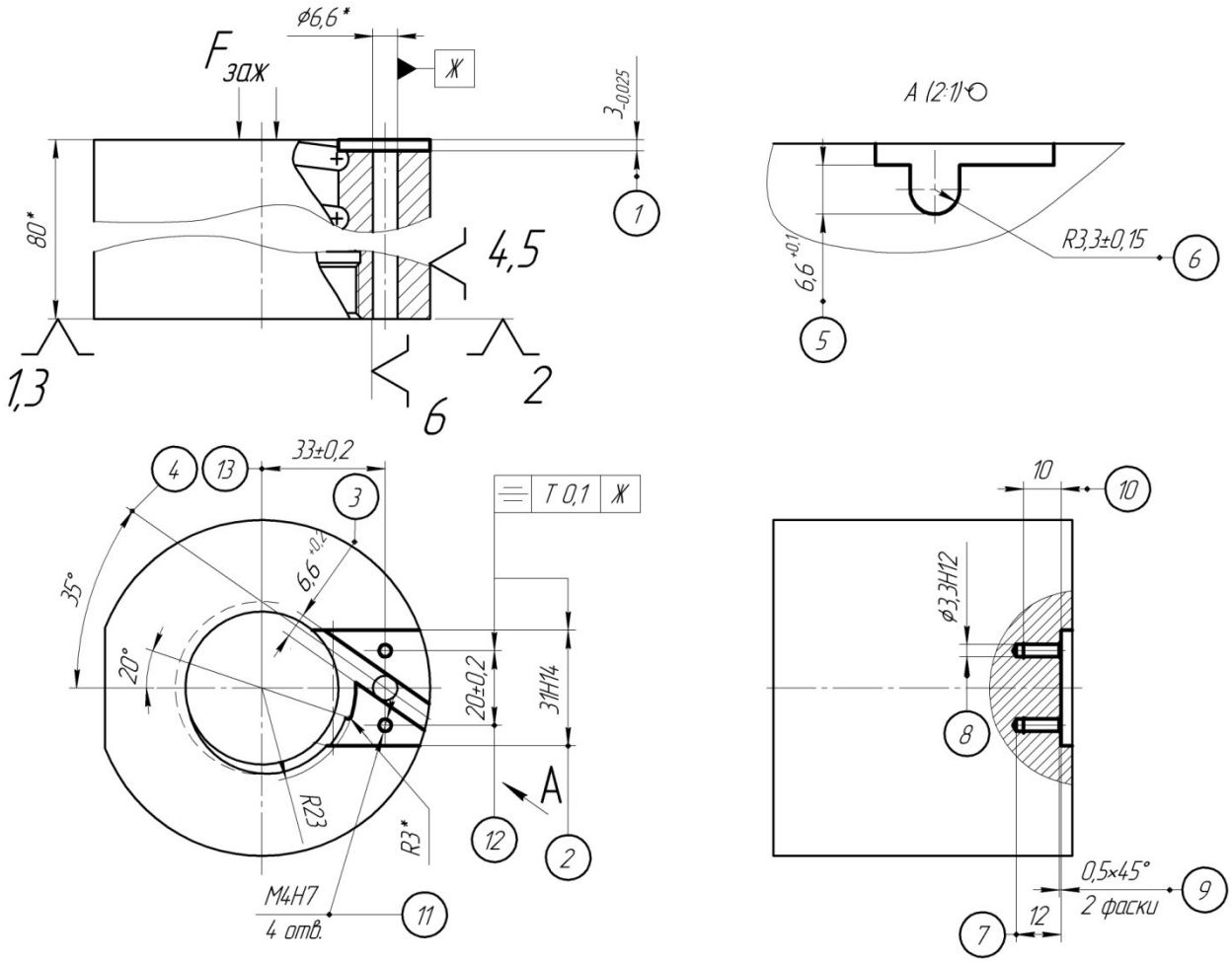


Рисунок 2.15 – Заготовка, получаемая на 035 фрезерной операции

- операция 040 – фрезерная (рисунок 2.16) на Широкоуниверсальном фрезерном станке с ЧПУ Chiron FZ08. Обрабатывается паз и заход резьбы на второй торцовой поверхности детали. Применяемая СОЖ на операции 3-5%-ная эмульсия из BLASOCUT 2000 (3…5%);

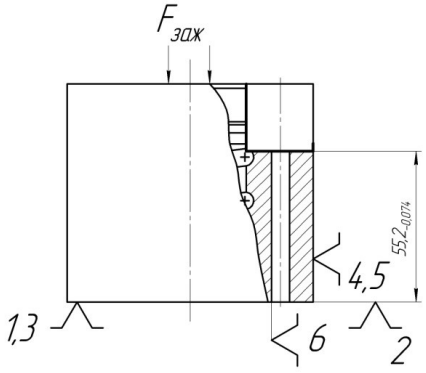


Рисунок 2.16 – Заготовка, получаемая на 040 фрезерной операции

- операция 055 – шлифовальная (рисунок 2.17) на Резьбошлифовальном 3К228В делаем окончательную обработку внутренней

резьбы. 5-10%-ный раствор полусинтетический СОЖ Аквол-11 по ТУ 38-40146-77.

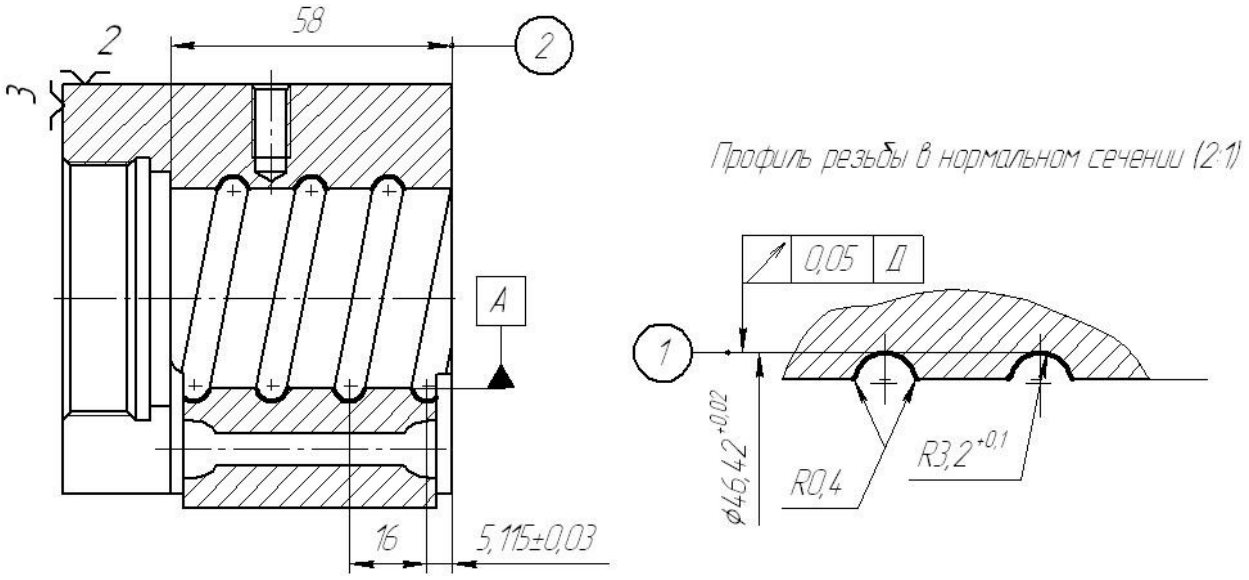


Рисунок 2.17 – Заготовка, получаемая на 055 резьбошлифовальной операции

Выбор методов и средств технического контроля качества деталей

Технический контроль качества изготовления деталей осуществляется пооперационно. Контроль исполнительных размеров выполняется непосредственно на оборудовании.

На фрезерных, токарных операциях применяется универсальное измерительное средство – штангенциркуль ШЦ 160-0.05.

Для контроля более точных исполнительных размеров получаемых на операции шлифования используют – нутромер 50-100 ГОСТ 9244-75.

При токарной обработке и сверлильной так же используют специальные мерители Калибры скоба и пробка. Так же профиль поверхности после чистовой токарной и шлифовальной обработок контролируют специальными шаблонами.

Для контроля размеров радиусных скруглений кромок применяют «Набор шаблонов радиусных». Так же для контроля шероховатостей применяют «Эталон шероховатостей» и проводят контрольное измерение профилометром.

В технологическом процессе введена также специальная контрольная

операция, которая осуществляется не на металлорежущем оборудовании, используемом в технологии изготовления, а на измерительном контрольном столе, инструменты используют те же.

Выбор межоперационных транспортных средств

Масса детали не большая – 2,6 кг. Передача от станка к станку таких деталей осуществляется в специальной таре – ящике, в котором может быть уложено от 10 до 40 деталей. Ящик переносят от рабочего места к месту вручную или перевозят на специальной тележке.

Установку и перемещение оборудования на участке осуществляют специальной кран-балкой.

Стружку от оборудования отвозят так же в специальных ящиках, которые устанавливают на ручные тележки.

2.9 Выбор оборудования

Все токарные операции выполняются на токарном обрабатывающем центре - Hardinge CONCUEST SV150. Данный станок оснащается осевым приводным инструментом, для выполнения отверстий и пазов, расположенных не на главной оси детали, а параллельно ей или перпендикулярно. Его технические характеристики и изображение приведены ниже на рисунке 2.18.

Станки этой серии обеспечивают повышенный уровень качества и точности обработки и, помимо указанных выше характеристик, обладают следующими особенностями:

- шпиндель, изготовленный с высокой точностью;

- качество изготовления основных деталей станка подтверждено специальными сертификатами;

- чистота обработки - до 0,20 мкм;

- точность обработки - до 0,5 мкм на всей длине обработки (при любых диаметрах обрабатываемых деталей);

- точность повторяемости операций по всем осям - 0,76 мкм;

- точность повторяемости операций для револьверной инструментальной головки -1,27 мкм;

Опции, ось У:

-инструментальная оснастка;

- противошпиндель;

- ось С для основного шпинделя и/или противошпинделя;

- интерфейс для внешнего компьютера;

- шпиндель с частотой вращения 10000 об/мин;

- обдув воздухом;

- транспортер для удаления стружки;

- возможность выполнения операций фрезерования и сверления в осевом и радиальном направлениях;

- устройство для настройки инструмента;

- приспособление для сбора готовых деталей для основного шпинделя и противошпинделя.

- оснастка для крепления инструмента типа VDI и T;

- датчик положения детали и др.

Токарные станки с ЧПУ серии CONQUEST

Надежность и качество исполнения, проверенные практикой эксплуатации. В станках этой серии удачно сочетаются возможности токарной обработки самого высокого уровня качества с надежной проверенной конструкцией. Они позволяют успешно выполнять и черновую обработку с применением жестких режимов, и высококачественную чистовую.

Токарный станок с ЧПУ CONCUESTR SV150:

- максимальное перемещение по оси X - 353,1 мм;

- мощность привода главного движения - 7,5 кВт;

- частота вращения шпинделя – 1- 5000 об/мин;

- цанговый патрон 16С для обработки пруткового материала диаметром до 42 мм;

- возможность оснащения кулачковым патроном диаметром 250 мм и шпинделем с большим диаметром внутреннего отверстия;

- задняя бабка типа 3 МТ;

- система ЧПУ Hardinge/GE Fanuc 18-T с ЖКИ монитором.

Опции: резольверная головка или противошпиндель.



Рисунок 2.18 - Токарный станок с ЧПУ CONCUESTR SV150

Фрезерно - сверлильная обработка вынесена на Широкоуниверсально-фрезерный станок с ЧПУ Chiron FZ08. Общий вид станка приведен на рисунках 2.19 и 2.20. Технические характеристики станка приведены ниже.



Рисунок 2.19 Широко - универсальный фрезерный станок с ЧПУ Chiron FZ08



Рисунок 2.20 - Стол Широко - универсального фрезерного станка с ЧПУ Chiron FZ08

Размеры перемещений по осям станка:

X 570

Y 360

Z 350

Размер конуса ISO 20

Максимальная частота вращения 8100 об./мин

Максимальный крутящий момент 122 Нм (2000 об./мин)

Максимальная мощность двигателя главного движения 12 кВт

Способ передачи крутящего момента прямой привод

Ускоренные перемещения 18,0 м/мин

Максимальная скорость подачи 12,7 м/мин

Точность позиционирования ±0,005 мм

Вес станка 5023 кг

2.10 Расчет и определение режимов обработки

Расчет режимов резания для различных операций выполняем аналитическим способом по рекомендациям [14, 15].

Операция 010

Обработка производится на токарно-фрезерном станке Hardinge CONCUEST SV150. Материал заготовки - сталь 20Х твердостью 179НВ с пределом прочности $\delta_в$ МПа, заготовка - прокат горячекатаный. Система станок - приспособление - инструмент - заготовка жесткая.

Переход 1

1 Подрезается торец цилиндра диаметром D =100 мм. Припуск на обработку (на сторону) h =1,4 мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности Ra=20 мкм. Эскиз обработки приведен на рисунке 2.21.

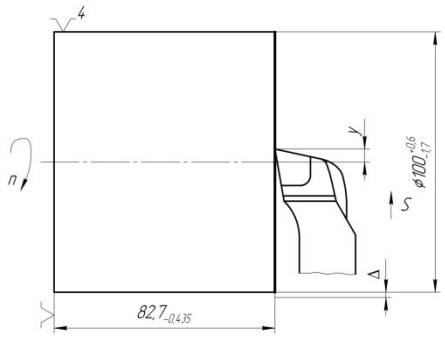


Рисунок 2.21 - Эскиз операции 010 (переход 1)

2 Принимаем токарный подрезной резец отогнутый правый. Материал рабочей части - пластины - твердый сплав Т15К6; материал корпуса резца - сталь 45; сечение корпуса резца - 32×25 мм; длина резца 170 мм. Углы резца: α = 0°, γ =10 °, φ=93 °, φ1 =10 °; λ= 0 °.

3 Назначаем режим резания:

а) устанавливаем глубину резания. При снятии припуска за один проход t = h = 1,4 мм;

б) назначаем подачу при черновом подрезании согласно [14, таблица 11, с. 266]: S_o= 0,5-1,2 мм/об., корректируем подачу по паспорту станка и принимаем S_o= 0,5 мм/об.

4 Определяем скорость главного движения резания V, м/мин, допускаемую режущими свойствами резца [14, с. 265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S_0^y \cdot t^x} \cdot K_v,$$

Выписываем коэффициент и показатели степени формулы [14, таблица 17, с. 269]: C = 340; x= 0,15; y= 0,45; m= 0,2.

Период стойкости T при одноинструментной обработке равен 30...60 мин [14, с. 268]. Принимаем T^m = 50 мин.

Учитываем поправочный коэффициент на скорость K_v [14, с. 261]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv},$$

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [14, таблица 1, с. 261]:

$$K_{Mv} = K_Г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v}\right)^{n^v},$$

где n^v и $K_Г$ - коэффициенты, характеризующие группу стали по обрабатываемости, n^v = -1,0; $K_Г$ = 1,0 [14, таблица 2, с. 262];

σ_v - фактический параметр, характеризующий материал, σ_v =390 МПа.

В рассматриваемом случае:

$$K_{Mv} = 1{,}0 \cdot \left(\frac{750}{390}\right)^{-1{,}0} = 0{,}52$$

где $K_{Пv}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки, для подрезания торца, $K_{Пv} = 1{,}0$ [14, таблица 5, с. 263];

$K_{Иv}$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента, $K_{Иv}$=1 [14, таблица 6, с. 263].

Отсюда поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 0{,}52.$$

С учетом всех найденных поправочных коэффициентов:

$$V = \frac{340}{50^{0,2} \cdot 1{,}0^{0,45} \cdot 1{,}4^{0,15}} 0{,}45 \cdot 0{,}52 = 69{,}5 \text{ м/мин.}$$

5 Частота вращения шпинделя n, соответствующая найденной скорости главного движения резания [14, с. 280]:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi D},$$

где V - расчетное значение скорости резания, м/мин;

D - диаметр заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 69,5}{\pi \cdot 100} = 221 \text{ мин.}^{-1}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения $n_Д = 221$ мин$^{-1}$.

6 Действительная скорость главного движения резания V, м/мин [14, с. 280]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_Д}{1000},$$

где $n_Д$ - действительная частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$

D - диаметр заготовки, мм

$$V = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 221}{1000} = 69,5 \text{ м/мин.}$$

7 Затрачиваемая на резание мощность N, кВт, [14, с. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot V_Д}{1020 \cdot 60},$$

где $V_Д$ - действительное значение скорости резания, м/мин;

P_Z - главная (тангенциальная) составляющая силы резания, Н, [14, с. 271]: $P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p$.

Для заданных условий обработки $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ [14, таблица 22, с. 273].

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания K_P [14, с. 271]:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

где K_{MP} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости [14, таблица 9, с. 264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p},$$

где n - показатель степени, n_p = 0,75 [14, таблица 9, с. 264].

$K_{MP} = \left(\frac{390}{750}\right)^{0,75} = 0,61$

где $K_{\varphi p}$ - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане пластины резца, $K_{\varphi p}$ = 0,89;

$K_{\gamma p}$ = коэффициент, учитывающий влияние переднего угла пластины резца, $K_{\gamma p}$ = 1,1;

$K_{\lambda p}$ = коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главного режущего лезвия пластины, $K_{\lambda p}$ = 1,0;

K_{rp} = коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине, K_{rp}=1,0.

$K_p = 0,61 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,6$

$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,4^{1,0} \cdot 1,0^{0,75} \cdot 69,5^{-0,15} \cdot 0,6 = 1334$ *H*,

Тогда $N = \frac{1334 \cdot 69,5}{1020 \cdot 60} = 1,5$ кВт.

8 Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка Hardinge CONCUEST SV150 фактическая мощность привода $N_{шп}$, кВт [14, с. 280]: $N_{шп} = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0$ кВт.

Потребная мощность резания не превышает мощности привода главного движения станка, то есть 1,8 кВт < 6,0 кВт. Обработка возможна.

9 Основное время обработки *To*, мин [13, таблица 1, с. 610]: $T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0}$,

где *i* - число проходов инструмента, *i* =1;

n - частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$;

S_o - подача на оборот шпинделя, мм/об.;

L - длина рабочего хода резца, мм [13, с. 610]: $L = l + y + \Delta$,

где *l* - длина обрабатываемой поверхности, мм:

$l = \frac{D}{2} = \frac{100}{2} = 50$ мм,

Δ- величина перебега инструмента, Δ =1 мм [13, таблица 2, с. 620];

$L = 50 + 3 = 1 = 54$ мм.

$$T_0 = \frac{54 \cdot 1}{221 \cdot 1{,}0} = 0{,}224 \text{ мин}$$

Операция 035

Обработка производится на фрезерном широкоуниверсальном станке с ЧПУ Chiron FZ08. Материал заготовки - сталь 20Х твердостью 179НВ с пределом прочности $\sigma_в$=390 МПа, заготовка - прокат горячекатаный. Система станок - приспособление - инструмент - заготовка жесткая.

Переход 1

1 Производится фрезерование сквозного паза шириной b=31 мм, глубиной h =3 мм и длиной 1=30 мм. Параметр шероховатости Ra= 6,3 мкм. Эскиз обработки приведен на рисунке 2.22.

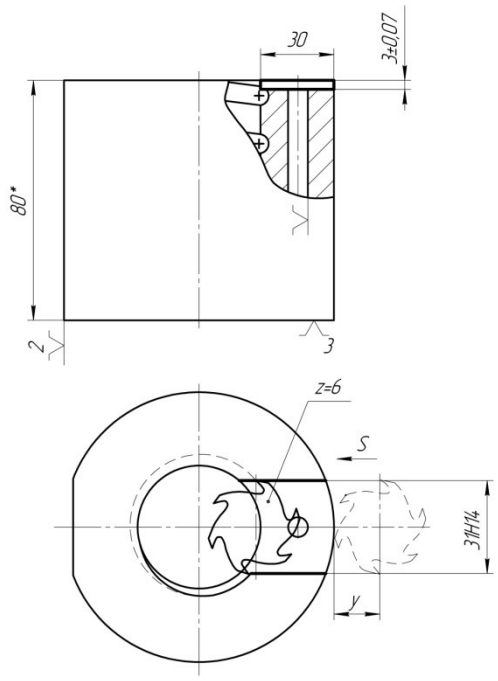


Рисунок 2.22 – Эскиз операции 035 (переход 1)

2 Принимаем концевую фрезу с нормальным зубом из быстрорежущей стали Р6М5. Диаметр фрезы принимаем приблизительно равным ширине паза, то есть D = b= 30 мм; число зубьев фрезы z = 6. Геометрические элементы фрезы: γ=15 °, α =14 °, φ1 =3 °.

3 Назначаем режим резания:

а) устанавливаем глубину резания. При фрезеровании пазов концевой фрезой глубиной резания считается ширина паза, в данном случае t=b=30 мм.

Глубина паза принимается за ширину фрезерования B, мм. В данном примере, B = h = 3 мм;

б) назначаем подачу на зуб фрезы [4, таблица 35, с. 284]: S_Z = 0,10...0,05 мм/зуб; принимаем значение S_Z= 0,05 мм/зуб.

4 Определяем скорость главного движения резания V, м/мин, допускаемую режущими свойствами фрезы [4, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^p}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

где C_v – коэффициент, а также показатели степеней формулы по [4, таблица 39, с. 286]: C_V= 46,7; q= 0,45; x= 0,5; y= 0,5; u= 0,l; p= **0,**1; m= **0,33.**

T - период стойкости , T = 90 мин [4, таблица 40, с. 290].

Учитываем поправочный коэффициент на скорость K_v [4, с. 282]:

$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$,

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [4, таблица 1, с. 261],

$$K_{Mv} = K_Г \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_p},$$

n_V, $K_Г$ - коэффициенты, характеризующие группу стали по обрабатываемости, n_V =-0,9; $K_Г$ = 1,0 [4, таблица 2, с. 262];

σ_B - фактический параметр, характеризующий материал, σ_B =390 МПа.

В рассматриваемом случае

$$K_{Mv} = 1{,}0 \cdot \left(\frac{750}{390}\right)^{-0{,}9} = 0{,}56,$$

$\boldsymbol{K_{Пv}}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки, для фрезерования $\boldsymbol{K_{Пv}}$ = 1,0 [4, таблица 5, с. 263];

$\boldsymbol{K_{Иv}}$ - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента, $\boldsymbol{K_{Иv}}$ = 1,0 [4, таблица 6, с. 263].

Отсюда поправочный коэффициент:

K_v = 0,56·1,0·1,0 = 0,56.

С учетом всех найденных поправочных коэффициентов:

$$V = \frac{46{,}7 \cdot 30^{0{,}45}}{90^{0{,}33} \cdot 30^{0{,}5} \cdot 0{,}05^{0{,}5} \cdot 3^{0{,}1} \cdot 6^{01}} \cdot 0{,}56 = 42 \text{ м/мин.}$$

5. Частота вращения шпинделя n, мин$^{-1}$, соответствующая найденной скорости главного движения резания [4, с. 297]:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi D},$$

где V - расчетное значение скорости резания, м/мин;

D - диаметр фрезы, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 42}{\pi \cdot 30} = 514 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения $n_Д$ = 500 мин$^{-1}$.

6 Действительная скорость главного движения резания $V_Д$, м/мин [4, с. 280];

$$V_Д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_Д}{1000},$$

где $n_Д$ - действительная частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$;

D - диаметр фрезы, мм.

$$V_Д = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 500}{1000} = 39{,}7 \text{ м/мин.}$$

7 Определяем скорость движения подачи (минутную подачу) $S_м$, мм/мин [4, с. 282]: $S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_Д$,

где S_Z - подача на один зуб, мм/зуб;

z - число зубьев фрезы, z = 6;

$n_Д$ - действительная частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$.

$S_M = 0{,}05 \cdot 6 \cdot 500 = 150$ мм/мин.

Корректируем величину $S_м$ по данным станка и устанавливаем ее действительное значение: $S_м$= 150 мм/мин

8 Определяем главную составляющую силы резания (окружную силу) P_Z, Н [4, с. 282]:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$

где C_p - коэффициент и показатели степеней формулы [4, таблица 41, с. 291]: C_P= 68,2; x= 0,86; y= 0,72; n= l,0; q= 0,86; w= 0.

Найдем K_{MP}- коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости [4, таблица 9, с. 264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n,$$

где n - показатель степени, n = 0,3 [4, таблица 9, с. 264].

$$K_{MP} = \left(\frac{390}{750}\right)^{0,3} = 0,82$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 30^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 3^{1,0} \cdot 6}{30^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0,82 = 1484 \text{ Н}$$

9 Крутящий момент на шпинделе при фрезеровании $M_{кр}$, Н·м [4, с. 290]:

$$\text{M}_{\text{кр}} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

где P_Z- главная составляющая силы резания (окружная сила), Н;

D - диаметр фрезы, мм.

$$\text{M}_{\text{кр}} = \frac{1484 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 230 \text{ Н·м}.$$

10 Мощность, затрачиваемая на резание N, кВт [4, с. 280]:

$$\text{N} = \frac{P_Z \cdot V_Д}{1020 \cdot 60},$$

где $V_Д$ - действительное значение скорости резания, м/мин;

P_Z - главная составляющая силы резания, Н.

$$\text{N} = \frac{1484 \cdot 39,7}{1020 \cdot 60} = 0,34 \text{ кВт}.$$

Режимы резания для остальных операций определяем аналогично. Сведения вносим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Режимов резания по операциям

Номер и наименование операции	t, мм	s, мм/об.	v, м/мин	n, об./мин
10 Токарная	1,4	0,5	69,5	220
	4,6	0,5	37	130
	7,5	0,3	10,8	100
15 Токарная с ЧПУ	1,4	0,5	69,5	220
	3,5	0,5	71	250
	3	0,15	114	885
	2,25	0,15	113	720
	0.25	0,15	161,2	1000
	1,1	0,15	131	790
	0,1	1,5	32,4	200
	0,65	0,15	136	480
	0,4	0.15	160	560
20 Токарная с ЧПУ	0,65	0,15	160	560
	0,4	0,15	135	465
	3,25	0,1	7,2	350
	0,05	0,4	3	145
25 Токарная с ЧПУ	2,5	16	7,2	50
30 Фрезерная с ЧПУ	3,2	150(0,05)	39,7	500
	3,4	0.1	12,9	600
	1,5	0.1	15,7	500
	0,625	1,25	2,8	100
35 Фрезерная с ЧПУ	3,0	150(0,05)	39,7	500
	6,6	31(0,025)	13	625
	6,6	31(0,025)	13	625
	1,65	0,07	8	775
	0,5	0,07	8	700
	0,25	0,5	1,85	150
40 Фрезерная с ЧПУ	3,0	150(0,05)	39,7	500
	6,6	31(0,025)	13	625
	6,6	31(0,025)	13	625
	1,65	0,07	8	775
	0,5	0,07	8	700
	0,25	0,5	1,85	150
55 Резьбошлифовальная	0,05	0,016	35	37
	0,225	0,016	35	37
	0,04	0,016	35	37

2.11 Определение норм времени и трудоемкости изготовления детали

Расчет норм времени на операции производится по алгоритму, представленному ниже.

1 Нормирование основного времени T_0, мин [13, с. 610]:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i,$$

где i - количество обрабатываемых поверхностей;

L - расчетная длина рабочего хода инструмента, мм [13, с. 610]:

$$L = l + y + \Delta,$$

где l - длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм;

y - длина врезания, мм;

Δ - величина перебега, мм;

n- частота вращения шпинделя, мм/об;

S- подача за один оборот шпинделя, об/мин;

Число проходов i определяется по формуле [13, с. 610]:

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

где h - припуск на обработку, мм;

t- глубина резания, мм.

2 Нормирование вспомогательного времени $T_в$, мин, [13, с. 101]:

$$T_B = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп},$$

где $T_{у.с}$ - время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о}$ - время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ - время на приемы управления, мин.

3 Нормирование времени на обслуживание рабочего места $T_{об}$, мин [13, с. 101]):

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание рабочего места, мин.

В условиях серийного производства время на обслуживание рабочего места выражают в процентах от оперативного времени.

4 Нормирование времени на отдых и личные надобности $T_{от}$, мин [13, с. 101]:

Время на отдых и личные надобности зависят от условий труда, которые в свою очередь, определяются факторами утомляемости и определяют в процентах от оперативного времени.

5 Нормирование подготовительно-заключительного времени $T_{п-з}$, мин [13, с. 101,]. Содержание подготовительных работ зависит от типа производства, применяемых форм организации производства и труда, а также характера нормируемой операции. Нормирование производится по нормативам.

6 Расчет нормы штучного времени $T_{шт}$, мин [13, с. 101]:

$$T_{шт} = T_{о} + T_{в} \cdot k + T_{об} + T_{от},$$

где $T_{о}$ - основное время на обработку, мин;

$T_{в}$ - вспомогательное время на операцию, мин;

$T_{об}$ - время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{от}$ - время на отдых и личные надобности, мин;

k - коэффициент, зависящий от серийности производства; k = 1,85.

7 Расчет нормы штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$, мин [13, с. 101]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{П-З}}{n} + T_{шт},$$

где $T_{п-з}$ - подготовительно-заключительное время, мин;

n - количество деталей в настроенной партии, шт., n = 20 шт.

$T_{шт}$ - штучное время, мин.

Операция 010 – Токарная

1 Основное время.

Основное время было определено при расчетах режимов резания.

Суммарное значение основного времени на операции равно сумме основного времени по технологическим переходам:

$$T_o = 0{,}244+0{,}35 = 0{,}613 \text{ мин}$$

2 Вспомогательное время.

Время на установку и снятие детали определяется в сумме со временем на закрепление и открепление детали по, [13, таблица 5.1, с. 197]:

$$T_{у.с}+T_{з.о}=0{,}27+0{,}04\cdot 2=0{,}62 \text{ мин}$$

Время на приемы управления определяются согласно [13, таблица 5.8, с. 202]:

$$T_{уп}=0{,}028\cdot 2+0{,}01\cdot 2=0{,}58 \text{ мин}$$

Также учитывая вспомогательное время на быстрые перемещения при многопроходной обработке, которое равно 0,07 мин.

$$T_в=1{,}2+0{,}07=1{,}27 \text{ мин.}$$

3, 4 Время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и личные надобности в серийном производстве по отдельности не определяются [13, с. 202]:

$$T_{об}+T_{от}=\frac{(T_o+T_в\cdot k)\cdot П_{об.от}}{100},$$

где T_o - основное время, мин;

$T_в$ - вспомогательное время, мин;

$П_{об.от}$ - затраты времени на обслуживание рабочего места и отдых в процентном отношении к оперативному, $П_{об.от}$ = 7% [13, с. 214];

k - коэффициент, зависящий от серийности производства;

k = 1,85 [6, с. 101]:

$$T_{об}+T_{от}=\frac{(0{,}614+1{,}27\cdot 1{,}85)}{100}=0{,}181 \text{ мин.}$$

5 Подготовительно-заключительное время [13, с. 70]:

$$T_{П.З.}=2{,}5+1+12+2{,}5+0{,}2+3{,}18+6+9=27{,}38 \text{ мин}$$

6 Норма штучного времени:

$$T_{шт}=0{,}613+1{,}27\cdot 1{,}85+0{,}181=2{,}064 \text{ мин}$$

7 Норма штучно-калькуляционного времени:

$$T_{ш\text{-}к}=\frac{27{,}38}{20}+2{,}064=3{,}433 \text{ мин.}$$

Расчет норм времени для всех остальных операций детали производится аналогично. Результаты расчета сводим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Технические нормы времени по операциям

Номер и наименование операции	То	$T_в$	$T_{пз}$	$T_{шт}$
010 Токарная	3,94	2,05	26	5,6
015 Токарная с ЧПУ	4,4	2,07	27	6,8
020 Токарная с ЧПУ	9,48	2,5	26	12,8
025 Токарная с ЧПУ	5,0	4,98	26	12,5
030 Фрезерная с ЧПУ	1,74	0,7	27	3,23
035 Фрезерная с ЧПУ	5,25	1,85	27	7,9
040 Фрезерная с ЧПУ	7,65	1,85	27	9,4
055 Резьбошлифовальная	6,07	2.5	25	9,6

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ (ТО)

3.1 Исходные данные и выбор типа ТО

На технологической операции необходимо создать приспособление для изготовления пазов на торцах детали и заходов резьбы на тех же торцах. В приспособлении деталь должна быть ориентирована по диаметру и заходу резьбы. Приспособление должно иметь автоматизированный зажим. Задание на разработку технологической оснастки приведено на рисунке 3.1.

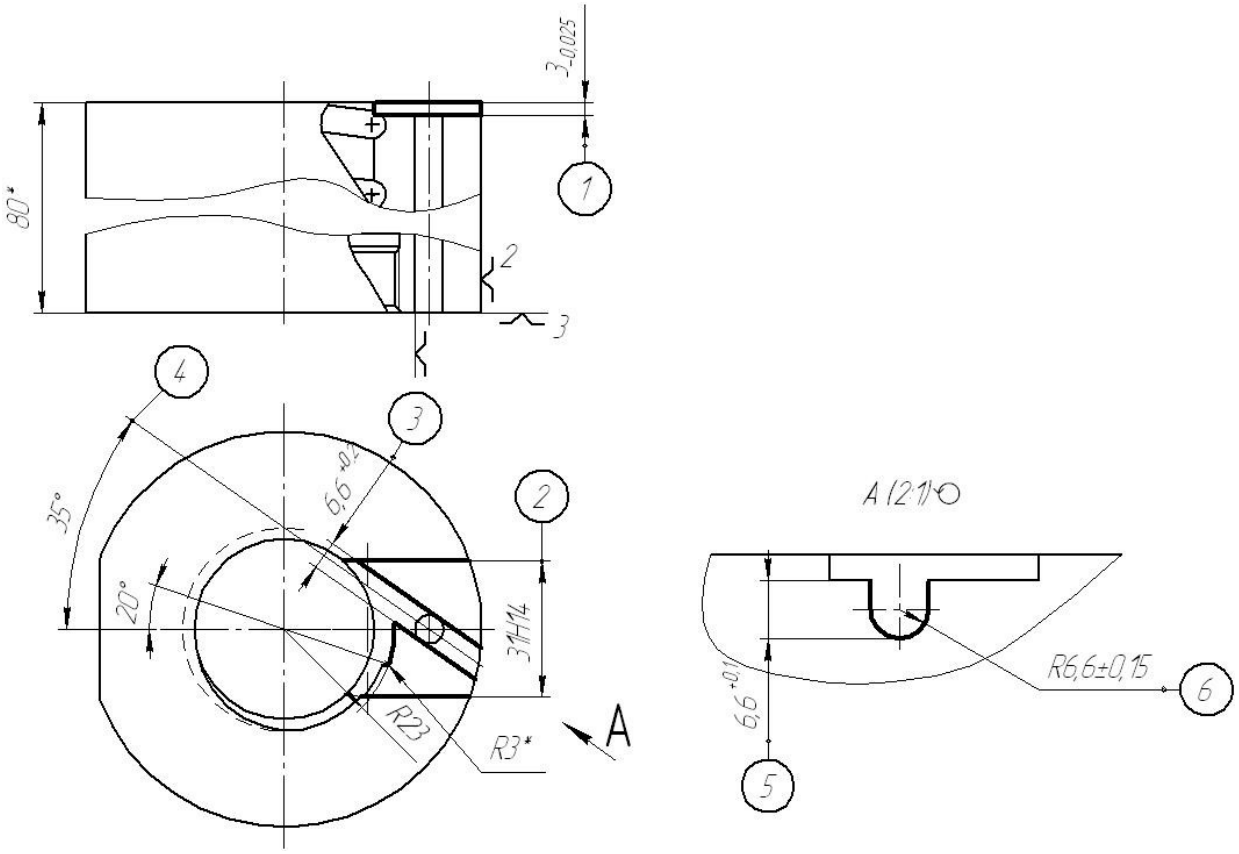


Рисунок 3.1 - Задание на разработку технологической оснастки

Данную обработку лучше всего производить на фрезерном оборудовании, в специальном установочном приспособлении. Зажим заготовки в данном приспособлении лучше всего автоматизировать для сокращения вспомогательного времени на операции. Автоматизацию лучше всего осуществить с помощью пневмооборудования.

3.2 Описание зажимного приспособления для фрезерования

Расчет усилия закрепления заготовки.

Исходными данными является сила резания и некоторые конструктивные размеры самого приспособления. Схема для расчёта зажимного усилия приведена на рисунке 3.2.

Рисунок 3.2 - Схема для расчета усилия закрепления

Станочное приспособление на фрезерную операцию с механизированным зажимом заготовки состоит из следующих элементов:

- установочные – стол, срезанный палец;
- зажимные – прижим, гидроцилиндр;
- крепежные - болты, винты;
- корпусные – плита.

После очистки установочной зоны приспособления от стружки заготовку устанавливают в базирующие отверстие ф90Н12 (сама деталь является в отверстии основным пальцем – обратная схема базирования от ГОСТ) и срезанный палец, и зажимают заготовку подачей масла через штуцер в гидроцилиндр.

Приспособление центрируется на столе станка и закрепляется четырьмя Т-образными болтами, входящих в пазы стола. Для снятия установки приспособления на станке используется кран-балка которая поднимает и опускает приспособление на станок, строповка приспособления происходит по рым болтам.

При данной операции движение фрезы и заготовки не совпадают, то есть фрезерование является от подачи, или встречным. При данном методе фрезерования зуб фрезы начинает работать почти с первого момента резания с наибольшей толщиной и сразу подвергается максимальной нагрузке. Так как поверхность заготовки была предварительно обработана и корка отсутствует, то стойкость фрезы при попутном фрезеровании выше по сравнению со стойкостью при встречном фрезеровании. Попутное фрезерование обеспечивает и более высокое качество (микрогеометрию) обработанной поверхности (на один – два класса выше, чем при встречном фрезеровании). Это объясняется тем, что при попутном фрезеровании обеспечивается более спокойная работа. Попутное фрезерование вызывает и несколько меньший общий расход мощности (за счет уменьшения мощности, затрачиваемой на движение подачи).

Для фрезы суммарную равнодействующую силу R сопротивления срезаемого слоя можно разложить на две составляющие: горизонтальную P_H и вертикальную P_V силы. По горизонтальной силе P_H (силе подачи) производится расчет механизма подачи станка, силы закрепления заготовки и деталей приспособления. Сила P_V отжимает фрезу от заготовки. Сила реакции P_V' прижимает заготовку к основанию. При попутном фрезеровании значение сил P_H и P_V можно определить по следующим соотношениям:

$$PH = (0{,}8 \div 0{,}9) \cdot PZ ;$$

$$PV = (0{,}75 \div 0{,}80) \cdot PZ$$

Таким образом:

$$PH = (0{,}8 \div 0{,}9) \cdot 3066 = 2452{,}8 \div 2759{,}4 \text{ Н};$$

$$PV = (0{,}75 \div 0{,}80) \cdot 3066 = 2299{,}5 \div 2452{,}8 \text{ Н}$$

3.3 Определение силы зажима

Определим силу закрепления зажимного приспособления.

По [5, таблица 8, с. 80] выбираем расчетную схему и формулу для вычисления силы закрепления P_3 заготовки в зажимном механизме:

$$P_3 = \frac{K \cdot R_2 \cdot r}{f_1 R_1 + f_2 \left(\frac{D^3 - d^3}{3\left(D^2 - d^2\right)} \right)}$$

где $R_1 = P_V$; $R_2 = P_H$;

K - коэффициент запаса вводят в формулу при вычислении силы P_3 для обеспечения надежного закрепления заготовки:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

где K_0 - коэффициент гарантированного запаса, $K_0 = 15$;

K_1 - коэффициент учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях, $K_1 = 1{,}2$ при черновой обработке и $K_1 = 1$ при чистовой обработке;

K_2 - коэффициент характеризует увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента, $K_2 = 1{,}7$ [5, таблица 9, с. 84];

K_3 - коэффициент учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании, $K_3 = 1{,}2$ при прерывистых точении и торцовом фрезеровании;

K_4 - коэффициент характеризует постоянство силы закрепления в зажимном механизме:

$K_4 = 1{,}3$ для зажимных механизмов с ручным приводом, а также с пневмо- и гидроцилиндрами одностороннего действия;

$K_4 = 1{,}2$ если на силу закрепления влияют отклонения размеров заготовки, что имеет место при использовании пневмокамер,

пневморычажных систем, приспособлений с упругими элементами (мембранные, гидропластмассовые и так далее);

K_4 = 1 при использовании пневмо и гидроцилиндров двойного действия, электромеханических, магнитных и вакуумных зажимных механизмов;

K_5 - коэффициент характеризует эргономику ручных зажимных механизмов:

K_5 = 1,2 при неудобном расположении и угле поворота рукоятки более 90 º;

K_5 =1,0 при удобном расположении и малом угле поворота рукоятки;

K_6 - коэффициент учитывают только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью на постоянные опоры:

K_6 =1,0 при установке заготовки на штыри;

K_6 = 1,5 при установке на опорные пластинки.

Таким образом:

$$K = 1{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}7 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 = 4{,}4064$$

Значения коэффициентов трения f_1 и f_2 определим по [5, таблица 10, с. 85]. Так как заготовка обработанными поверхностями контактирует с опорами и зажимным механизмом приспособления, то $f_1 = f_2 = 0{,}16$.

Сила закрепления имеет следующее значение:

$$P_3 = \frac{4{,}4064 \cdot 2759{,}4 \cdot 26}{0{,}16 \cdot 2452{,}8 + 0{,}16\left(\frac{90^3 - 46^3}{3\left(90^2 - 46^2\right)}\right)} = 7921{,}63 \text{ Н}$$

Расчет пневмопривода

Диаметр поршневого цилиндра, двустороннего действия, используемого для закрепления заготовки, определяют из зависимости:

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{P_c}{p \cdot \eta_{мех}}}$$

где P_c – сила на штоке, Н;

p – давление воздуха, МПа.

$\eta_{мех} \leq 0{,}93$ - механический КПД.

Силу на штоке определяют по формуле:

$$P_c = 0{,}785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta_{мех}$$

$D = 1{,}13 \sqrt{\frac{P_c}{p \cdot \eta_{мех}}} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{7921{,}63}{5 \cdot 0{,}9}}$ = 54,42 мм; принимаем 63 мм.

$$P_c = 0.785 \cdot 63^2 \cdot 5 \cdot 0{,}9 = 10331{,}25 \text{ Н}$$

Остальные параметры пневмоцилиндра определяются по ГОСТ 19897-81. Ход поршня S_{max}= 50 мм.

4 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Конструирование метчика-протяжки для нарезания резьбы

В технологии обработки моей детали есть операция 025 «Токарная с ЧПУ», эскиз данной операции приведен на рисунке 4.1. Это операция технологического процесса, в которой идет обработка внутренней резьбовой поверхности детали. Продолжительность данной операции примерно 12,5 минут и это достаточно продолжительная операция. В современном машиностроении существуют более производительные методы получения таких поверхностей, а также снижения брака, возникающего за счет снижения ошибок, имеющих место при многопроходной токарной обработке. Использование метчиков при нарезании резьбы большого диаметра весьма проблематично, поэтому на первый план выходит решение – применить протяжку.

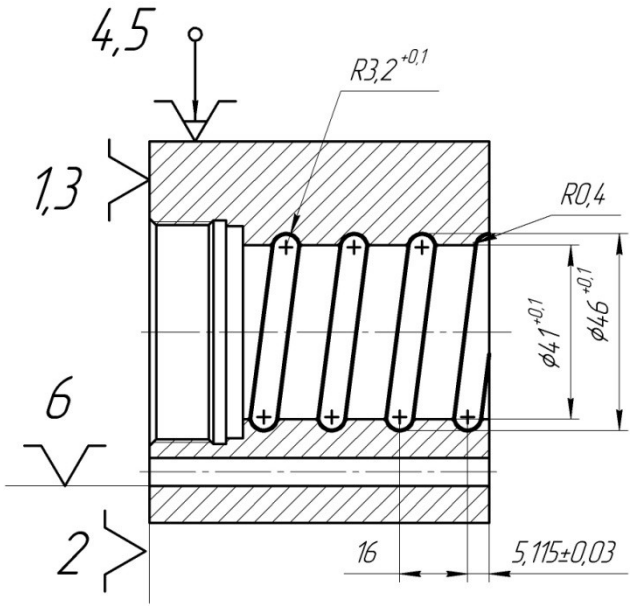
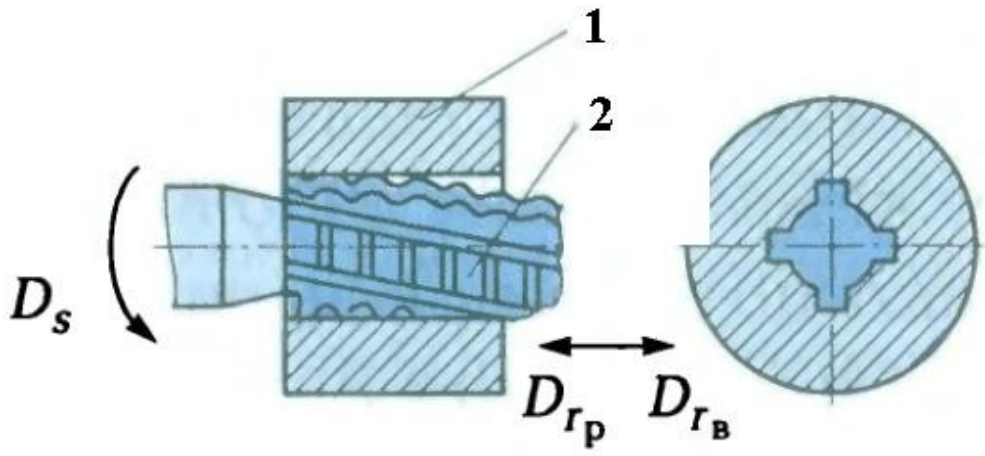


Рисунок 4.1 – Обрабатываемая поверхность на технологической операции

Протягивание является более производительным методом обработки, и один из его подвидов – винтовое протягивание, можно применить для получения заданной поверхности. Время обработки на данной операции

протягивания будет приблизительно равно 2 минутам, что указывает на высокую производительность данного способа. Это примерно в шесть раз выше, чем получение данной поверхности токарным методом.

Винтовые поверхности обрабатывают протяжкой 2 (рисунок 4.2), режущие зубья которой расположены по винтовой линии и сообщают вращательное движение либо протяжке, либо заготовке. Этот способ можно отнести и к координатному протягиванию.



1 - заготовка; 2 - протяжка

Рисунок 4.2 – Протягивание отверстия с винтовой подачей

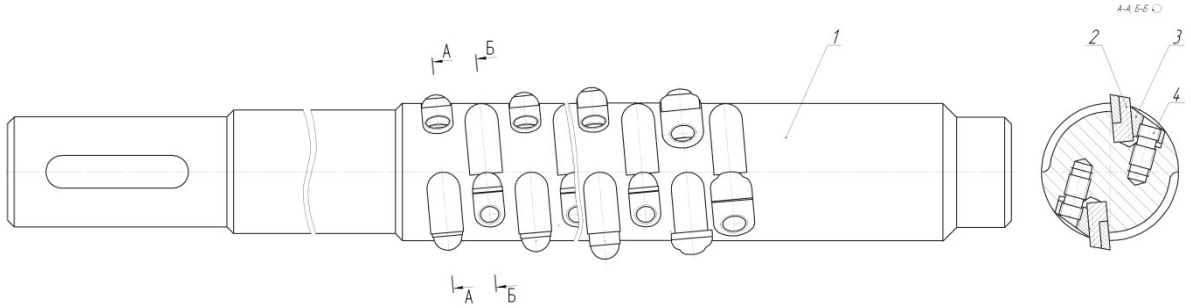
Метод координатного протягивания наряду с получением заданной формы поверхности обеспечивает расположение ее относительно базовой поверхности с точностью до 0,02... 0,03 мм. Координатное протягивание осуществляют, принудительно направляя протяжки по подвижным и неподвижным направляющим базам, а также закрепляя протяжки в протяжном блоке на инструментальной каретке, которая перемещается по направляющим вертикально-протяжного станка.

В данном реальном производстве имеет смысл применить метчик-протяжку и токарно-винторезный станок. При этом шпиндель сообщает протяжке вращательное движение, а заготовке, закрепленной в специальное приспособление, которое установлено на суппорте станка и согласовано с вращением протяжки – поступательное. Применение такого инструмента

обеспечит нарезание всего профиля резьбы в гайке за один ход суппорта станка.

В этой части проекта разработаем специальный режущий инструмент метчик-протяжку для нарезания резьбы в детали гайка ходовая.

Разработка новых конструкций режущего инструмента всегда связана с острой производственной необходимостью и может преследовать такие цели, как повышение производительности, точности или перевод какого-то вида обработки в другой. На рисунке 4.3 приведена конструкция метчика-протяжки.



1 – корпус; 2 – резцовые вставки; 3 – клинья; 4 – шпильки

Рисунок 4.3 – Конструкция метчика-протяжки

Конструкция инструмента, приведенная на рисунке 4.3, состоит из стального корпуса; установленными в нем резцовыми вставками, оснащенными твердым сплавом или режущей керамикой; клиньями, фиксирующими резцовые вставки за счет скоса при завинчивании специальных шпилек.

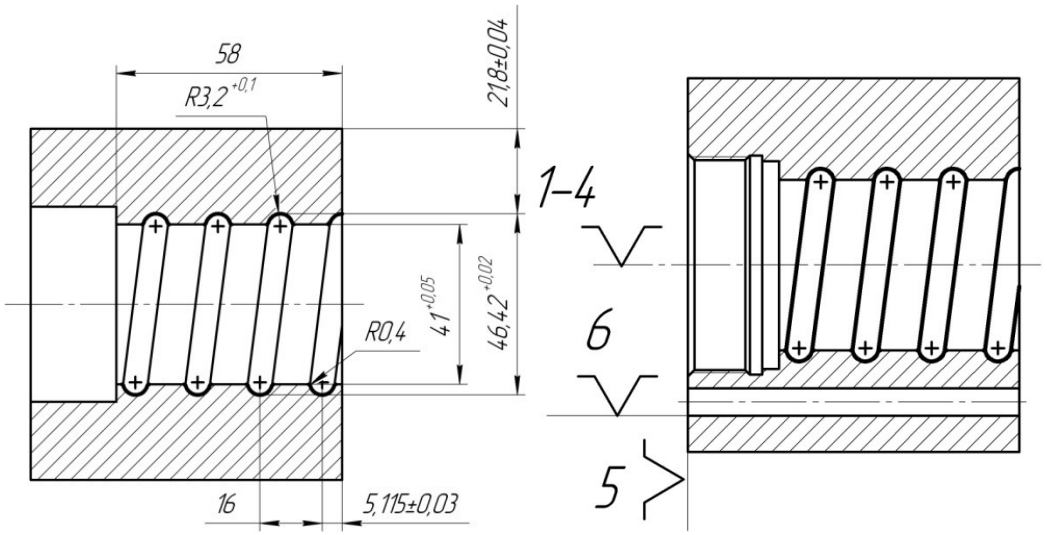
Для обеспечения подачи, соответствующей подъему на зуб, конструкция протяжки предусматривает следующую рабочую схему: все резцы по длине имеют один размер, что значительно упрощает технологию изготовления и заточки резцовых вставок. В этом случае глубина посадочных гнезд должна уменьшаться при переходе от предыдущего зуба к последующему на высоту подъема на зуб и только под калибрующими должна оставаться максимальной или постоянной.

Конструирование метчика-протяжки для нарезания резьбы

Исходные данные:

- материал детали сталь 20Х;

- эскиз обрабатываемой детали представлен на рисунке 4.4.

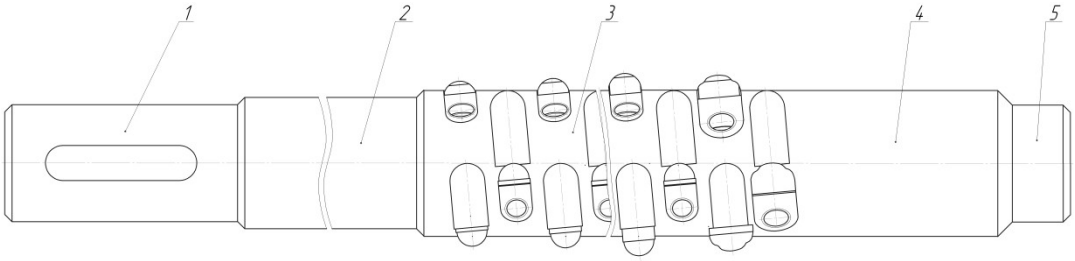


а) б)

Рисунок 4.4 – а) Эскиз обрабатываемой детали б) схема базирования на операции.

Основные части протяжки.

Основные части метчика-протяжки приведены на рисунке 4.5.



1 -хвостовик; 2- передняя направляющая часть; 3- режущая и калибрующая части; 4- задняя направляющая часть; 5- опорная цапфа

Рисунок 4.5 – Основные части метчика-протяжки

Хвостовик позиции 1 протяжки служит для соединения протяжки посредством патрона. На поверхности хвостовика имеется сквозной шпоночный паз для закрепления в патроне при помощи чеки (шпонки).

Передняя направляющая часть позиции 2 служит для установки обрабатываемой детали на протяжку перед протягиванием. Размер поперечного сечения передней направляющей части соответствует меньшему размеру поперечного сечения детали до протягивания.

Задняя направляющая часть позиции 4 служит для размещения детали после обработки.

Схема резания при протягивании

Схемой резания при протягивании называется порядок распределения работы срезания припуска между зубьями протяжки. Выбор схемы резания при конструировании протяжки зависит от формы, размеров и способа получения заготовок, от формы и размеров протянутых изделий. От принятой схемы резания, в свою очередь, зависит выбор протяжки (длина, стойкость и так далее) и технология изготовления, то есть схема резания влияет на производительность и экономичность процесса протягивания. При конструировании внутренних протяжек применяют профильную, генераторную и групповую (прогрессивную) схемы резания.

В данной конструкции протяжки возможно применение любой схемы резания. При профильной схеме резания все резцы будут иметь одинаковую конструкцию; при генераторной и групповой схемах резания резцы будут различной конструкции. Таким образом, здесь целесообразнее использовать профильную схему резания, так как трудоемкость изготовления резцов будет наименьшей.

Форма стружечных канавок

Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- геометрическая форма зуба и величина его углов выбираются такими, при которых обеспечивается наибольшая стойкость протяжки;

- форма канавки между зубьями не должна препятствовать свободному образованию и перемещению стружки;

- объем канавки должен быть достаточный для размещения стружки, срезаемой со всей длины протягиваемой поверхности;

- размеры зубьев должны обеспечивать возможно большее количество переточек протяжки;

- зуб должен противостоять усилиям, возникающим при протягивании.

Исходя из вышеизложенных требований, конструируем профиль зуба протяжки, который приведен на рисунке 4.6.

Получаем площадь стружечной канавки $F_К$, мм^2 [19, с. 196]:

$$F_К = 0{,}25 \cdot c \cdot l$$

где c – ширина стружечной канавки, c = 8 мм;

l – длина витка, l=129,9 мм.

$$F_К = 0{,}25 \cdot 8 \cdot 129{,}9 = 260 \text{ мм}2$$

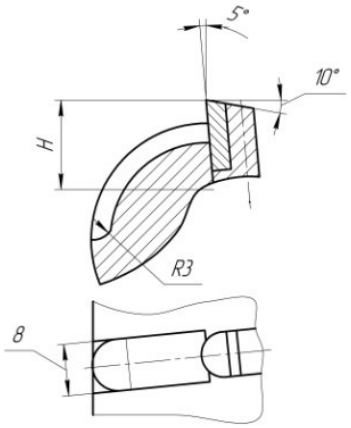


Рисунок 4.6 – Профиль зуба протяжки

Материал протяжки

Протяжка – сложный и дорогой инструмент, от которого требуется высокая точность обработки при высокой стойкости и прочности. Поэтому для изготовления корпуса протяжки выбираем легированную сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Резцовые вставки (зубья) также изготовлены из стали 40Х ГОСТ 4543-71, на которых припаяны режущие пластинки из твердого сплава Т15К6.

Расчет протяжки

Расчет протяжки в основном сводится к определению шага зубьев, объема канавки для размещения стружки и прочности.

Определяем размеры впадины в поперечном сечении исходя из того, что стружка, снимаемая зубом протяжки, должна полностью остаться во

впадине до конца обработки. Следовательно, площадь поперечного сечения впадины должна быть больше площади продольного сечения стружки.

Между площадью впадины F и площадью продольного сечения стружки F_1 можно установить следующее соотношение [19, с. 385]:

$$K = \frac{F}{F_1}.$$

Коэффициент К принимается в пределах 3 ÷ 6. Принимаем К = 4.

Площадь продольного сечения стружки F_1, мм^2, снимаемой одним зубом протяжки [19, с. 385]:

$$F_1 = L \cdot a$$

где L – длина протягиваемой поверхности, мм;

a – подъем зуба, мм.

Длину протягиваемой поверхности L, мм, определяем из выражения [19, с. 302]:

$$L = l \cdot n$$

где l – длина витка, мм; l = 129,9 мм;

n – количество витков детали; n = 4.

Тогда

$$L = 129{,}9 \cdot 4 = 519{,}6 \text{ мм}.$$

Величина подъема на зуб a будет зависеть от мощности станка. Предварительно зададим a = 0,183 мм. Расчет проводим в следующей последовательности:

а) определяем величину припуска под протягивание A, мм [19, с. 385]:

$$A = \frac{D - d}{2}$$

где D – наружный диаметр обрабатываемой детали, мм; D=46,42 мм (рисунок 4.3);

d – внутренний диаметр обрабатываемой детали, мм; d =41 мм.

Значит

$$A = \frac{46,42 - 41}{2} = 2,71 \text{ мм;}$$

б) определяем число зубьев:

1) режущие зубья $z_р$ [19, с. 385]:

$$z_P = \frac{A}{a}$$

где А – величина припуска под протягивание, А=2,71 мм;

а – величина подъема на зуб, а = 0,113 мм

$$z_P = \frac{2,71}{0,113} = 24,044$$

Принимаем $z_р$ = 23, так как припуск одного режущего зуба оставляем на припуск переходных зубьев.

2) переходные зубья $z_п$, $z_п$ = 3 принимаем согласно рекомендациям [19, с. 387];

3) калибрующие зубья $z_к$, $z_к$ = 6 принимаем согласно рекомендациям [19, с. 387]);

в) определяем силу резания Р, Н, необходимую на один зуб [19, с. 31]:

$$P = \sigma \cdot F_1,$$

где σ – нормальное напряжение; σ=390 МПа;

F_1 – площадь продольного сечения стружки, F_1= 58,72 мм^2.

Тогда

$$P = 390 \cdot 58,72 \cdot 10^{-2} = 230 \text{ Н}$$

г) определяем мощность резания N, кВт, затрачиваемую на один зуб [5, с. 302]:

$$N = \frac{P \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

где Р – сила резания необходимая на один зуб, Р=230 Н;

V – скорость вращения протяжки, м/мин; предварительно принимаем V=6,5 м/мин

$$N = \frac{230 \cdot 6,5}{1020 \cdot 60} = 0,025 \text{ кВт}$$

д) определяем мощность резания N_o, кВт затрачиваемую на все зубья [19, с. 302]:

$$N_o = N \cdot z$$

где N – мощность резания затрачиваемая на один зуб, N= 0,025 кВт;

z – общее число зубьев; z = 32

$$N_o = 0{,}025 \cdot 32 = 0{,}8 \text{ кВт}.$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16К20 фактическая мощность привода $N_{шп}$, кВт:

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta,$$

где η – коэффициент полезного действия станка; η = 0,8;

$N_{дв}$ – мощность электродвигателя привода, $N_{дв}$=11 кВт [5, таблица 9, с. 16]

$$N_{шп} = 11 \cdot 0{,}8 = 8.8 \text{ кВт}$$

Потребная мощность резания не превышает мощности привода главного движения станка, то есть 0,8 кВт < 8.8 кВт. Обработка возможна.

После расчетов определили, что предварительно выбранная величина подъема на зуб а возможна, следовательно, окончательно принимаем а = 0,113 мм.

Подставим найденные значения и определим

$$F_1 = 519{,}6 \cdot 0{,}113 = 58{,}7 \text{ мм}^2$$

Определяем площадь впадины F, мм^2 [19, с. 385]:

$$F = F_1 \cdot K$$

где F_1 – площадь продольного сечения стружки, F_1= 58,7 мм^2;

K – коэффициент; K = 4

$$F = 58{,}7 \cdot 4 = 234{,}9 \text{ мм}^2.$$

Предварительно была сконструирована форма стружечных канавок площадью F_K= 260 мм^2, а так как площадь впадины F не должна быть меньше 234,9 мм^2, следовательно, предварительно сконструированную форму стружечных канавок принимаем за окончательную.

Рассчитаем подъем на зуб для переходных и калибрующих зубьев. Подъем на зуб для переходных зубьев $a_п$, мм [19, с. 386]:

$$a_{п1} = \frac{1}{2} \cdot a;$$

$$a_{п2} = \frac{1}{3} \cdot a;$$

$$a_{п3} = \frac{1}{6} \cdot a;$$

где a – подъем зуба, a = 0,183 мм;

$a_{п1}$, $a_{п2}$, $a_{п3}$ – подъем на зуб соответственно первого, второго, третьего переходных зубьев, мм

$$a_{п1} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}113 = 0{,}056 \text{ мм};$$

$$a_{п2} = \frac{1}{3} \cdot 0{,}113 = 0{,}037 \text{ мм};$$

$$a_{п3} = \frac{1}{6} \cdot 0{,}113 = 0{,}018 \text{ мм}.$$

Подъем на зуб для калибрующих зубьев $a_к$, мм [19, с. 386]:

$$a_к = A - a \cdot 23 - (a_{п1} + a_{п2} + a_{п3}),$$

где A – величина припуска под протягивание, A = 4,4 мм;

a – подъем зуба, мм; a = 0,113 мм;

$a_{п1}$, $a_{п2}$, $a_{п3}$ – подъем на зуб соответственно первого, второго, третьего переходных зубьев, мм

$$a_к = 2{,}71 - 0{,}113 \cdot 23 - (0{,}056 + 0{,}037 + 0{,}018) = 0{,}009 \text{ мм}.$$

Шаг зубьев протяжки должен быть таким, чтобы он мог поддерживать равномерную нагрузку, а следовательно, и равномерный процесс резания. Поэтому шаг t, мм проверяем в зависимости от длины L обрабатываемой детали по эмпирической формуле [19, с.386]:

$$t = (1{,}25 \ldots 1{,}5) \cdot \sqrt{L}$$

где L – длина протягиваемой поверхности, L = 519,6 мм

$$t = (1{,}25 \ldots 1{,}5) \cdot \sqrt{519{,}6} = 29 \ldots 34 \text{ мм}.$$

Таким образом, шаг зубьев протяжки не должен быть меньше 29 мм согласно произведенным расчетам. При проектировании протяжки необходимо заложить большее значение шага зубьев для возможности размещения резцовых вставок с клиньями. Протяжка имеет шаг зубьев t = 64,95 мм, так как на одном витке расположено два зуба (резца).

Поле допуска на исполнительный размер протяжки принимают около 1/3 поля допуска наружного диаметра резьбы [19, с. 389].

Протяжка также имеет зубья для скругления профиля нарезаемой резьбы. Величина снимаемого припуска равна 0,25 мм, следовательно, на основе проведенных расчетов выше назначаем два режущих зуба и два калибрующих зуба. Протяжка аналогична по всем конструктивным элементам, так как площадь снимаемой стружки при нарезании скруглений профиля резьбы меньше в 10 раз.

Расчет режимов резания протяжки для нарезания резьбы

Протягивание производится на токарно-винторезном станке 1К62 внутренней резьбы с наружным диаметром D=46,4 мм и длиной l=519,6 мм. Материал обрабатываемой детали сталь 20Х твердостью 179 НВ. Обрабатывается одна заготовка. Протяжка сборная, профильной схемы резания, с резцовыми вставками из твердого сплава Т15К6. Подача (подъем) черновых (режущих) зубьев S_z = 0,113 мм/зуб. Шаг черновых (режущих) зубьев t=64,95 мм. Общая длина протяжки L_1=550 мм; длина протяжки до первого зуба l_1=150 мм. Геометрические элементы протяжки: передний угол γ=5 º; задний угол α=10 º. Эскиз обработки приведен на рисунке 4.7.

Определим силу резания при протягивании P_z, Н [19, с. 300]:

$$P_z = P \cdot \Sigma B$$

где P – сила резания на 1 мм длины лезвия, P=230 Н (определили при конструировании протяжки выше);

ΣB – периметр резания, мм. Периметр резания ΣB, определяем по формуле [19, с. 298]:

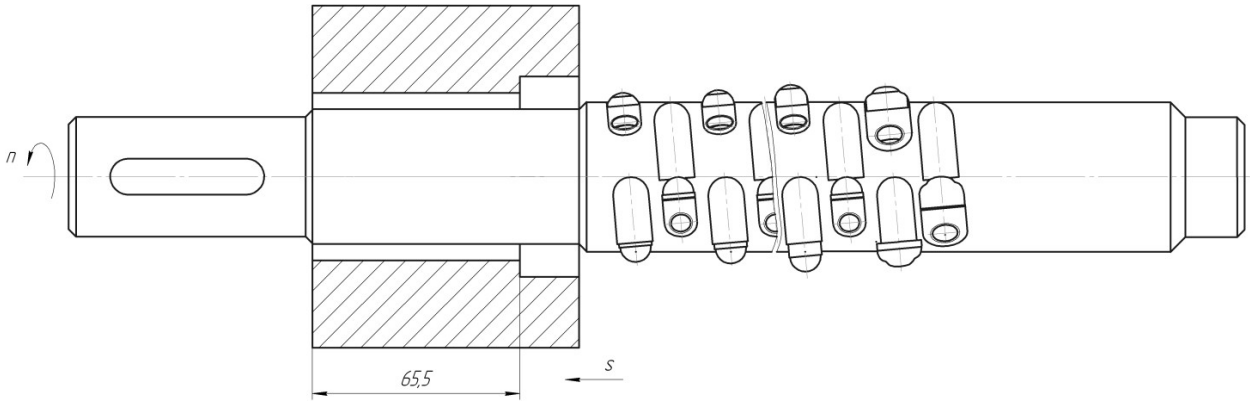


Рисунок 4.7 – Эскиз обработки протягивания резьбы

$$\Sigma B = B \cdot \frac{z_l}{z_c}$$

где B – периметр резания, равный длине обрабатываемого контура детали, мм;

z_c – число зубьев в секции протяжки; z_c=1 [19, с. 299];

z_l – наибольшее число одновременно режущих зубьев.

Наибольшее число одновременно режущих зубьев z_l [19, с. 299]:

$$z_l = \frac{l}{t}$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, l = 519,6 мм;

t – шаг режущих зубьев, мм; t = 64,95 мм

$$z_l = \frac{519,6}{64,95} = 8$$

Определим периметр резания, равный длине обрабатываемого контура детали, B, мм [19, с. 299]:

$$B = 0,5 \cdot \pi \cdot d$$

где d – диаметр сечения витка резьбы, d = 6,4 мм

$$B = 0,5 \cdot \pi \cdot 6,4 = 10,05 \text{ мм}$$

Тогда

$$\Sigma B = 10,05 \cdot \frac{8}{1} = 80,42 \text{ мм}$$

$$P_z = 230 \cdot 80,42 = 18497 \text{ Н}$$

Определим скорость резания, допускаемую мощностью двигателя станка V, м/мин [19, с. 300]:

$$V = 61200 \cdot \frac{N}{P_z} \cdot \eta$$

где N – мощность двигателя станка, N=10 кВт [19, с. 16];

P_z – сила резания при протягивании, P_z = 18497 Н;

η – коэффициент полезного действия станка; η = 0,8 [19, с. 16]

$$V = 61200 \cdot \frac{10}{18497} \cdot 0{,}8 = 26{,}5 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя n, мин$^{-1}$, соответствующая найденной скорости резания [5, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

где V – расчетное значение скорости резания, м/мин;

D – диаметр заготовки, D = 46,42 мм

$$n = \frac{1000 \cdot 26{,}5}{\pi \cdot 46{,}42} = 181{,}7 \text{ мин}^{-1}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения $n_д$ =80 мин$^{-1}$.

Действительная скорость главного движения резания $V_Д$, м/мин [5, с. 280]:

$$V_Д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_Д}{1000}$$

где $n_д$ – действительная частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$;

D – диаметр заготовки, D = 64,8 мм

$$V_Д = \frac{\pi \cdot 46{,}42 \cdot 80}{1000} = 11{,}6 \text{ м/мин}$$

Основное время обработки, T_O, мин [6, таблица 1, с. 610]:

$$T_O = \frac{L \cdot i}{n \cdot s_o}$$

где i – число проходов инструмента, i =1;

n – частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$;

s_o – подача на оборот шпинделя, s_o =16 мм/об;

L – длина рабочего хода заготовки, мм [6, с. 610]:

$$L = L_1 - l_1$$

где l_1 – длина рабочей части протяжки до первого зуба, l_1=150 мм;

L_1 – длина протяжки, мм; L_1=550 мм

L = 550 -150 =400 мм

$$T_O = \frac{400 \cdot 1}{80 \cdot 16} = 0{,}3 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время определяется по алгоритму, описанному в разделе 3.

Время на установку и снятие детали определяется в сумме со временем на закрепление и открепление детали по [6, таблица 5.1, с. 197]:

$$T_{у.с} + T_{з.о} = 0{,}3 \text{ мин}$$

Время на приемы управления определяется согласно [6, таблица 5.8, с. 202]:

$$T_{уп} = 0{,}01 + 0{,}3 + 0{,}02 = 0{,}33 \text{ мин}$$

$$T_в = 0{,}3 + 0{,}33 = 0{,}63 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и личные надобности в серийном производстве по отдельности не определяются [6, с. 202]:

$$T_{об} + T_{от} = \frac{(T_o + T_в \cdot k) \cdot П_{об.от}}{100}$$

где T_o – основное время, мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин;

$П_{об.от}$ – затраты времени на обслуживание рабочего места и отдых в процентном отношении к оперативному; $П_{об.от}$ = 7 % [6, с. 214];

k – коэффициент, зависящий от серийности производства;

k = 1,85 [6, с. 101];

$$T_{об}+T_{от}=\frac{(0{,}3+0{,}63\cdot 1{,}85)\cdot 7}{100}=0{,}103 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное временя [11, с. 70]:

$$T_{п.з.}=16+9=25 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени:

$$T_{шт}=0{,}3+0{,}63\cdot 1{,}85+0{,}103=1{,}569 \text{ мин}$$

Норма штучно-калькуляционного времени:

$$T_{ш-к}=\frac{25}{20}+1{,}569=2{,}819 \text{ мин}$$

Расчет на прочность протяжки для нарезания резьбы

Расчет на прочность ведется по наиболее опасному сечению корпуса протяжки.

1 Расчет на кручение переднего хвостовика

Условие прочности при кручении запишем в виде [19, с. 157]:

$$\tau=\frac{T}{W_p}\le[\tau]$$

где τ – максимальное расчетное касательное напряжение, $\frac{H}{см^2}$;

T – максимальный крутящий момент, Н·см;

W_p – полярный момент инерции, см^3: $W_p=\frac{\pi\cdot d^3}{16}$ [19, с. 158]

где d – диаметр сечения переднего хвостовика, d = 2,5 см

$$W_p=\frac{\pi\cdot 2{,}5^3}{16}=3{,}1 \text{ см3}$$

[τ] – допускаемое касательное напряжение, [τ] = 19000 $\frac{H}{см^2}$ [1, с. 32].

Максимальный крутящий момент T, Н·см, определим по формуле [19, с. 158]:

$$T = P_z \cdot \frac{d}{2}$$

где P_z – главная составляющая силы резания, P_z = 18497 Н;

d – диаметр сечения переднего хвостовика, см; d=4 см.

$$T = 18497 \cdot \frac{2,5}{2} = 23121,25 \text{ Н·см}$$

Подставим найденные значения и определим максимальное расчетное напряжение

$$\tau = \frac{23121,25}{3,1} = 7458,5 \ \frac{H}{см^2}.$$

Подставим найденные значения в заданное условие

$$7458,5 \leq 19000.$$

Вывод: заданное условие выполняется, значит, корпус протяжки сконструирован верно.

2 Расчет на смятие шпоночного соединения

Напряжение смятия граней шпонки не должно превышать допускаемого, то есть должно выполняться условие [19, с. 157]:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{см}$$

где $\sigma_{см}$ – расчетное напряжение смятия, $\frac{H}{см^2}$;

T – передаваемый вращающий момент, T = 23121,25 Н·см;

d – диаметр вала в месте установки шпонки, d = 2,5 см;

l_p – рабочая длина шпонки, l_p = 2,5 см;

h – высота шпонки, h = 8 мм;

t_1 – высота шпоночного паза на валу, t_1 = 2,5 см;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия, $[\sigma]_{см}$ = 49000 $\frac{H}{см^2}$.

Подставим значения и определим максимальное расчетное напряжение смятия:

$$\sigma_{см}=\frac{2\cdot 23121,25}{2,5\cdot 2,5\cdot(0,8-0,25)}=15742\ \frac{Н}{см^2}.$$

Подставим найденные значения в заданное условие

$$15742 \le 49000$$

Вывод: заданное условие выполняется, следовательно, корпус протяжки сконструирован верно.

3 Расчет на срез шпонки

Должно выполняться условие [19, с. 157]:

$$\tau_{ср}=\frac{2\cdot T}{d\cdot l\cdot b}\le[\sigma]_{ср}$$

где $\tau_{ср}$ – расчетное касательное напряжение на срез, $\frac{Н}{см^2}$;

T – передаваемый вращающий момент, T = 23121,25 Н·см;

d – диаметр вала в месте установки шпонки, d = 2,5 см;

l – рабочая длина шпонки, l = 2,5 см;

b – ширина шпонки, b = 0,7 см.

$[\sigma]_{ср}$ – допускаемое касательное напряжение на срез, $[\sigma]_{ср}$ =27000 $\frac{Н}{см^2}$.

Подставим значения

$$\tau_{ср}=\frac{2\cdot 23121,25}{2,5\cdot 4\cdot 0,7}=6606\ \frac{Н}{см^2}$$

Подставим найденные значения в заданное условие

$$6606 \le 27000$$

Вывод: заданное условие выполняется, следовательно, корпус протяжки сконструирован верно.

Описание приспособления для нарезания внутренней резьбы

В приспособлении, приведенном на рисунке 4.8, производится нарезание внутренней резьбы гайки ходовой. Гайка устанавливается на основание позиции 1 и зажимается прихватом позиции 2 с помощью откидного винта позиции 100 через шайбу позиции 103 и гайку позиции 101.

Откидной болт позиции 100 закрепляется на пальце аналогичному пальцу позиции 3 через шайбу позиции 102 и шплинт позиции 104.

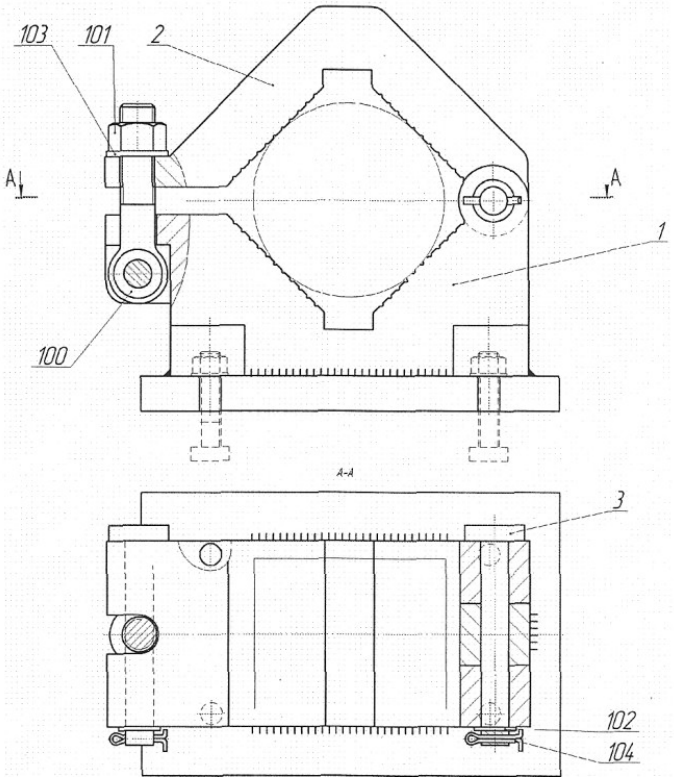


Рисунок 4.8 – Схема приспособления для нарезания внутренней резьбы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена новая технология изготовления детали, учитывающая развитее научно-технического прогресса, с использованием нового современного оборудования. Применением новшеств в технологии токарной обработки, обработка отверстий с использованием приводного осевого инструмента.

По предложенному варианту рассчитаны режимы резания, техническая норма времени, точность механической обработки технологического процесса. Рассмотрен способ получения заготовки.

Предлагаемый вариант обработки детали можно внедрить в производство так как он высокопроизводительный. Применение полуавтоматического оборудования с чпу и быстро - зажимных приспособлений позволяет значительно сократить время на обработку детали.

Так же предлагается ввести в технологический процесс обработки такие элементы как совмещения некоторых операций (токарная и сверлильная) за счет применения современного оборудования с чпу, применения прогрессивных технологий и оптимальных режимов резания. К сожалению сократить затраты на сырье для выпуска заготовки, не удалось так как получение заготовки с предварительно полученным отверстием, достаточно сложная и трудоемкая операция, на горячей объемной штамповке такое не возможно из-за соотношения размеров обрабатываемого отверстия, а на литейной операции большой процент заготовок будет не годен из-за внутренних деффектов.

Разработан специальный инструмент работающий по оригинальной схеме протягивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т1/ ред. И.Н. Жесткова. – М.: Машиностроение -1, 2006. – 928 с.

2 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т2/ ред. И.Н. Жесткова. – М.: Машиностроение -1, 2006. - 960 с.

3 Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.: ил.

4 Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебник. - Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.

5 Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник. - М.: Машиностроение, 1989. – 303 с.

6 Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ. - М.: - Машиностроение, 2006. - 544 с.

7 Допуски и посадки: в 2 т.: справочник/ В.Д. Мягков, М.А. Палей [и др.].; под ред. В.Д. Мягкова, М.А. Палей. - Л.: Машиностроение, 1983. – 543 с.

8 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

9 Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т.1. – М.: Машиностроение, 1986.- 656 с.

10 Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т.2. – М.: Машиностроение, 1986.- 496 с.

11 Металлорежущий инструмент для точения, фрезерования, сверления. Каталог. - Seoul : Korloy, 2008. – 546 с.: ил.

12 Обработка отверстий. Каталог + техническое руководство.- SECO: Fagersta, 2008. – 357 с.: ил.

13 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.1/ А.М. Дальский, А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение -1, 2003. - 910 с.: ил.

15 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.2/ А.М. Дальский, А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение -1, 2003. - 944 с.: ил.

16 Стали и сплавы Марочник: справочное издание/ науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. - 608 с.

17 Токарная обработка. Каталог и техническое руководство. - SECO: Fagersta, 2008. – 444 с.: ил.

18 Цельные концевые фрезы. Каталог и техническое руководство. -SECO: Fagersta, 2006. – 169 с.: ил.

19 Щеголев В.А. Конструирование протяжек. – М.Л.: Машгиз, 1960 – 352с. .: ил.