

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра Техника, технологии и строительство

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 02 июля _____ 2021 г.

Проектирование участка механической обработки детали «Кольцо»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____ Ю.В. Константинов
_____ 25 июня _____ 2021 г.

Автор работы
студент группы ДО – 516
_____ М.А. Серёдкин
_____ 25 июня _____ 2021 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 29 июня _____ 2021 г.

Челябинск 2021

АННОТАЦИЯ

Серёдкин М.А. Проектирование участка механической обработки детали «Кольцо» - Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2021, 78 с., 16 ил., библиографический список – 16 наименований, 7 листов чертежей ф. А1, 2 листа чертежей ф. А2.

После анализа существующего технологического процесса предложены прогрессивный способ получения заготовки и новый вариант технологического процесса механической обработки детали «Кольцо». Вместо устаревшего программного технологического оборудования предложено использовать современные обрабатывающие центры, что позволяет существенно сократить количество операций и штучное время изготовления одной детали.

Для оснащения технологического процесса спроектированы:

- зажимное приспособление для фрезерной операции, обеспечивающий быстроту и надежность закрепления, высокую точность обработки;
- приспособление для контроля отверстий, комплексный калибр;
- концевая фреза.

В конструкторской части выпускной квалификационной работы выполнена рациональная планировка участка механического цеха, рассмотрены и описаны безопасные условия работы на участке изготовления изделия.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Серёдкин М.А.			Проектирование участка механической обработки детали «Кольцо»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Константинов Ю.В.				Д	4	78
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ Кафедра «ТТС» ДО-516		
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.						
<i>Утверд.</i>		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Описание детали.....	10
1.2 Служебное назначение детали.....	10
1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения.....	11
1.4 Задачи проектирования.....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
2.1 Анализ технологичности детали.....	12
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	14
2.2.1 Заготовка – отливка кольцо	14
2.2.2 Заготовка – отливка сегментами	17
2.3 Анализ действующего технологического процесса	20
2.3.1 Анализ документации действующего технологического процесса....	20
2.3.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки.....	22
2.3.3 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного технологического процесса	25
2.4 Формирование операций и технологического маршрута обработки	25
2.5 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	26
2.5.1 Аналитический метод определения припусков	27
2.5.2 Табличный метод определения припусков	32
2.5.3 Расчет припусков для линейных размеров.....	32
2.6 Расчет режимов резания	34
2.6.1 Расчет режимов резания аналитическим методом	34
2.6.2 Расчет режимов резания табличным методом	39
2.7 Нормирование технологических операций	40
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	46
3.1 Проектирование зажимного приспособления на фрезерную операцию	46
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования.....	46
3.1.2 Проектирование схемы зажимного приспособления	46
3.1.3 Определение типа и размеров установочных элементов.....	47
3.1.4 Определение окружной силы резания	49
3.1.5 Определение сил закрепления и сил зажатия	50
3.1.6 Определение погрешности приспособления и расчет на точность	52
3.1.7 Порядок сборки	54
3.1.8 Установка приспособления на столе станка и его наладка	54
3.1.9 Последовательность действий при эксплуатации	55
3.2 Проектирование концевой фрезы.....	55
3.2.1 Расчет режущего инструмента	56
3.3 Проектирование контрольного приспособления	57

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

3.3.1 Расчет измерительного инструмента	58
4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА	62
4.1. Исходные данные	62
4.2. Разработка участка механической обработки детали типа «Кольцо»	62
4.3. Описание мероприятий по охране труда	66
4.3.1 Законодательные нормативно правовые акты по охране труда.....	66
4.3.2 Допуск к самостоятельной работе.....	67
4.3.3 Опасные и вредные производственные факторы	69
4.3.4 Микроклимат и освещение производственных помещений.	71
4.3.5 Электробезопасность	72
4.3.6 Требования к оборудованию и его размещению	72
4.3.7 Требования безопасности к эксплуатируемому оборудованию и рабочему месту	73
4.3.8 Экологическая безопасность	74
4.3.9 Пожарная безопасность.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	78

ВВЕДЕНИЕ

Описание и анализ современных действующих производств, как отечественных, так и зарубежных

Устойчивость развития всех отраслей промышленности и экономики в целом в большой степени зависит от уровня развития машиностроения.

В структуре промышленного производства нашей страны удельный вес машиностроения составляет около 20%. Между тем, в экономически развитых странах на долю машиностроительных производств приходится от 30 до 50% и более общего объема выпуска промышленной продукции (в Германии – 53,6%, Японии – 51,5%, Англии – 39,6%, Италии – 36,4%, Китае – 35,2%). Пороговым с точки зрения экономической безопасности считается уровень машиностроения в ВВП – 30%. Прибыль, получаемая от машиностроительной отрасли, обеспечивает полное техническое перевооружение всей промышленности развитых стран мира каждые 8-10 лет.

К сожалению, следует отметить, что на сегодняшний день отечественное машиностроение сильно уступает по уровню развития большинству развитых и даже развивающихся стран. Ситуацию в отрасли не спасают успешные внедрения новых технологий и заимствование опыта зарубежных стран. Темпы инновационного развития недостаточны для конкурентной борьбы с европейскими, азиатскими и американскими машиностроительными компаниями. Современная макроэкономическая и политическая ситуация России также отрицательно влияет на машиностроительный сектор.

Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД) делит отрасль на три сегмента:

1. Производство машин и оборудования.
2. Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.
3. Производство транспортных средств и оборудования.

Подобная классификация используется Госкомстатом для ведения статистики отрасли.

Основным фактором, сдерживающим активность предприятий машиностроения, является недостаток собственных финансовых средств, а для большинства предприятий именно они выступают основными источниками финансирования инвестиций в основной капитал. В условиях дефицитного бюджета трудно надеяться на государственную помощь в этом вопросе. Однако хотелось бы отметить, что есть и другие пути повышения эффективности деятельности отечественных предприятий. Что особенно важно, их реализация не требует существенных финансовых вложений. Практически на любом производстве существуют значительные внутренние резервы повышения эффективности деятельности на основе снижения потерь материалов и сырья, потерь, возникающих из-за несовершенства процесса организации производства и пр. Это означает, что и в машиностроении в целом существуют такие резервы.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Нужно признать, что уже существуют широко известные зарубежные и отечественные системы и методики, направленные на снижение потерь на предприятии. Анализ лучших из них – Lean Production, JustInTime, 6 Sigma, 5 S – показал, что, несомненно, у них есть свои достоинства, позволяющие действительно значительно снизить многие потери на предприятиях. Тем не менее, остановимся на проблемах, которые часто затрудняют реальное внедрение этих методик на российских предприятиях. В обобщенном виде их можно представить следующим образом:

- требуется наличие безотказного механизма, обеспечивающего согласованность всех поставок во времени и в пространстве;
- поставляемые компоненты производства должны быть бездефектными, иначе вся система моментально разрушается;
- большая зависимость результата применения методик от квалификации руководства и персонала;
- слабо проработаны вопросы обучения и вовлечения персонала;
- упускаются такие возможности для улучшения производственного процесса, как сокращение непроизводительной деятельности;
- затрагиваются проблемы конкретных бизнес-процессов на предприятии.

На данный момент можно сказать, что на рынках машиностроительной продукции усиливается конкуренция, соперники из развитых и развивающихся стран теснят позиции России на мировых рынках. Новым полем конкуренции продукции российских предприятий и иностранных фирм стал внутренний рынок страны. Угрожающего уровня достиг проникновение на российский внутренний рынок готовой продукции машиностроения из ФРГ, Японии, Италии. Эти факты указывают на серьезные стратегические просчеты экономической политики российского правительства. Положение усугубляется тем, что для России характерна специализация на капиталоемких производствах, использующих низкоквалифицированную рабочую силу (например, производство грузовых автомобилей, самолетов, тракторов, двигателей), которые имеют невысокую конкурентоспособность на мировом рынке.

Жесткая конкуренция со стороны транснациональных компаний пагубно влияет на отечественный машиностроительный сектор, снижая привлекательность отрасли и прибыльность российского бизнеса в этой сфере.

Несмотря на конкуренцию со стороны зарубежных производителей, идет тенденция к инвестированию и модернизации, как производственных мощностей, так и всей системы управления отечественных компаний. В большей степени ситуация в данных отраслях машиностроения зависит прежде всего от стабильности экономики страны и мировой экономики в целом. И если, например, в отраслях автомобилестроения и бытовых приборов технологический разрыв между отечественными и иностранными товарами очень велик, зачастую данные направления используют зарубежные технологии, оборудование, детали, узлы, то продукция отраслей производящие технологическое оборудование по отраслям: строительное, сельскохозяйственное, станкостроение, оборудование легкой, пищевой промышленности, приборостроение и т.д. вполне конкурентоспособна на международных

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

рынках за счет своих собственных разработок. Например, гарантированное качество OEM-компонентов концерна "Тракторные заводы" позволило войти в число поставщиков на конвейеры мировых лидеров машиностроения - Fiat и Caterpillar.

Из современных механообрабатывающих производств, например, госкорпорация Росатом стремится освоить на своих площадках разработанную в послевоенной Японии производственную систему 5С, в которой выделяется 5 шагов:

- сортировка;
- соблюдение порядка;
- содержание в чистоте;
- стандартизация;
- совершенствование.

Внедрение данной системы требует серьезных финансовых вложений, но и обладает значительными достоинствами. 5С это снижение числа несчастных случаев, повышение уровня качества продукции, снижение количества дефектов, создание комфортного психологического климата и стимулирование желания работать, унификация и стандартизация рабочих мест, повышение производительности труда за счет сокращения времени поиска предметов в рамках рабочего пространства.

На данный момент вектор отечественного машиностроительного производства направлен на изучение и освоение уже разработанных и внедренных технологиях зарубежного производства.

Цель работы – разработать участок механической обработки детали «Кольцо».

Задачи работы:

- разработать технологический процесс механической обработки;
- разработать приспособление для фрезерной операции с ЧПУ;
- разработать фрезу концевую;
- разработать приспособление для контроля отверстий;
- выполнить планировку участка механической обработки детали «Кольцо»;
- определить мероприятия и оптимальные параметры по безопасной работе на данном участке;
- произвести ориентировочный расчет себестоимости.

Объект работы – участок механической обработки детали «Кольцо».

Предмет работы – процесс разработки участка механической обработки детали «Кольцо». Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении детали «Кольцо».

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание детали

Деталь «Кольцо» является взаимосвязанной, то есть составной частью сборочной единицы.

Деталь «Кольцо» соединяется с корпусом и ответными деталями, предназначенными для придания сборке необходимого веса и защиты внутреннего отсека от механического воздействия.

Деталь представляет собой тело вращения, состоящее из четырех сегментов с наибольшим диаметром 248^{-0,46} мм, наименьшим диаметром 211^{+0,29} мм, высотой 77^{-0,46} мм с 12-ю сквозными отверстиями диаметром 7^{+0,36} мм, расположенных по диаметру со смещенными углами расположения отверстий на каждом сегменте. И двенадцать цековками диаметром 22^{+0,52} мм, глубиной 11^{+0,43} мм, расположенных на осях отверстий диаметром 7^{+0,36} мм. Также на детали имеется 4-ре сквозных отверстия диаметром 7^{+0,36} мм. На осях этих отверстий находятся 4 квадратных паза с габаритами 18^{+0,36} мм, глубиной 13^{+0,43} мм. Углы пазов скруглены радиусом 5 мм. Малые сегменты имеют уклоны с двух торцов глубиной 25 мм и углом 45°.

На внутреннем диаметре 211^{+0,29} мм расположена фаска размером 6×45° мм, предназначенная для обеспечения сборки в дальнейшем. Под фаской будет располагаться сварной шов.

На рисунке 1 изображена объемная модель детали.

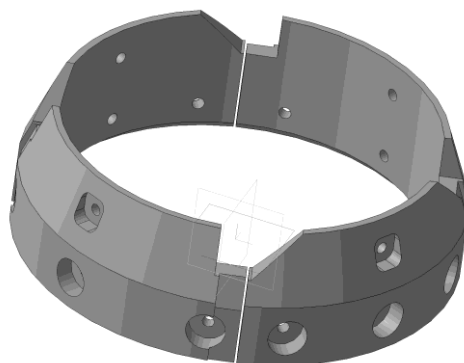


Рисунок 1 – Объемная модель детали

1.2 Служебное назначение детали

Детали типа «Кольцо» представляют собой как базовые детали, так и вспомогательные, соединительные детали. На кольцо можно устанавливать различные присоединяемые детали и сборочные единицы. Точность положения присоединяемых деталей должна обеспечиваться в статике, и в процессе работы машин под нагрузкой. Такие детали должны обладать необходимыми параметрами жесткости. Жесткость обеспечивает постоянство относительного положения деталей и узлов, правильность работы механизмов и отсутствие вибраций.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Исходя из служебного назначения детали «Кольцо» определяют необходимые параметры точности и требования к работе механизмов. Так же определяют требования к работе механизмов и условий их эксплуатации. При этом учитывают также технологические факторы, связанные с требуемой конфигурации заготовки, возможностями механической обработки, и удобства сборки. Сборка в большинстве случаев начинают с базовой корпусной детали, а кольцо может служить присоединительной частью.

Кольцо изготовлено из металлического сплава, основу которого составляет свинец С1 ГОСТ 3778-98

1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения

Деталь «Кольцо» должна изготавливаться с учетом минимальных трудовых и материальных затрат. Эти затраты можно сократить за счет выбора рационального варианта технологического процесса и правильной подготовки производства.

Чертеж содержит необходимые сведения о детали, т.е. все проекции, разрезы и сечения, которые достаточно четко и однозначно объясняют ее конфигурацию. На чертеже указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, также имеются все требуемые сведения о материале детали.

Основными базовыми поверхностями детали являются: $\varnothing 248_{-0,46}$, $\varnothing 211^{+0,29}$; отверстия $\varnothing 7^{+0,36}$ являются функциональными, остальные поверхности вспомогательные.

1.4 Задачи проектирования

Задачи проектирования:

- разработать технологический процесс механической обработки;
- разработать приспособление для фрезерной операции с ЧПУ;
- разработать концевую фрезу;
- разработать комплексный калибр;
- выполнить планировку участка механической обработки детали «Кольцо»;
- определить мероприятия и оптимальные параметры по безопасной работе на данном участке.

Выводы по части один

В части один приведено описание детали, описано служебное назначение детали и произведен анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения, так же были определены задачи проектирования.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ технологичности детали

Цель анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся на чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Конструкцию детали принято называть технологичной, если она позволяет в полной мере использовать для изготовления наиболее экономичный технологический процесс, обеспечивающий её качество при надлежащем количественном выпуске. Являясь одним из свойств конструкции, технологичность дает возможность снизить трудоемкость изготовления изделия и его себестоимость. Опыт машиностроения показывает, что путем повышения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение трудоемкости её изготовления от 15 до 25 % и снижения себестоимости от 5 до 6 %.

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени за счет правильного выбора варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоемкость изготовления детали оказывает влияние её конструкция и технические требования на изготовление.

Требования к технологичности конструкции детали и сферы проявления эффекта при их выполнении следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;
- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, её форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;
- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

При механической обработке детали следует учесть то, что материал детали пластичен, что влечет назначение соответствующих режимов обработки, применение соответствующей оснастки.

Произведем оценку технологичности.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали рассчитываем по формуле

$$K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_{э.}}, \quad (1)$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

где $Q_{у.э}$ – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов;
 $Q_э$ – общее число конструктивных элементов детали (общее количество размеров на чертеже), $Q_э = 30$.

$$K_{у.э} = \frac{21}{30} = 0,7.$$

Исходя из того, что механическую обработку выполняют на высокоточном оборудовании (станках с ЧПУ), используя при этом специальный режущий инструмент и специальные приспособления, обеспечивающие точное и надежное базирование и закрепление детали, а также выше приведенных данных, можно сделать вывод, что деталь технологична и её изготовление будет являться высокотехнологичным процессом.

Деталь типа «Кольцо» изготавливается из свинца С1.

На основании ГОСТ 3778-98 сведем химический состав свинца С1 в таблицу 1.

Таблица 1 – Химический состав свинца С1

Составляющий элемент	Массовая доля элемента, %
Свинец, Pb	99,985
Серебро, Ag	0,001
Медь, Cu	0,001
Цинк, Zn	0,001
Висмут, Bi	0,006
Мышьяк, As	0,0005
Олово, Sn	0,0005
Сурьма, Sb	0,001
Железо, Fe	0,001
Магний Mg, Кальций Ca, Натрий Na в сумме	0,002
Массовая доля примесей составила	0,015

Механические свойства данной стали представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали 12Х18Н10Т

Показатель	Значение
Плотность	1134 кг/м ³ .
Предел прочности, $\sigma_{ВР}$.	147 МПа
Предел текучести, $\sigma_{Т}$.	1,9 МПа
Относительное удлинение, σ	60-80%
Относительное сужение, ψ	50%
Твердость по Бринелю, НВ	179МПа

2.2 Выбор метода получения заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Форма и размеры заготовки должны быть приближены к форме и размерам готовой детали, что позволяет экономить металл, следовательно, уменьшаются материальные затраты. Выбор зависит от материала, его физико-механических свойств, формы и размеров детали, производственной программы и типа производства. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения припусков, повышения точности размеров, расположения поверхностей усложняется и дорожает оснастка заготовительного цеха, возрастает себестоимость заготовки, но при этом уменьшается себестоимость последующей обработки заготовки, увеличивается коэффициент использования материала. Поэтому выгоднее получить более точную заготовку.

Выбор заготовки связан с технико-экономическим расчетом, который производим по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия.

Сравним два варианта:

- заготовка, полученная методом отливки целой заготовки (в существующем техпроцессе);
- заготовка, полученная методом отливки сегмента заготовки.

2.2.1 Заготовка – отливка кольцо

Заготовка имеет следующие габаритные размеры:

- высота 110_{-12}^{+5} мм;
- внутренний диаметр кольца 200 ± 2 мм;
- наружный диаметр кольца 261 ± 2 мм.

За основу расчета промежуточных припусков принимаем диаметры $211 h11^{(+0,29)}$ и $248 h12(-0,46)$ мм.

Устанавливаем маршрутный техпроцесс обработки поверхности детали размером диаметр $211 h11^{(+0,29)}$ мм [3, с. 31].

Операция 030 токарная (чистовая) – 11 квалитет.

Припуски на обработку поверхностей назначаем по [3, с. 37] – при чистовом точении.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу.

Расчетный размер заготовки определяем по формуле

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = D_{\text{расч.}} - 2z_{\text{ном.}} \quad (3)$$

Подставляя данные в формулу (3), получаем:

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = 211 - 2 = 209 \text{ мм.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Операция 020 токарная (черновая) – 14 квалитет.

Припуски на обработку поверхностей назначаем по [3, с. 37] $z_{010}^{НОМ} = 4,5 \text{ мм}$ – при черновом точении.

Расчетный размер заготовки определяем по формуле

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = D_{\text{расч.}} - 2z_{\text{ном.}} \quad (4)$$

Подставляя данные в формулу (4), получаем:

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = 209 - 9 = 200 \text{ мм.}$$

Обработка поверхности детали диаметром $248 \text{ h}12_{(-0,46)} \text{ мм}$.

Операция 020 токарная (чистовая) – 12 квалитет

Припуски на обработку поверхностей назначаем по [3, с. 37] $2z_{010}^{НОМ} = 2 \text{ мм}$ – при чистовом точении.

Расчетный размер заготовки определяем по формуле (5)

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = D_{\text{расч.}} + 2z_{\text{ном.}} \quad (5)$$

Подставляя данные в формулу (5), получаем:

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = 248 + 2 = 250 \text{ мм.}$$

Операция 020 токарная (черновая) – 14 квалитет

Припуски на обработку поверхностей назначаем по [3, с. 38] $z_{010}^{НОМ} = 5 \text{ мм}$ – при черновом точении.

Расчетный размер заготовки определяем по формуле

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = D_{\text{расч.}} + 2z_{\text{ном.}} \quad (6)$$

Подставляя данные в формулу (6), получаем:

$$D_{\text{расч.}}^{\text{заг.}} = 250 + 10 = 260 \text{ мм.}$$

Общая длина заготовки определяем по формуле (7).

Припуски на обработку поверхностей назначаем по [3, с 50]:

Припуск на чистовую обработку составляет $z_{020}^{НОМ} = 6,5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + 2z_{\text{подр}}, \quad (7)$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

где $L_{\text{дет}}$ – номинальная длина детали по рабочему чертежу.

Подставляя данные в формулу (7), получаем:

$$L_{\text{заг}} = 77 + 6,5 = 83,5 \text{ мм.}$$

Общая длина заготовки определяем по формуле (8).

Припуск на черновую обработку составляет $2z_{010}^{\text{НОМ}} = 26,5 \text{ мм.}$

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + 2z_{\text{подр}}, \quad (8)$$

где $L_{\text{дет}}$ – номинальная длина детали по рабочему чертежу.

Подставляя данные в формулу (8), получаем:

$$L_{\text{заг}} = 83,5 + 26,5 = 110 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения на длину заготовки устанавливаем по [3, с. 53].

$$L_{\text{заг}} = 110_{-12}^{+5} \text{ мм.}$$

Объем заготовки определяем, по плюсовым допускам, по формуле (9)

$$V_{\text{заг}} = \Pi \cdot R^2 \cdot L_{\text{заг}} - \Pi \cdot r^2 \cdot L_{\text{заг}}, \quad (9)$$

где $L_{\text{заг}}$ – высота заготовки с плюсовым допуском, мм;

R – наружный диаметр заготовки с плюсовым допуском, мм;

r – внутренний диаметр заготовки с минусовым допуском, мм;

Подставляя данные в формулу (9) получаем:

$$V_{\text{заг}} = \left(\frac{3,14 \cdot 26,2^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 19,8^2}{4} \right) \cdot 11,5 = 2521,1 \text{ см}^3.$$

Принимаем объем $V = 2521,1 \text{ см}^3$.

Массу заготовки определяем по формуле

$$G_{\text{заг}} = \rho \cdot V_{\text{заг}}, \quad (10)$$

где ρ – плотность свинца, $\rho = 1134 \text{ кг/м}^3$;

$V_{\text{заг}}$ – объем заготовки,

Подставляя данные в формулу (10), получаем:

$$G_{\text{заг}} = 0,01134 \cdot 2521,1 = 28,6 \text{ кг.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Принимаем вес заготовки 28,6 кг.
 Коэффициент использования материала определяем по формуле

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{G_{\text{д.}}}{G_{\text{з.п.}}} \quad (11)$$

Подставляя численные значения в формулу (11), получаем:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{7,86}{28,6} = 0,26.$$

2.2.2 Заготовка – отливка сегментами

Для получения детали по данному технологическому процессу изменяем форму заготовки, так как в конечном варианте деталь состоит из сегментов то и заготовки будут отлиты по форме сегментов по 13 классу точности [3, с. 42]. Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу.

Общий объем и масса заготовки 1:

– $V_0 = 571.3981 \text{ см}^3$;

– $G_{\text{заг.}} = 6,09 \text{ кг}$.

На рисунке 4 изображен эскиз заготовки 1.

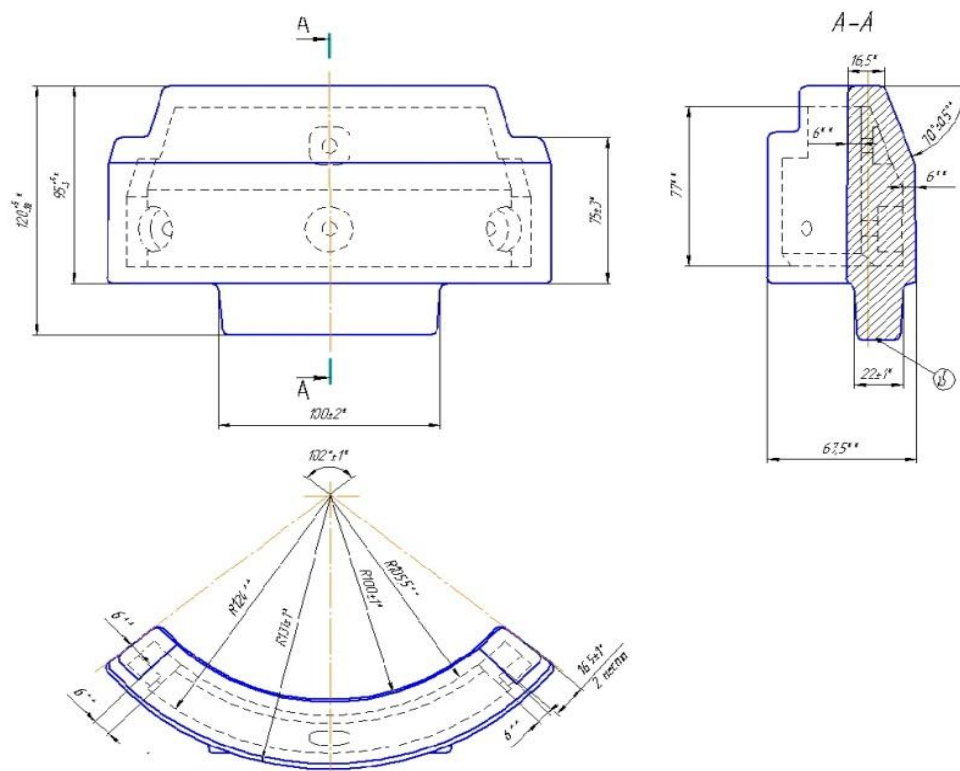


Рисунок 4 – Эскиз заготовки 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ

Лист

17

Общий объем и масса заготовки 2:

– $V_0 = 517,17027 \text{ см}^3$;

– $G_{\text{заг2.}} = 5,349 \text{ кг.}$

На рисунке 5 изображен эскиз заготовки 2.

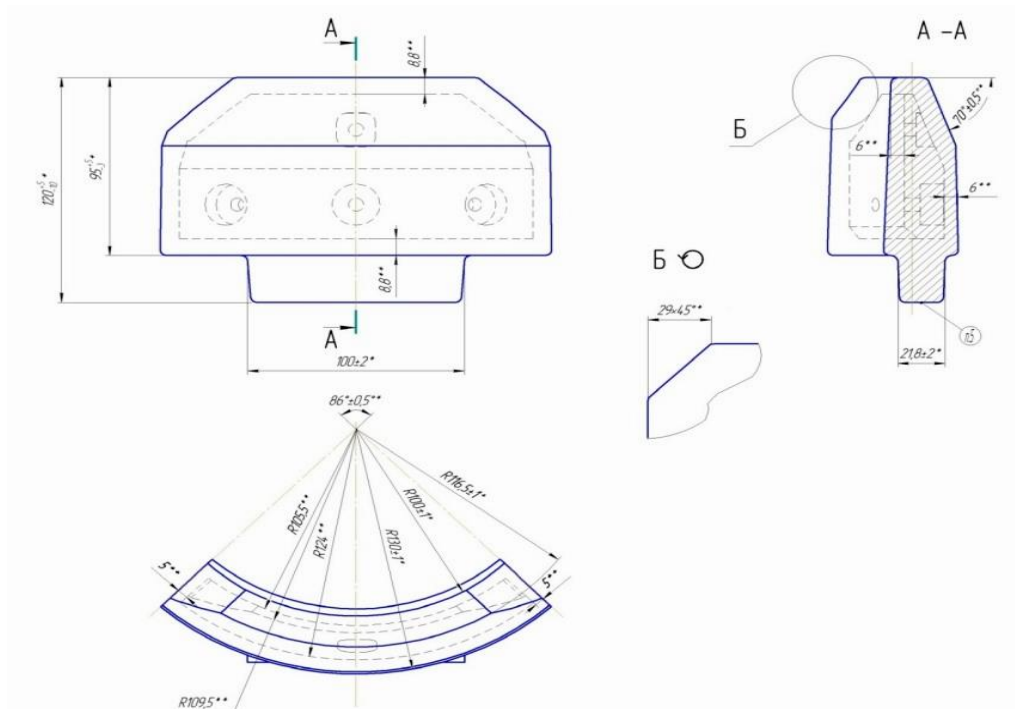


Рисунок 5 – Эскиз заготовки 2

Общий вес заготовки находим по формуле

$$G_{\text{заг}} = (G_{\text{заг1}} + G_{\text{заг2}}) \cdot 2 \quad (12)$$

Подставив данные в формулу (12), получим вес заготовки.

$$G_{\text{заг}} = (6,1 + 5,35) \cdot 2 = 22,9 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала определяем по формуле

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{G_{\text{д.}}}{G_{\text{з.п.}}} \quad (13)$$

Подставляя численные значения в формулу (13), получаем:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{7,86}{22,9} = 0,34.$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Стоимость литой заготовки определяем по формуле (14)

$$C_{зл} = C_M \cdot G_{з.л.} - (G_{з.л.} - G_d) \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (14)$$

где C_M – цена за 1 кг отливки свинца, $C_M = 150$ руб.;

$C_{отх}$ – цена 1 тонны отходов свинца, $C_{отх} = 50$ руб.

Подставляя численные значения в формулу (14), получаем:

$$C_{зл} = 150 \cdot 22,9 - (22,9 - 7,86) \frac{50000}{1000} = 2\,683 \text{ руб.}$$

Годовая экономия материала при выборе первого варианта изготовления заготовки определяем по формуле (15)

$$\mathcal{E}_M = (G'_{эл} - G''_{эл})N, \quad (15)$$

где $G'_{эл}$ – расход материала на деталь при первом методе получения заготовки;

$G''_{эл}$ – расход материала на деталь при втором методе получения заготовки;

N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Подставляя численные значения в формулу (15), получаем:

$$\mathcal{E}_M = (28,6 - 22,9) \cdot 7000 = 39\,900 \text{ кг.}$$

Экономический эффект при выборе первого метода изготовления заготовки определим по формуле

$$\mathcal{E} = (C'_{зп} - C''_{зп})N, \quad (16)$$

где $C'_{зп}$ – себестоимость детали при первом методе получения заготовки;

$C''_{зп}$ – себестоимость детали при втором методе получения заготовки;

N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Подставляя численные значения в формулу (16), получаем:

$$\mathcal{E} = (3253 - 2683) \cdot 7000 = 3\,990\,000 \text{ руб.}$$

Технико-экономический расчет показывает, что заготовка, полученная сегментным литьем, более экономична по использованию материала и по себестоимости годовая разница себестоимостей этих заготовок составляет 3990000 руб. Следует учитывать также экономию времени и средств при обработке сегментной заготовки, за счет более экономичных методов обработки. Следовательно, окончательно выбираем заготовку отливка сегментная.

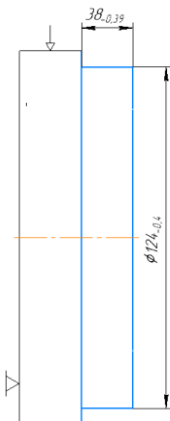
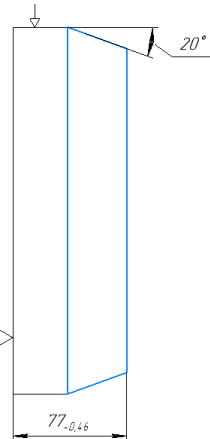
					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

2.3 Анализ действующего технологического процесса

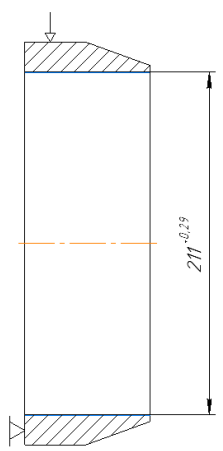
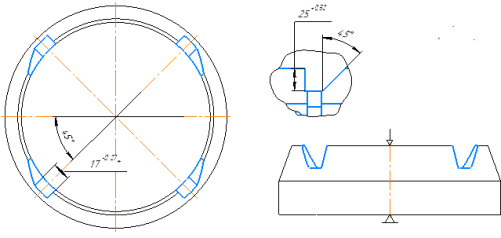
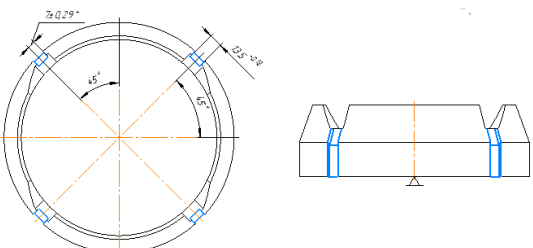
2.3.1 Анализ документации действующего технологического процесса

Базовый технологический процесс представлен в таблице 3

Таблица 3 – Базовый технологический процесс

Номер операции	Операционный эскиз	Наименование операции
010		Контрольная
020		Токарная 16к20
030		Токарная 16к20

Продолжение таблицы 3

Номер операции	Операционный эскиз	Наименование операции
040		Токарная 16к20
050		Слесарная
060		Моечная
070		Фрезерная FUW-250/IV
080		Фрезерная FUW-250/IV
090		Контрольная

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ

Лист

21

Продолжение таблицы 3

Номер операции	Операционный эскиз	Наименование операции
100		Фрезерная FUW-250/IV
105		Контрольная
115		Фрезерная FUW-250/IV
120		Слесарная
130		Моечная
145		Взвешивание
150		Контрольная
160		Упаковочная

Проанализировав технологию, мы видим, что есть возможность совместить операции, при использовании фрезерного станка Hermle C30U. Использование современного оборудования позволит значительно сократить время на механическую обработку изделия.

2.3.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

В процессе механической обработки деталей почти всегда требуется их неподвижная фиксация в определенном положении.

Для этих целей используют тиски, которые, к тому же, позволяют освободить обе руки, избавиться от необходимости прикладывать физическое усилие для удержания заготовок.

Различные виды этого инструмента применяются на производственных участках, в домашних мастерских, для обработки материалов вручную или с использованием станочного оборудования различной сложности.

В базовом технологическом процессе в качестве зажимного приспособления используются станочные неповоротные тиски, показанные на рисунке 6, трехкулачковый патрон, показанный на рисунке 7.



Рисунок 6 – Станочные тиски



Рисунок 7 – Трехкулачковый патрон

В качестве режущего инструмента в исходном технологическом процессе были использованы фрезы, сверла согласно ГОСТ 17024-82, ГОСТ 10902-77. Стойкость инструмента не превышала 60 минут. Концевые фрезы имеют очень широкое техническое применение. Применяются для обработки глубоких пазов, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей, для осуществления контурной обработки наружных и внутренних поверхностей сложного профиля. На рисунке 8 концевая фреза.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23



Рисунок 8 – Концевая фреза

Сверла являются режущим инструментом, состоящим из рабочей части и хвостовика (рис. 7). Их изготавливают диаметром от 0,1 до 80 мм и используют для образования пластинами из твердого сплава. На рисунке 9 показаны сверла.



Рисунок 9 – Сверло

Для проверки плоскостности и прямолинейности применяются плиты и линейки. Поверочные плиты служат для проверки плоскостности шаброванных поверхностей по методу пятен на краску. Они применяются также в качестве вспомогательных приспособлений при различного рода контрольных работах. При контроле отклонения от плоскостности и параллельности деталь кладут на лекальную плиту и часовым индикатором контролируют отклонение, перемещая деталь по плоскости плиты. На рисунке 10 показан часовой индикатор и пример контроля отклонения.

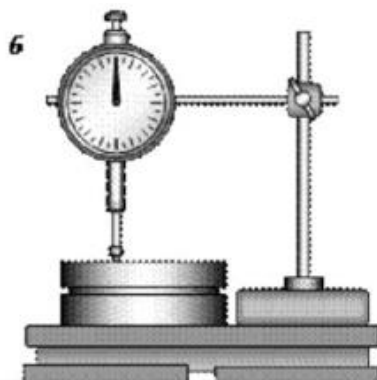


Рисунок 10 – Пример контроля отклонения от плоскостности и параллельности

Для контроля позиционных допусков используются специальные шаблоны с базирование по поверхностям, от которых задан размер.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Для контроля отверстий используются гладкие пробки на проход и НЕпроход, резьбовые отверстия контролируются соответственно резьбовыми калибрами аналогично, на проход и НЕпроход. На рисунке 11 показан пример контроля пробками. Аналогичное измерение происходит и с резьбовыми пробками.

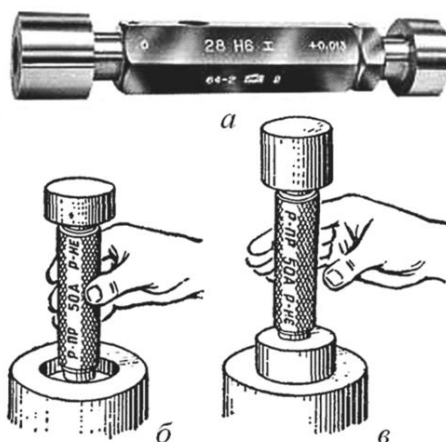


Рисунок 11 – Пример контроля пробками: а) калибр пробка, б) контроль на проход пробки в отверстие, в) контроль НЕпроход пробки в отверстие.

2.3.3 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного технологического процесса

Использование оборудования, оснастки и режущего инструмента из базовой технологии не целесообразно. На данный момент есть возможность разработать технологический процесс используя более точное и качественное оборудование, режущий инструмент, обладающий большей износостойкостью, специальные зажимные приспособления для уменьшения времени наладки. Так же есть возможность разработать специальное контрольное приспособление, для контроля отверстий, тем самым сократив время на контрольную операцию.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

2.4 Формирование операций и технологического маршрута обработки

Составим маршрутный технологический процесс изготовления детали «Кольцо» и сведем его в таблицу 3 с указанием необходимого оборудования, и сведем в таблицу 4.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Таблица 4 – Маршрутный технологический процесс проектируемого варианта

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
010	Штамповочная	
015	Контрольная	Верстак
020	Фрезерная ЧПУ	Hermle C30U
030	Слесарная	Верстак
040	Моечная	
050	Фрезерная ЧПУ	Hermle C30U
060	Слесарная	Верстак
070	Моечная	
080	Контрольная	Стол контролера
090	Лакокрасочная	
100	Взвешивание	
110	Контрольная	Стол контролера
120	Упаковочная	Верстак

2.5 Размерный анализ разработанного технологического процесса

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок надо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Припуском называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовок в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Припуски могут быть операционными и промежуточными.

Операционный припуск – это припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода, называется промежуточным.

Общий припуск определяется разностью размеров исходной заготовки и детали. Установление оптимальных припусков играет важную роль при разработке технологических процессов изготовления деталей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к непроизводительным потерям материала, превращенного в стружку, к увеличению трудоемкости механической обработки, к увеличению расхода режущего инструмента и электроэнергии, к увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе. При этом затрудняется построение операций на настроенных станках, уменьшается точность обработки в связи с увеличением упругих отжатий в технологической системе и усложняется применение приспособлений. Назначение недостаточно больших припусков не обеспечивает удаление дефектных слоев материала и достижение требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, затрудняет разметку и выверку

положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака.

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности увеличивает себестоимость изготовления детали на этой технологической операции.

2.5.1 Аналитический метод определения припусков

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки. Припуски на обработку определяют таким образом, чтобы на выполняемом технологическом переходе были устранены погрешности детали, которые остались на предшествующем переходе.

Минимальный промежуточный припуск на выполняемом переходе (для диаметральных размеров) определяем по формуле

$$2z_i^{\min} = 2 \cdot [(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta\varepsilon_{i-1}^2 + \Delta y_i^2}], \quad (17)$$

где Rz_{i-1} – высота микронеровностей поверхности, получаемая на предшествующем переходе, мкм;

h_{i-1} – глубина дефектного слоя от предшествующего перехода, мкм;

$\Delta\varepsilon_{i-1}$ – суммарные погрешности отклонения расположения поверхностей от номинального на предшествующем переходе, мкм;

Δy – погрешность базирования и установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Максимальный промежуточный припуск на выполняемом переходе (для диаметральных размеров) определяем по формуле

$$2z_i^{\max} = 2z_i^{\min} + T_{i-1} + T_i, \quad (18)$$

где T_{i-1} – допуск на предшествующем переходе;

T_i – допуск на выполняемом переходе.

Минимальные (максимальные) промежуточные размеры определяем методом прибавления (для валов) или вычитания (для отверстий) минимальных (максимальных) значений промежуточных припусков по формулам (19-22)

$$D_{i-1}^{\max} = D_i^{\text{НОМ}} - 2z_i^{\min}. \quad (19)$$

$$D_{i-1}^{\min} = D_{i-1}^{\max} - T_{i-1}. \quad (20)$$

$$d_{i-1}^{\min} = d_i^{\text{НОМ}} + 2z_i^{\min}. \quad (21)$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$d_{i-1}^{\max} = d_{i-1}^{\min} + T_{i-1}. \quad (22)$$

Расчетные размеры определяем по формулам (23) и (24)

$$D_i = D_i^{\max} - ES, \quad (23)$$

$$d_i = d_i^{\min} + ei, \quad (24)$$

где ei – нижнее отклонение, мм;

ES – верхнее отклонение, мм.

Определяем аналитическим методом припуска, допуска и операционные размеры на размер диаметр $248h12_{(-0,46)}$.

Исходная заготовка – отливка.

Устанавливаем предварительный маршрутный техпроцесс обработки элемента детали размером диаметр $248h12_{(-0,46)}$:

- 010 Заготовительная;
- 020 Фрезерная ЧПУ (черновая) – 15 квалитет;
- 020 Фрезерная ЧПУ (чистовая) – 14 квалитет;
- 050 Фрезерная ЧПУ (чистовая) – 12 квалитет.

Сведем в таблицу 5 полученные расчетные данные.

Таблица 5 – Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров на р-р диаметр 248 h12_(-0,46)

Операция	Точность	Допуск на размер, мм	Элемент припуска, мкм				Промежуточный размер, мм		Промежуточный припуск, мм		Операционный размер, мм
			Rz	h	$\Delta\varepsilon$	Δy	d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	
010	–	4	320	500	–	–	257,1	259,2	–	–	$\varnothing 260 \pm 2$
020	15	2,1	320	500	650	650	251,1	252,3	4,78	10,88	$\varnothing 259,22_{-2,1}$
020	14	1,15	80	250	520	250	248,4	248,9	2,21	5,5	$\varnothing 252,34_{-1,15}$
050	12	0,46	40	50	150	–	–	–	0,48	2,09	$\varnothing 248,94_{-0,46}$

Определяем операционные припуски.

050 Фрезерная ЧПУ (чистовая) – 12 квалитет.

Минимальный припуск на обработку, определяется по формуле (19)

$$2z_{020}^{\min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{150^2 + 0^2}) = 480 \text{ мкм} = 0,48 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку, определяется по формуле (20)

$$2z_{020}^{\max} = 0,48 + 1,15 + 0,46 = 2,09 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (23) и (24)

$$d_{0150}^{\min} = 248 + 0,48 = 248,48 \text{ мм.}$$

$$d_{015}^{\max} = 248,48 + 0,46 = 248,94 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 050: $d_{015} = 248,94_{-0,46}$.
 020 Фрезерная ЧПУ (чистовая) второй переход – 14 квалитет;
 Минимальный припуск на обработку определяем по формуле (19)

$$2z_{015}^{\min} = 2 \cdot (80 + 450 + \sqrt{520^2 + 250^2}) = 2214 \text{ мкм} = 2,214 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку ищем по формуле (20)

$$2z_{015}^{\max} = 2,25 + 2,1 + 1,15 = 5,5 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (23) и (24).

$$d_{010}^{\min} = 248,94 + 2,25 = 251,19 \text{ мм.}$$

$$d_{010}^{\max} = 251,19 + 1,15 = 252,34 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 020: $d_{010} = 252,34_{-1,15}$.
 020 Фрезерная ЧПУ (черновая) первый переход – 15 квалитет.
 Минимальный припуск на обработку ищем по формуле (19)

$$2z_{010}^{\min} = 2 \cdot (320 + 500 + \sqrt{650^2 + 650^2}) = 3478 \text{ мкм} = 3,478 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку ищем по формуле (20)

$$2z_{010}^{\max} = 3,48 + 4 = 7,48 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (23) и (24)

$$d_{005}^{\min} = 252,34 + 3,48 = 255,82 \text{ мм.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$d_{005}^{\max} = 255,82 + 4 = 259,82 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 020: $d_{005} = 259,82 \pm 2$.

Для удобства выполнения форм округляем значение в большую сторону $d_{005} = 260 \pm 2$.

Определяем аналитическим методом припуска, допуска и операционные размеры на размер диаметр $211H11^{(+0.029)}$.

Устанавливаем предварительный маршрутный техпроцесс обработки элемента детали размером диаметр $211H11^{(+0.029)}$:

- 010 Заготовительная.
- 020 Фрезерная ЧПУ (черновая) – 15 квалитет.
- 020 Фрезерная ЧПУ (чистовая) – 14 квалитет.
- 050 Фрезерная ЧПУ (чистовая) – 12 квалитет.

Сведем в таблицу 6 полученные расчетные данные.

Таблица 6 – Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров на р-р диаметр $211H11^{(+0.29)}$

Операция	Точность	Допуск на размер, мм	Элемент припуска, мкм				Промежуточные размеры, мм		Промежуточный припуск, мм		Операционный размер, мм
			Rz	h	$\Delta \epsilon$	Δy	D_{\min}	D_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	
010	–	4	320	650	-	–	202,11	200	–	–	$\varnothing 200 \pm 2$
020	15	2,1	320	450	850	650	208,16	206,87	4,78	10,88	$\varnothing 206,67_{-2,1}$
020	14	1,15	80	450	520	250	210,23	210,52	2,214	5,5	$\varnothing 210,23^{+1,15}$
050	12	0,46	40	50	150	–	–	–	0,48	2,09	$\varnothing 211^{+0,29}$

Определяем операционные припуски.

Операция 050. Фрезерная ЧПУ (чистовая).

Минимальный припуск на чистовую обработку ищем по формуле (19)

$$2z_{020}^{\min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{150^2 + 0^2}) = 480 \text{ мкм} = 0,48 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на чистовую обработку ищем по формуле (20)

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$2z_{020}^{\max} = 0,48 + 1,15 + 0,46 = 2,09 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (21) и (23)

$$D_{015}^{\max} = 211 - 0,48 = 210,52 \text{ мм.}$$

$$D_{015}^{\min} = 210,52 - 0,29 = 210,23 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 050: $D_{015} = 210,23^{+0,29}$.

Операция 020. Фрезерная ЧПУ (чистовая).

Минимальный припуск на черновую обработку ищем по формуле (19)

$$2z_{015}^{\min} = 2 \cdot (80 + 450 + \sqrt{520^2 + 250^2}) = 2214 \text{ мкм} = 2,214 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку ищем по формуле (20)

$$2z_{015}^{\max} = 2,25 + 2,1 + 1,15 = 5,5 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (23) и (24)

$$D_{010}^{\max} = 210,23 - 2,214 = 208,016 \text{ мм.}$$

$$D_{010}^{\min} = 208,016 - 1,15 = 206,87 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 020: $D_{010} = 206,87^{+1,15}$.

Операция 020. Фрезерная ЧПУ (черновая).

Минимальный припуск на черновую обработку ищем по формуле (19)

$$2z_{010}^{\min} = 2 \cdot (320 + 1000 + \sqrt{850^2 + 650^2}) = 4780 \text{ мкм} = 4,78 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку ищем по формуле (20)

$$2z_{010}^{\max} = 4,78 + 4 = 8,78 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные размеры по формулам (21) и (22).

$$D_{010}^{\max} = 206,866 - 4,78 = 202,106 \text{ мм.}$$

$$D_{010}^{\min} = 202,106 - 2,1 = 200 \text{ мм.}$$

Операционный размер на операции 020: $D_{010} = 200 \pm 2$.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.5.2 Табличный метод определения припусков

При табличном методе определения промежуточных припусков на обработку поверхностей пользуются таблицами соответствующих стандартов, нормативными материалами и данными технических справочников.

Табличный метод определения промежуточных припусков сравнительно прост, однако практическое применение его вызывает некоторое затруднение, которое объясняется тем, что таблицы находятся в разных справочниках изданиях, стандартах отраслей и предприятий, различных по содержанию и по системе их построения.

Промежуточные припуски и допуски для каждой операции определяют, начиная от финишной операции к начальной, т.е. в направлении, обратном ходу технологического процесса обработки заготовки. Сведем в таблицу 7 полученные данные.

Таблица 7 – Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров табличным методом

Технологическая операция	Наим. значения припуска $2z_{\min}$, мм	Расчетный размер, мм	Допуск мм (кавалитет)	Промежуточный размер, мм		Наиб. значения припуска $2z_{\max}$, мм
				наиб.	наим.	
Внутренний размер диаметр 7Н13 ^(+0.36)						
Сверление	-	7	0,36 (13)	7,36	7	-
Внутренний размер диаметр 22Н14 ^(+0.52)						
Фрезерование черновое	14,12	22	0,52 (14)	22	21,48	14,48
Фрезерование чистовое	0,52	22,52	0,52(14)	22,52	20	2

2.5.3 Расчет припусков для линейных размеров

Размерный анализ технологического процесса изготовления деталей машин, называют специальные способы выявления и фиксации связей размерных параметров детали при ее изготовлении, а также методы расчета этих параметров путем решения размерных цепей.

Размерный анализ позволяет уточнить намеченный вариант технологического процесса и решить следующие задачи:

установить потребные размеры заготовки с минимально необходимыми припусками, что обеспечивает сокращение расхода материала;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

спроектировать технологический процесс с минимально необходимым количеством операций и переходов, что снижает трудоемкость изготовления изделий;
спроектировать технологический процесс, гарантирующий изготовление качественных деталей и отсутствие брака при их производстве.

ГОСТ 16319-70, определяет размерные цепи как совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующий в решении поставленной задачи.

ГОСТ 16320-70 устанавливает методы решения прямой и обратной задачи. Прямая задача – определение размеров и предельных отклонений всех составляющих звеньев размерной цепи по известному размеру и отклонением замыкающего звена.

Обратная задача – определение размеров и отклонений замыкающего звена по известным размерам и отклонениям составляющих звеньев.

Обычно обработка заготовки производится в несколько операций, и поэтому на каждой из них предусматривается промежуточный операционный припуск.

В большинстве случаев технологические операции имеют целью не удаление припуска, а обеспечение размеров поверхностей, и их формы и взаимного расположения. При проектировании же технологических процессов вначале определяется минимально необходимый припуск, а затем операционные размеры.

В соответствии с требованиями чертежа, определяем технологический маршрут изготовления детали, т.е. набор и последовательность технологических операций обработки деталей.

Затем по размерам каждой из поверхностей готовой детали определяем размеры на последних операциях и после выбора необходимой величины минимального припуска, определяем размеры, которые следует задать на предшествующих операциях. Таким образом, определяем размеры на всех операциях и размеры заготовки с минимально необходимыми припусками.

Для выполнения этих работ необходимо правильно выбрать величину припуска – в том случае могут либо оставаться необработанные участки на поверхности детали, либо припуски окажутся слишком большими, а это удорожает процесс и ведет к перерасходу металла.

Проверка возможности изготовления детали с заданной точностью.

При проектировании технологического процесса очень часто проставленный в чертеже размер и технические требования непосредственно не выполняются. В размерной схеме это звено всегда является замыкающимся звеном. Так как замыкающее звено и его точность определяется точностью изготовления составляющих звеньев, то необходимо проверить по точности выполнения составляющих звеньев, обеспечены ли предписанные чертежом и технические требования.

Проверка ведется следующим образом. Суммируются все операционные допуски $T_{\text{аоп} \cdot i}$ размеров, входящих в контур и сравниваются с чертежным допуском.

Если условие $T_{\text{черт}} \geq \sum T_{\text{аоп} \cdot i}$ соблюдено, то считаем, что предлагаемый вариант технологического процесса может быть принят, так как он полностью обеспечивает изготовление деталей в соответствии с требованиями чертежа.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Если же указанные условия не выдерживаются, то ведем корректировку технологического процесса по следующим направлениям:

- уменьшение колебаний составляющих звеньев;
- введение дополнительных операций, обеспечивающих большую точность выполнения размеров;
- введением операций, превращающих замыкающее звено в составляющее.

После корректировки вновь проверяем выполнение условий на чертеже, и если они соблюдены, то технологический процесс принимается за рабочий.

2.6 Расчет режимов резания

При выборе и расчете режимов обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режимов резания находятся в функциональной взаимной зависимости, установленной эмпирическими формулами. Расчет режимов резания по эмпирическим формулам является аналитическим методом расчета режимов резания.

При определении режимов резания табличным методом используют нормативные таблицы в зависимости от выбранного типа производства и установленного вида обработки заготовки. Табличный метод дает возможность ускорить разработку технологических процессов и сократить сроки подготовки к запуску изготовления данного изделия.

Параметры режимов резания выбирают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции.

Эти условия удается выполнять при работе инструментом выгодной геометрии, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка.

Режимы резания рассчитаны на применение инструмента с оптимальными значениями геометрических параметров режущей части.

2.6.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

Для фрезерной обработки скорость резания находим по формуле (25) [14,с.406].

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^U \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (25)$$

где S – подача, мм/об ($S_z = S/z$ мм/зуб);

T – период стойкости фрезы, мин;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

t – глубина фрезерования, мм;
 C_v – постоянная скорости;
 q, m, x, y, p, u – показатели степени.

Значение коэффициента C_v , показателей степени ($m, x_v, u_v, q_v, y_v, p_v$) и период стойкости T инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки [14].

Для получения действительного значения скорости резания ($V_{рез}$) с учетом конкретных значений t, S, T вводится поправочный коэффициент K_v , который равен произведению ряда коэффициентов и который определяется по формуле (26)

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{NV}, \quad (26)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
 K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;
 K_{NV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки.

Значения коэффициентов определяются по таблицам для каждого вида обработки.

Частота вращения шпинделя n находим по формуле (27)

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (27)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Отсюда можно определить скорость резания по формуле (28)

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (28)$$

Сила резания (P_z) [14, с.406]. Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую P_z , определяющую расходуемую на резание мощность N и крутящий момент $M_{кр}$ на шпинделе станка.

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (29)$$

где B – ширина фрезерования;
 z – число зубьев фрезы;
 t – глубина фрезерования;
 n – число оборотов фрезы в минуту, об/мин;
 C_p – постоянная скорости;
 q, x, y, u, w – показатели степени;

K_{mp} – общий поправочный коэффициент на силу резания.

Постоянная C_p для данных (расчетных) условий резания и показатели степени (x, y, n, q, u, w) для каждой из составляющих силы резания приведены в таблицах [14].

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\text{дв}}}{1020 \cdot 60} \quad (30)$$

При сверлении глубина резания определяется по формуле

$$t = 0.5D \quad (31)$$

где D – диаметр сверла, мм;

t – глубина резания по формуле.

Скорость резания при сверлении определяется по формуле (32)

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (32)$$

где T – стойкость сверла, мин;

S – подача мм/об;

C_v, m, q, y, K_v – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Крутящий момент при сверлении находится по формуле (33)

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m, \quad (33)$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент при сверлении;

C_m, q, y, K_m – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Осевая сила резания при сверлении определяется по формуле (34)

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (34)$$

где P_o – окружная сила резания;

C_p, q, y, K_p – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Мощность резания при сверлении рассчитывается по следующей формуле

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$N_c = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (35)$$

где N_c – мощность резания при сверлении.

Рассчитаем аналитическим методом режимы резания для фрезерной операции 020.

Станок – HERMLE C30U. Мощность электродвигателя 32 кВт.

Режущий инструмент – фреза диаметр 20 (число зубьев $z = 4$, для черновой и чистовой обработки).

Обработка: поверхность (1), ширина фрезерования 42 мм, глубина 6 мм.

Чистовая обработка.

Обработка: поверхность (1), ширина фрезерования 11 мм, глубина 1мм.

Подачу выбираем по таблице 77 [14, с.404].

Для обработки на последнем проходе принимаем: $t = 2,5$ мм; $B = 11$ мм; $T=120$ мин; $S = 0,15$ мм/об ($S_z = 0,08$ мм/зуб).

По таблицам назначаем коэффициенты для формулы (26):

- $K_{MV} = 1$;
- $K_{IV} = 0,8$
- $K_{NV} = 0,9$.

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,72.$$

Назначаем остальные коэффициенты [14, с.407] для формулы (30):

- $C_v = 234$;
- $q = 0,44$;
- $x = 0,24$;
- $y = 0,26$;
- $u = 0,1$;
- $p = 0,13$;
- $m = 0,37$.

Подставляя данные в формулу (32), получаем скорость резания:

$$V_{рез} = \frac{234 \cdot 248^{0,44}}{120^{0,37} \cdot 2,5^{0,24} \cdot 0,08^{0,26} \cdot 11^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 0,72 = 430,7 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (27):

$$n = \frac{1000 \cdot 430,7}{3,14 \cdot 11} = 12484 \text{ об/мин.}$$

Так как станок HERMLE C30U обладает бесступенчатым регулированием, то в корректировке подачи по паспорту станка нет необходимости.

Назначаем остальные коэффициенты [14, с.412] для формулы (29):

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$C_\delta = 12,5$; $q = 0,73$; $x = 0,85$; $y = 0,72$; $u = 1$; $w = 0$.

Подставляя данные в формулу (29), получаем силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2,5^{0,85} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 11^1 \cdot 4}{11^{0,73} \cdot 12484^0} \cdot 1,07 = 325,1 \text{ Н.}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (30).

$$N = \frac{325,1 \cdot 430}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Фрезерная операция 020.

Станок – HERMLE C30U. Мощность электродвигателя 32 кВт.

Режущий инструмент – сверло диаметр 7,1.

Обрабатываемая поверхность (8), глубина сверления 18 мм (отверстие сквозное). Подачу выбираем по таблице 35 [14, с.381].

Для обработки принимаем: $t = 3,55$ мм; $T = 100$ мин; $S = 0,13$ мм/об.

По таблицам назначаем коэффициенты для формулы (26):

– $K_{MV} = 12$;

– $K_{IV} = 1$;

– $K_{LV} = 1,0$.

Подставляя в формулу (26), получаем.

$$K_v = 12 \cdot 1 \cdot 1 = 12.$$

Назначаем остальные коэффициенты [14, с.383] для формулы (32).

– $C_v = 28,1$;

– $q = 0,25$;

– $y = 0,55$;

– $m = 0,125$.

Подставляя данные в формулу (32), получаем скорость резания.

$$V = \frac{28,1 \cdot 7,1^{0,25}}{100^{0,125} \cdot 0,13^{0,55}} \cdot 12 = 1079 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (27):

$$n = \frac{1000 \cdot 1079}{3,14 \cdot 7,1} = 4839 \text{ об/мин.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Так как станок HERMLE C30U обладает бесступенчатым регулированием, то в корректировке подачи по паспорту станка нет необходимости.

Назначаем остальные коэффициенты табл.42 [14, с.385] для формулы (33):

– $C_M = 0,012$;

– $q = 2,0$;

– $x=0$;

– $y = 0,8$.

Подставляя данные в формулу (33), получаем крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 7.1^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,45 = 0,532 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания подсчитаем по формуле (30)

$$N = \frac{0,325 \cdot 1079}{9750} = 0,2 \text{ кВт}.$$

Сведем в таблицу 8 полученные расчетные данные.

Таблица 8 – Режимы резания, рассчитанные аналитическим методом

Номер перехода	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , об/мин	Стойкость инструмента T , мин
Операция 020					
7	3,55	0,13	1079	12484	120
10	2,5	0,08 мм/зуб	430,7	6243	900

2.6.2 Расчет режимов резания табличным методом

Рассчитаем табличным методом режимы резания для фрезерных операций ЧПУ 020 и 050 и сведем в таблицу 8.

При определении режимов резания табличным методом используем нормативные таблицы в зависимости от выбранного типа производства и установленного вида обработки заготовки. При определении режимов резания табличным методом используем общемашиностроительные нормативы режимов резания.

Сведем в таблицу 9 режимы резания.

Таблица 9 – Режимы резания для операции 020 на станке HERMLE C30U

Инструмент	Обраба- тыв. пов-сти	t, мм	S, мм/об	V _{рез} , м/мин	n, об/мин	N, кВт/ T, мин
Фреза конц.Ø 4,5 спец.	12	2,5	0,08	49,48	3500	0,8 / 180
Фреза конц.Ø 6,5 спец.	13	2,5	0,07	71,47	3500	0,8 / 180
Фреза отрезная Ø 125 ГОСТ 2679-93	1	5	0,05	176,75	450	0,6 / 320

2.7 Нормирование технологических операций

Технологическая норма времени на обработку заготовок является одним из основных параметров для расчета стоимости изготовления детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планировки производства.

Технологическую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного оборудования и правильной организации рабочего места.

Общая норма времени на механическую обработку одной заготовки на станке с ЧПУ определяют по формуле (36)

$$t_{шт} = (t_a + t_{в.р} \cdot K_{т.в}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (36)$$

где t_a – время автоматической работы станка по программе, мин;

$t_{в.р}$ – время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемой временем автоматической работы станка, мин;

$K_{т.в}$ – поправочный коэффициент на время ручной вспомогательной работы;

K – суммарное время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности, в процентах от оперативного времени.

Время t_a учитывает два элемента и определяется по формуле

$$t_a = t_{о.а} + t_{в.а}, \quad (37)$$

где $t_{о.а}$ – основное программное время, мин;

$t_{в.а}$ – вспомогательное программное время, мин.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Основное программное время определяется по формуле

$$t_{o.a} = \sum_{k=1}^m \left(\frac{L_k \cdot i}{n_k \cdot S_k} \right), \quad (38)$$

где m – число участков обработки;

i – количество проходов;

L_k , n_k , S_k – соответственно расчетная длина обработки, число оборотов и подача на k -ом участке.

Вспомогательное программное время определяется по формуле

$$t_{в.а} = t_x + t_{ост.}, \quad (39)$$

где t_x – время автоматической вспомогательной работы (время холостых ходов), мин;

$t_{ост.}$ – время технологических остановок (остановок вращения шпинделя подачи для проверки размеров, осмотра или смены инструмента и т.п.), мин.

Основное программное время определяется по формуле

$$t_{o.a} = \frac{L \cdot i}{S_M}, \quad (40)$$

где L – длина пути, пройденная фрезой, мм;

i – число рабочих ходов;

S_M – минутная подача, мм/мин.

Минутная подача при фрезеровании определяется по формуле (41)

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n, \quad (41)$$

где S_Z – подача на зуб, мм/зуб;

z – количество зубьев фрезы;

n – количество оборотов шпинделя, об/мин.

Время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемое временем автоматической работы станка $t_{в.р}$, определяется по формуле

$$t_{в.р} = t_{в.у} + t_{в.и} + t_{в.оп}, \quad (42)$$

где $t_{в.у}$ – вспомогательное время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{в.и}$ – вспомогательное время на контрольные измерения, мин;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$t_{в.оп}$ – вспомогательное время на работы и команды.

В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимают штучно-калькуляционное время, определяемое формулой

$$T_{шк} = t_{шт} + \left(\frac{T_{п.з}}{n_d} \right), \quad (43)$$

где $T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки, мин;

n_d – число обрабатываемых деталей в партии.

Обработку ведем партиями деталей по 71 штук, подготовительно-заключительное время на каждый станок назначаем равным 60 мин.

Токарная операция 020. Станок Hermle C30U.

Инструмент 1 (фреза конц. диаметр 20 спец.):

$$t_{о.а} = \frac{308 \cdot 3}{4500 \cdot 0,5} + \left(\frac{218 \cdot 11}{3200 \cdot 0,5} \right) \cdot 3 + \left(\frac{308 \cdot 14}{3200 \cdot 0,5} \right) \cdot 3 + \left(\frac{39 \cdot 6}{3200 \cdot 0,5} \right) \cdot 6 + \left(\frac{39 \cdot 1}{3200 \cdot 0,5} \right) \cdot 6 + \left(\frac{39 \cdot 9}{3200 \cdot 0,2} \right) \cdot 6 + \left(\frac{201 \cdot 3}{4250 \cdot 0,08} \right) \cdot 3 + \left(\frac{38 \cdot 4 \cdot 2}{3200 \cdot 0,1} \right) + \left(\frac{38 \cdot 4 \cdot 2}{3200 \cdot 0,1} \right) = 17,096 \text{ мин.}$$

Инструмент 2 (сверло диаметр 7,1 спец.):

$$t_{о.а} = \frac{28 \cdot 4}{2600 \cdot 0,13} = 0,331 \text{ мин.}$$

Инструмент 3 (фреза конц. диаметр 4,5 спец.):

$$t_{о.а} = \left(\frac{9 \cdot 4 \cdot 6 + 5 \cdot 4 \cdot 6 + 2 \cdot 4 \cdot 6}{3500 \cdot 0,07} \right) = 1,56 \text{ мин.}$$

Инструмент 4 (фреза конц. диаметр 6,5 спец.):

$$t_{о.а} = \frac{48 \cdot 5 + 28 \cdot 5}{3500 \cdot 0,2} = 0,49 \text{ мин.}$$

Общее автоматическое время на данную операцию:

$$t_a^{20} = 17,069 + 0,331 + 1,56 + 0,49 = 19,45 \text{ мин.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды.

$$t_{в.р.} = 0,98 + 0,12 + 0,05 = 1,15 \text{ мин.}$$

$K_{т.в.} = 1,3$ для партии деталей 71 штука, $K = 4,6\%$.

$$t_{шт}^{20} = (19,45 + 2,5 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 23,81 \text{ мин.}$$

$$T_{шк}^{20} = 23,81 + \frac{60}{71} = 27,14 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция 050. Станок Hermle C30U.

Инструмент 1 – фреза отрезная диаметр 125 ГОСТ2679-93, рассчитываем по формулам (36-43)

$$t_{о.а} = \frac{318 \cdot 4}{450 \cdot 4} = 0,7 \text{ мин.}$$

Инструмент 2 – фреза конц. диаметр 20 спец.

$$t_{о.а} = \frac{308 \cdot 2}{3200 \cdot 0,08} = 0,46 \text{ мин.}$$

Общее автоматическое время на данную операцию:

$$t_a^{50} = 0,7 + 0,46 = 1,16 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды, связанные с выполнением операции.

$$t_{в.р.} = 0,22 + 0,36 + 0,05 = 0,58 \text{ мин.}$$

$K_{т.в.} = 1,3$ для партии деталей 71 штука, $K = 4,6\%$.

$$t_{шт}^{50} = (1,16 + 0,58 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 2,01 \text{ мин.}$$

$$T_{шк}^{50} = 2,4 + \frac{60}{71} = 2,8 \text{ мин.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Сведем полученные данные и данные для других операций в таблицу 10.

Таблица 10 – Нормы времени по операциям разрабатываемого техпроцесса

Номер операции	Наименование операции	Норма времени, мин.
015	Контрольная	10
020	Фрезерная ЧПУ	55,15
030	Слесарная	23,35
040	Моечная	6
050	Фрезерная ЧПУ	5,84
060	Слесарная	32,25
070	Моечная	6
080	Контрольная	15
090	Лакокрасочная	-
100	Взвешивание	10
110	Контрольная	5
120	Упаковочная	12
Итого:		233,66

Нормы времени для базового техпроцесса сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Нормы времени по операциям базового техпроцесса

Номер операции	Наименование операции	Норма времени, мин
010	Контрольная	6
020	Токарная	44
030	Токарная	45,2
040	Токарная	48,4
050	Слесарная	10
060	Моечная	1,5
070	Фрезерная	28
080	Фрезерная	39
090	Контрольная	5
100	Фрезерная	40
105	Контрольная	8
115	Фрезерная	14,5
120	Слесарная	15

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Норма времени, мин
130	Моечная	1,5
145	Взвешивание	2,2
150	Контрольная	2
160	Упаковочная	1,5
Итого:		311,8

Выводы по части два

В части два произведен анализ технологичности детали, произведен размерный анализ разработанного технологического процесса. Выполнен расчет режимов резания. Произведено нормирование технологических операций, разработан технологический процесс обработки детали.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проектирование зажимного приспособления на фрезерную операцию

3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Необходимо разработать приспособление для выполнения фрезерной операции 050, выполняемой на станке HERMLE C30U.

Так как на предшествующих операциях опорные поверхности были обработаны, то нет необходимости специально подготавливать опорную базовую поверхность при установке и закреплении детали в проектируемом приспособлении. В качестве базовых поверхностей для операции 050 используем торцевую и внутреннюю цилиндрическую поверхности.

Приспособление на данной операции используется стационарно, то есть оно устанавливается на станок на время обработки данной партии деталей. Приспособление должно обеспечить надежное закрепление заготовки, предотвращающее возможность поворота заготовки при фрезеровании.

Проектируемое приспособление для данной детали будет крепиться в место стандартных губок тисков Gripos – 5А горизонтально, положение определяется с помощью опорных поверхностей тисков и винтов крепления. Разъемные части между собой дополнительно центрируются по направляющим штифтам установочных цилиндрических пальцев и втулок запрессованных в корпуса губок.

3.1.2 Проектирование схемы зажимного приспособления

Установка детали осуществляется на торцевую поверхность, а зажим производится по цилиндрической поверхности. Рассчитанная сила зажима препятствует повороту детали вокруг своей оси и отрыву ее от поверхностей приспособления. При этом деталь лишается всех шести степеней свободы.

Для базирования применяем схему, которая показана на рисунке 12.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

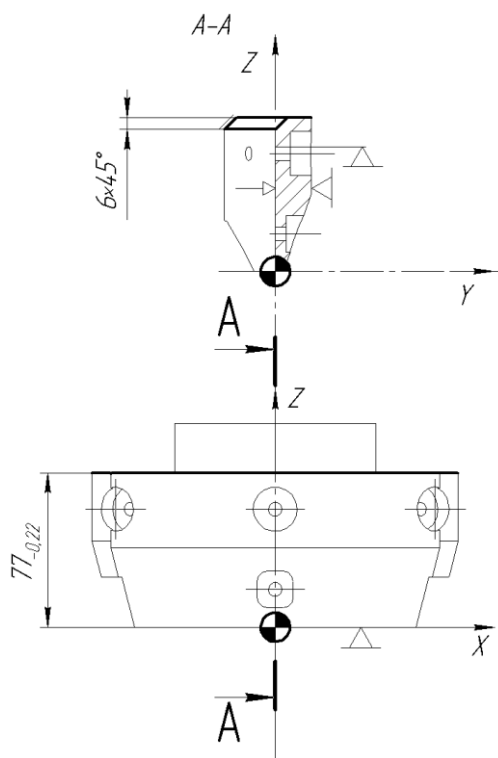


Рисунок 12 – Схема базирования детали на 050 операции

3.1.3 Определение типа и размеров установочных элементов

Положение обрабатываемой детали на станке относительно инструмента, определенное с помощью установочных элементов, может быть нарушено под действием сил резания, которые при некоторых видах обработки достигают величины в несколько тысяч ньютонов. Силы резания, кроме того, могут вызвать вибрации детали, которые могут привести к значительным погрешностям обработки и отрицательно действуют на сохранность инструмента, приспособления и станка. Поэтому необходимо надежное крепление детали в приспособлении. В общем случае зажимное устройство включает: элементы, непосредственно или с помощью промежуточных деталей действующие на обрабатываемую деталь (зажимные элементы), устройства, приводящие в действие зажимные элементы, передаточные механизмы и механизмы, вырабатывающие необходимую энергию для привода в действие зажимного устройства.

Однако силами зажима также можно сместить обрабатываемую деталь в приспособлении. Поэтому одним из главных требований при конструировании зажимных устройств является обеспечение соответствующего направления сил зажима и способов их приложения.

Проанализировав все возможные схемы установки данной заготовки, мы пришли к выводу, что наиболее оптимальным установочным элементом комплект сменных губок для тисков. Губки выполняются из алюминиевого сплава АК6. Обеспечиваемая точность центрирования составляет $0,01 \div 0,05$ мм, что является приемлемым для нашей заготовки.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

При установке тисков на станке используются установочные пальцы. Они служат для центрирования тисков на столе станка. На столе станка имеются Т-образные пазы, по которым и происходит центрирование. На рисунке 13 схематично изображен стол станка HERMLE С30U.

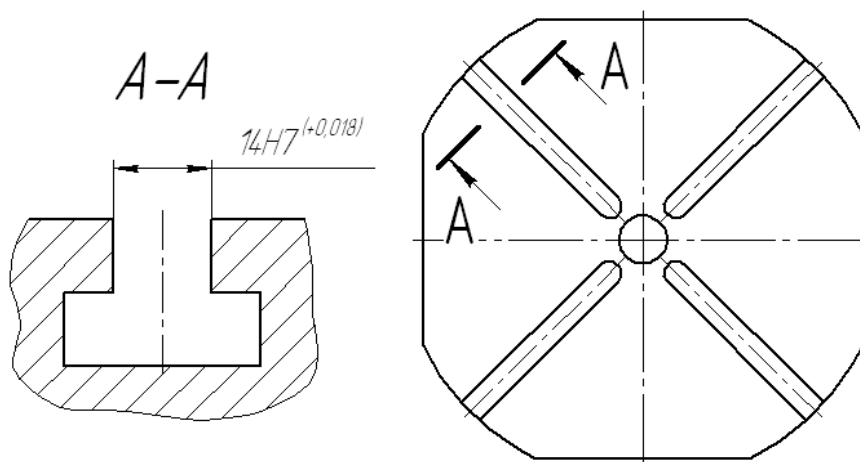


Рисунок 13 – Стол станка

Тиски устанавливаются на стол станка при помощи двух цилиндрических пальцев, которые предотвращают поворот приспособления относительно стола станка и полностью определяют положение приспособления. В столе станка выполнены пазы размером $14H7^{(+0.018)}$, а размер установочного пальца принимаем диаметр $14h^{(-0.014)}$. Таким образом установка приспособления на столе станка будет производиться по посадке с зазором диаметр $14 \frac{H7}{h6}$ мм. Запрессовка установочных пальцев

в отверстия тисков будет производиться по посадке с натягом диаметр $8 \frac{H7}{r6}$ мм, данную посадку используют в соединениях без крепежных деталей при небольших нагрузках. Сила закрепления должна быть такой, чтобы пальцы были разгружены, они предназначены только для базирования.

Определяем максимальный зазор между установочными пальцами и пазами стола станка

$$S'_{\max} = ei + ES, \quad (44)$$

где S'_{\max} – максимальный зазор, мм;

ei – нижнее отклонение установочного пальца, $ei = 0,014$ мм;

ES – верхнее отклонение отверстия, $ES = 0,018$ мм.

$$S'_{\max} = 0,014 + 0,018 = 0,032 \text{ мм.}$$

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Определяем действительный угол поворота приспособления относительно стола станка

$$\operatorname{tg}'\alpha = \frac{2 \cdot S'_{\max}}{L_n}, \quad (45)$$

где $\operatorname{tg}'\alpha$ – действительный угол поворота, град.;

L_n – расстояние между установочными пальцами, $L_n = 328$ мм, $\alpha = 0,011^\circ$.

$$\operatorname{tg}'\alpha = \frac{2 \cdot 0,032}{328} = 0,2 \cdot 10^{-3}.$$

Геометрические параметры установочных пальцев показаны на рисунке 14.

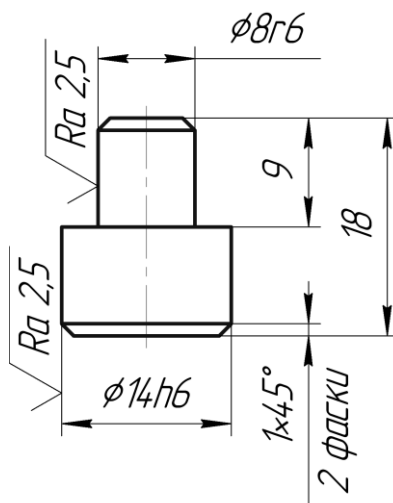


Рисунок 14 – Геометрические размеры установочного цилиндрического пальца

Дополнительно для центрирования детали относительно осей станка в губках предусмотрен паз, расположенный перпендикулярно к касательной диаметра $211^{+0,29}$ и стенки крепления губок. Губки относительно друг друга центрируются двумя центрирующими пальцами.

3.1.4 Определение окружной силы резания

После выбора способа установки (базирования) детали и разместив установочные элементы в приспособлении, определяем величину, место приложения и направления сил для зажима обрабатываемой детали.

Величину силы зажима и ее направление определяем в зависимости от сил резания и их моментов, действующих на обрабатываемую деталь.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

На обрабатываемую деталь действуют силы резания фрезерования, а также её момент. Силу зажима будем определять в зависимости от сил резания при фрезеровании контура заготовки фрезой диаметр 20 мм.

При обработке детали на инструмент действует сила сопротивления резанию, которую можно разложить на 3 взаимно перпендикулярные составляющие силы. При обработке дисковой фрезой максимальное воздействие будет оказывать сила P_z – сила резания, касательная к поверхности резания и совпадающая с направлением главного движения.

Величину окружной силы резания для свинца при фрезеровании (P_z^{CB}) рассчитываем по формуле:

$$P_z^{CB} = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S_z^Y \cdot B^U \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (46)$$

где C_p – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_p=103$;

t – глубина резания, $t=3$ мм;

S_z – подача на один зуб, $S_z=0,15$ мм;

B – ширина фрезерования, $B=6$ мм;

Z – число зубьев фрезы, $Z=4$;

D – диаметр фрезы, $D = 20$ мм;

n – число оборотов шпинделя, $n = 4000$ об/мин.

Показатели степени определяются по табл. 81 [6, с.410]:

$X=0,3$; $Y=0,2$ $C_p=111,3$; $U=0,2$; $W_p=0,1$; $q=0,35$; $K_{MP}=0,65$.

Подставляя данные в формулу получим:

$$P_z = \frac{10 \cdot 103 \cdot 3^{0,3} \cdot 0,15^{0,2} \cdot 6^{0,2} \cdot 4}{20^{0,35} \cdot 4000^{0,2}} \cdot 0,65 = 222,23 \text{ Н.}$$

3.1.5 Определение сил закрепления и сил зажатия

К зажимным устройствам предъявляются требования:

- при зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима;
- зажим не должен вызывать деформации закрепляемых в приспособлении заготовок или порчи их поверхностей;
- сила зажима должна быть минимальной необходимой, но достаточной для обеспечения надежного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- зажим и открепление заготовки необходимо производить с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 175 Н;
- силы резания не должны, по возможности, воспринимать зажимные устройства;
- зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

Выполнение большинства этих требований связано с правильным определением величины, направления и места положения сил зажима.

Величину сил зажима детали в приспособлении можно определить, решив задачу статики на равновесие твердого тела, находящегося под действием всех приложенных к нему сил и моментов, возникающих от этих сил, - резания и других, стремящихся сдвинуть установленную деталь, зажима и реакции опор. Схема расположения сил зажима и сил резания показаны на рисунке 15.

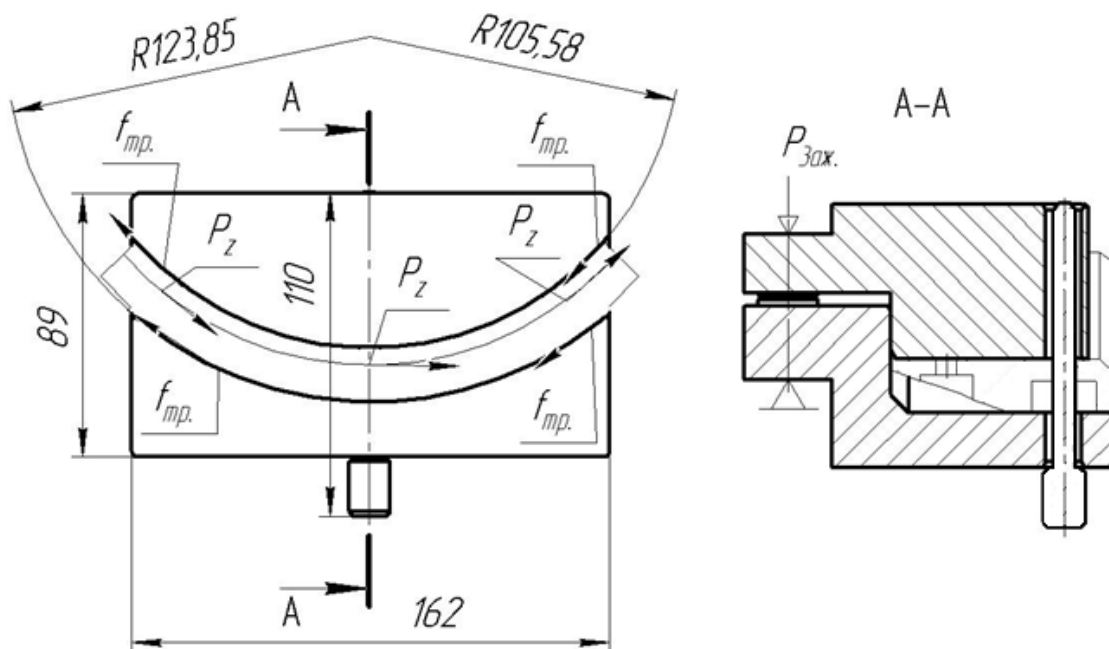


Рисунок 15 – Схема расположения сил зажима и силы резания

$$Q = \frac{kP_z}{f_1 + f_2}, \quad (47)$$

где $K = 1,5..2$ – коэффициент запаса;

$f_1 = f_2 = 0,43$ – коэффициент трения.

Коэффициент запаса необходим для обеспечения надежности зажимных устройств, так как вырыв или смещение заготовки при обработке недопустимо. Коэффициент K учитывает неточность расчетов, непостоянство условий обработки и установки заготовок.

Определяем коэффициент запаса по формуле

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (48)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса при всех видах обработки, $K_0 = 1,1$;

K_1 – коэффициент, учитывающий состояние технологической базы, при чистовых $K_1 = 1$;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от затупления режущего инструмента, $K_2 = 1,1$;

K_3 – коэффициент учитывающий ударную нагрузку при обработке, $K_3 = 1$;

K_4 – коэффициент, учитывающий стабильность силового привода, так как у нас привод ручной, то $K_4 = 1,1$;

K_5 – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных приводах, для нашего случая $K_5 = 1$;

K_6 – коэффициент, учитывающий возможность поворота заготовок на опорах при установке и при действии моментов, $K_6 = 1,1$.

$$K = 1,1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,46.$$

Принимаем $K=1,5$. Принимаем наименьший коэффициент запаса из-за особенностей материала, свинец очень мягкий и пластичный материал.

$$Q = \frac{1,5 \cdot 121,43}{0,86} = 211,8 \text{ Н.}$$

Предел текучести свинца при сдавливании 50 МН/м^2 . При пересчете в кгс/мм^2 получается 5 кгс/мм^2 .

Пересчитаем усилие зажима с учетом площади зажима:

$$S = 35 \cdot 1,5 + 68 \cdot 1,5 = 154,5 \text{ мм}^2.$$

$$Q' = \frac{211,8}{154,5} = 1,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Усилие зажима вполне обеспечивает требования, по закреплению детали.

3.1.6 Определение погрешности приспособления и расчет на точность

Обрабатываемые детали в любой стадии обработки и в готовом виде имеют отклонения от геометрической формы и номинальных размеров, заданных чертежом.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Эти отклонения (погрешности) должны лежать в пределах заданных допусков. Допуском задается наибольшее возможное значение погрешности размера или формы детали.

Суммарная погрешность любого координирующего размера складывается из первичных погрешностей, которые принято делить на три группы: погрешность установки, погрешность настройки станка и погрешность обработки. Нас интересует погрешность установки.

Погрешность установки $\varepsilon_{уст}$ возникает в процессе установки деталей в приспособлении и складывается из погрешности базирования и погрешности закрепления. Кроме того, в погрешность установки следует включать дополнительную погрешность, связанную с приспособлением: неточностью его изготовления, неточностью установки на станке, износом его установочных элементов [1, с. 18].

Погрешность установки находится путем суммирования составляющих ее погрешностей по правилу квадратного корня по формуле

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (49)$$

где ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность приспособления, мм.

Погрешностью базирования называется величина поля рассеивания получаемого при обработке координирующего размера, возникающего по причине смещения конструктивной базы, когда она не является одновременно опорной установочной базой. Таким образом, погрешность базирования – это расстояние между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера.

Для нашего случая погрешность базирования равна $\varepsilon_6 = 0,05$ мм.

Погрешность закрепления – это разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы в направлении получаемого размера вследствие приложения к обрабатываемой детали силы зажима.

Так как обработка детали производится в достаточно жестком приспособлении, то погрешность закрепления оказывает незначительное влияние на точность обработки и ее можно в расчетах не учитывать, то есть можно скомпенсировать и $\varepsilon_3 = 0$. Погрешность приспособления возникает в результате неточного изготовления приспособления, его сборки и износа установочных элементов в процессе эксплуатации.

Погрешность приспособления будем рассчитывать без учета износа установочных элементов. Эта погрешность будет складываться из:

- отклонения оси отверстий под направляющие пальцы от оси 0,02мм;
- отклонения оси отверстия штырь от оси – 0,01мм;
- половины допуска на диаметр базовой поверхности заготовки 0,14мм;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

– половины максимально возможного зазора между установочными пальцами и столом станка $\frac{0,018 + 0,014}{2} = 0,016 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,02 + 0,01 + 0,14 + 0,016 = 0,186 \text{ мм}.$$

Итак, погрешность установки:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,05^2 \cdot 0,186^2} = 0,192 \text{ мм}.$$

Расчет приспособления на точность заключается в том, чтобы приспособление было работоспособным, позволяло получить заданные размеры обрабатываемой детали.

Для нашего случая допуск на получаемый размер обрабатываемой детали по чертежу составляет 0,46 мм, а приспособление дает погрешность 0,192 мм.

Позиционный допуск на паз 12 мм выбираем из [1, с.18] $T_p=0,05$. Таким образом, приспособление позволяет вести обработку заготовок и получать годные детали, то есть полученные размеры будут лежать в установленных пределах.

3.1.7 Порядок сборки

Сборка станочного приспособления: развести зажимное устройство и демонтировать штатные губки тисков. За тем на корпус тисков установить и привернуть неподвижную губку (1) с небольшим моментом затяжки. Повторить вышеперечисленные действия для подвижной губки (2). Убедиться, что направляющие штыри (5), запрессованные в неподвижную губку, совмещены с направляющими втулками (4), запрессованными в подвижную губку. Произвести предварительную затяжку тисков. Немного осадить губки с помощью медного молотка и пластины из алюминия. Затем развести губки и произвести дозатяжку до резкого возрастания усилия.

3.1.8 Установка приспособления на столе станка и его наладка

Приспособление в собранном виде установить на стол станка установочными пальцами в пазы. Выверку приспособления произвести совмещением центрального отверстия стола и приспособления. Затем необходимо закрепить приспособление к столу двумя болтами. Проверить собираемость с установочным штырем посредством соединения губок и установки штыря (3). При обеспечении условий собираемости развести тиски на 7 – 8 мм. С помощью измерительной головки «Renishaw» проверить R124, завести в корректор координаты расположения элемента и принять его за ноль станка.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

3.1.9 Последовательность действий при эксплуатации

Эксплуатация данного приспособления при установке детали в приспособление:

- развести губки на 7...8 мм;
- установить заготовку;
- вставить установочный штырь, совмещая с центральным отверстием детали;
- произвести зажим детали;
- вынуть установочный штырь.
- Далее включается станок и ведется обработка детали.
- Снятие обработанной детали с приспособления:
- разжать губки тисков на 7...8мм;
- снять деталь с приспособления.

3.2 Проектирование концевой фрезы

Одновременно с выбором станка и приспособления для каждой операции выбирается необходимый режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемой точности и чистоты поверхности.

Тип и размеры режущего инструмента для выполнения заданной операции зависят от способа обработки, материала, размеров обрабатываемых поверхностей; от требований, предъявляемых к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности; от вида производства. Для разрабатываемого технологического процесса надо стремиться выбирать стандартный режущий инструмент (как наиболее простой и дешевый). Но вместе с тем, когда целесообразно (обработка нормализованным инструментом малопроизводительна или невозможна) следует применять специальный инструмент.

Выбор материала режущей части имеет большое значение для повышения производительности и уменьшения себестоимости обработки.

Выбираем режущий инструмент по соответствующим стандартам.

а) Свёрла:

- сверло Ø7,1 ГОСТ 10902 -77.

б) Фрезы:

- фреза конц. Ø4.5 P18 спец.;
- фреза конц. Ø6.5 P18 спец.;
- фреза конц. Ø8 P18 спец.;
- фреза конц. Ø20 P18 спец.;
- фреза дисковая отрезная Ø125 P18 ГОСТ 2679-93.

в) Прочие инструменты:

- шабер СТПЕ 2011-74;
- надфиль ГОСТ 1513-77.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

3.2.1 Расчет режущего инструмента

Проведем расчет концевой фрезы, необходимой для обработки поверхностей (1-7), на фрезерной операции 020.

Фрезы являются одним из самых распространенных видов инструмента. Предназначены для черновой, получистовой и чистовой обработки простых и фасонных поверхностей. Обеспечивают высокую производительность и экономичность обработки, превосходя по этим показателям в ряде случаев такой вид обработки, как строгание. Помимо высокой производительности фрезерование позволяет получать поверхности достаточно правильной геометрической формы, а с применением фрез, оснащенных современными материалами, появилась возможность обрабатывать закаленные до высокой твердости материалы, заменяя при этом шлифование. Для данного проекта выбрана фреза с увеличенным углом подъема винтовой канавки $\omega=50^\circ$.

Задний угол α предназначен для снижения трения задней поверхности зуба об обрабатываемую поверхность. Различают угол α в нормальном к оси фрезы сечении и угол α_N в нормальном к режущей кромке сечении. В данном случае выбран стандартный $\alpha_N=15^\circ$, а угол $\alpha=25^\circ$.

Передний угол γ предназначен для облегчения работы зуба при деформации стружки. Чем больше угол γ , тем легче осуществляется процесс резания. Передний угол в нормальном к режущей кромке сечении $\gamma_N=20^\circ$.

Угол λ – угол наклона режущих кромок, у цилиндрических фрез совпадает с углом ω . Угол λ влияет на направление отвода стружки, на прочность режущих кромок, на последовательность вступления в работу и выхода из обрабатываемого изделия различных точек режущей кромки. В данном случае $\omega=50^\circ$.

Так же для облегчения процессов резания при торцовом фрезеровании на вспомогательной режущей кромке выполнен угол $\alpha'=11^\circ$.

Материал фрезы – быстрорежущая сталь P18 ГОСТ 19265-73.

Диаметр является важнейшим конструктивным элементом. Он определяет долговечность и виброустойчивость фрезы, ее надежную фиксацию на оправке, силы резания, эффективность обработки и другие параметры фрезерования. Исходя из условия требуемой жесткости оправки насадной фрезы, диаметр фрезы принимаем конструктивно $\varnothing 20$ мм, оправка с обнижением до диаметра $\varnothing 17$ мм и посадочный диаметр хвостовика принимаем $\varnothing 20$ мм.

Выбор числа зубьев фрезы оказывает влияние на процесс резания. С увеличением числа зубьев работа резания и выделение тепла увеличивается, при этом значительная доля работы затрачивается на измельчение стружки. Это вызывает снижение стойкости и скорости резания. Фрезы с мелкими зубьями применяются, в основном, для окончательной обработки, т.е. для снятия тонкого слоя металла.

Число зубьев фрезы зависит от диаметра фрезы, формы и размеров зубьев и впадин, характера обработки. Число зубьев по возможности выбирается четным для возможности облегчения измерения по диаметру. Принимаем $z = 4$.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

3.3 Проектирование контрольного приспособления

При проектировании технологического процесса механической обработки детали для межоперационного и окончательного контроля обрабатываемых поверхностей используют стандартный измерительный инструмент, но иногда целесообразно применять специальный контрольно-измерительный инструмент.

В серийном производстве используется как универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, микрометр, угломер, индикатор), так и специальный измерительный инструмент (шаблоны, калибры).

Размеры обрабатываемых заготовок измеряют различными инструментами. Для контроля некоторых размеров деталей, изготовленных по допускам, применяют предельные калибры. Для контроля валов – калибры скобы, отверстий – калибры пробки. Резьбы контролируют резьбовыми калибрами и гладкими пробками.

Для контроля наружных поверхностей (диаметров, уступов, углов, радиусов) используем измерительный инструмент:

а) Штангенциркули:

– шт. циркуль ШЦЦ-1-250-0,01 TESA (электронный).

б) Шаблоны:

– шаблон радиусный R 100±1 спец.;

– шаблон радиусный R 105,5^{+0,14} спец.;

– шаблон радиусный R 124_{-0,23} спец.;

– шаблон радиусный R 130±1 спец.;

– шаблон на угол 20° спец.;

– шаблон на угол 45° спец.;

– шаблоны на фаску 6×45° МН 1419-61;

– шаблон на размер 13,5^{+0,18}.

в) Глубиномеры:

– глубиномер ГИ-100 ГОСТ 7661-67.

Для контроля внутренних поверхностей используем измерительный инструмент:

1) Пробки:

– пробка гладкая диаметр 7+0,36 ГОСТ 14807-69;

– пробка гладкая диаметр 22+0,52 НМ - 176.

2) Калибры:

– калибр на р-р 11+0,43 спец.;

– калибр на р-р 13+0,43 спец.;

– калибр на р-р 18+0,46 спец.;

– калибр комплексный.

На рисунке 16 изображен калибр комплексный.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

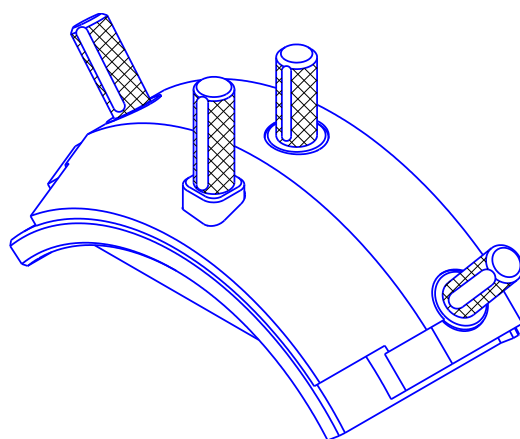


Рисунок 16 – Калибр комплексный

3.3.1 Расчет измерительного инструмента

Измерительные средства, применяемые для промежуточного контроля заготовки и окончательного контроля детали, в зависимости от типа производства могут быть как стандартными, так и специальными. Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролеров и станочников, создавать условия для улучшения качества продукции и снижения её себестоимости.

Для проектирования выбираем калибр на расположение четырех отверстий диаметром $7^{+0,36}$ и трех цековок диаметром $22^{+0,52}$ и квадрата размером $18^{+0,43}$ относительно нижней опорной поверхности и диаметр $211^{+0,29}$ мм. Выбираем калибр в виде плиты с выпуклым радиусом диаметр $211^{+0,115}$ и четырьмя отверстиями диаметром $6^{+0,03}$, выполненными согласно исполнения детали.

Для отверстий диаметром $7^{+0,36}$, цековок диаметром $22^{+0,52}$ и квадрата размером $18^{+0,43}$ задан позиционный допуск в радиусном выражении 0,2 мм на смещение оси отверстия относительно поверхности диаметра $211^{+0,29}$.

Выбираем допуски на угловое расположение осей отверстий с последующей их корректировкой ТРк – позиционный допуск измерительного элемента (его оси или плоскости симметрии) калибра в диаметральном выражении, ТРк = 28'' сек.

Позиционного допуска Тр найдем по формуле

$$T_p = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta\alpha \cdot R}{2 \cdot 3440}\right)^2 + \delta R^2}, \quad (50)$$

где $\delta\alpha$ – предельное отклонение размеров, координирующих оси поверхностей изделия в системе полярных координат в радиусном выражении, $\delta\alpha = 28''$ сек;

R – номинальное значение размера, координирующих оси поверхностей изделия и калибра в системе полярных координат, R = 105,5 мм;

δR – предельное отклонение размеров, координирующих оси поверхностей изделия в системе полярных координат, $\delta R = 0,115$ мм.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$T_p = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,028 \cdot 105,5}{2 \cdot 3440}\right)^2 + 0,115^2} = 0,117 \text{ мм.}$$

Произведем расчет пальца (базовый измерительный элемент) комплексного калибра, который будет соединяться с отверстием диаметр 6H9^(+0,03), для расчета используем формулы (45–50)

$$d_{R0max} = d_{Go-w}, \quad (51)$$

где d_{R0max} – наибольший предельный размер базового измерительного элемента нового калибра, $d_{R0max} = 6$ мм.

d_{Go-w} размер предельно изношенного по элементного проходного калибра, предназначенного для контроля поверхности изделия.

$$d_{R0min} = d_{Go-w} - H_o, \quad (52)$$

где d_{R0min} – наименьший предельный размер базового измерительного элемента нового калибра.

H_o – допуск на изготовление базового измерительного элемента калибра.
 $d_{R0min} = 6 - 0,03 = 5,97$ мм.

$$d_{R0min} = d_{Go-w} - H_o - W, \quad (53)$$

где W_o величина износа базового измерительного элемента калибра.

$$d_{R0-w} = 6 - 0,03 - 0,075 = 5,895 \text{ мм.}$$

Произведем расчет двух поверхностей комплексного калибра, который будет соединяться с отверстием диаметр 7^{+0,36}, цевок диаметр 22^{+0,52} и квадрата размером 18^{+0,43} для расчета используем [1,13]

$$d_{Rmax} = D_{min} - T_p + F + H_o, \quad (54)$$

где d_{R0max} – наибольший предельный размер измерительного элемента нового калибра.

D_{min} – наименьший предельный размер отверстия изделия.

T_p – позиционный допуск поверхности (её оси или плоскости симметрии) изделия в диаметральном выражении.

F – отклонение размера измерительного элемента, соответствующее проходному пределу размера нового калибра.

H_o – допуск на изготовление базового измерительного элемента калибра

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$d_{R \max} = 7 - 0,2 + 0,09 + 0,03 = 6,92 \text{ мм.}$$

$$d_{R \min} = d_{R \max} - H, \quad (55)$$

где $d_{R0 \min}$ – наименьший предельный размер измерительного элемента нового калибра.

H – допуск на изготовление измерительного элемента калибра.

$$d_{R0 \min} = 6,92 - 0,09 = 6,83 \text{ мм.}$$

$$d_{R-W} = d_{R \max} - H - W, \quad (56)$$

где W – величина износа измерительного элемента калибра.

$$d_{R-W} = 6,92 - 0,09 - 0,012 = 6,818 \text{ мм.}$$

Расчет элемента цековки диаметром $22^{+0,52}$:

$$d_{R \max} = 22 - 0,2 + 0,084 + 0,03 = 21,914 \text{ мм.}$$

$$d_{R0 \min} = 21,914 - 0,084 = 21,83 \text{ мм.}$$

$$d_{R-W} = 21,914 - 0,084 - 0,014 = 21,816 \text{ мм.}$$

Расчет квадрата размером квадрат $18^{+0,43}$:

$$d_{R \max} = 18 - 0,2 + 0,07 + 0,03 = 17,9 \text{ мм.}$$

$$d_{R0 \min} = 17,9 - 0,07 = 17,83 \text{ мм.}$$

$$d_{R-W} = 17,9 - 0,07 - 0,014 = 17,816 \text{ мм.}$$

Габаритные размеры плиты назначаем конструктивно: длина 176 мм, ширина 81 мм, высота 105 мм.

Исполнительный размер калибра можно уменьшить на половину суммы двух допусков двух гладких отверстий диаметра $7^{+0,36}$, диаметра $22^{+0,52}$.

$$H = \frac{0,36 + 0,52}{2} = 0,44 \text{ мм.}$$

Соответственно исполнительные размеры для квадрата квадрат $18^{+0,43}$:

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$H = \frac{0,36 + 0,43}{2} = 0,395 \text{ мм.}$$

Производим пересчет размеров.

$$d_{R0 \text{ min}} = 21,914 - 0,084 - 0,44 = 21,39 \text{ мм.}$$

$$d_{R-W} = 21,39 - 0,014 = 21,376 \text{ мм.}$$

Для квадрата $18^{+0,43}$:

$$d_{R0 \text{ min}} = 17,9 - 0,07 - 0,395 = 17,435 \text{ мм.}$$

$$d_{R-W} = 17,435 - 0,014 = 17,421 \text{ мм.}$$

Гладкие комплексные калибры изготавливаются из углеродистой инструментальной стали – У8А ГОСТ1435-74. Чистота рабочих поверхностей Ra0,2. Основание калибра изготовлено из стали 40 чистота рабочих поверхностей Ra1,6.

Выводы по части три

В данной части разработано зажимное приспособление для фрезерной операции – губки. Рассчитана и спроектирована концевая фреза, разработано приспособление для контроля отверстий – калибр комплексный.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА

4.1. Исходные данные

Исходные данные для расчета приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные

Номер операции	Наименование операции	Норма времени, мин.
015	Контрольная	10
020	Фрезерная ЧПУ	55,15
030	Слесарная	23,35
040	Моечная	6
050	Фрезерная ЧПУ	5,84
060	Слесарная	32,25
070	Моечная	6
080	Контрольная	15
090	Лакокрасочная	-
100	Взвешивание	10
110	Контрольная	5
120	Упаковочная	12
Итого:		233,66

4.2. Разработка участка механической обработки детали типа «Кольцо»

В состав механического цеха входят вспомогательные отделения и складские помещения. В зависимости от масштаба производства и размера цеха состав отделений может быть различным – некоторые отделения и складские помещения объединяются, в ряде случаев некоторые отделения являются общими для нескольких цехов.

Определение площади склада заготовок.

Склад заготовок предназначен для хранения запасов заготовок – отливок, поковок, штамповок и по возможности должен быть объединен с заготовительным отделением.

Запас заготовок в складе должно быть не велико. Так как его назначение является обеспечивать регулярное снабжение заготовками для бесперебойной работы станков.

Определяем площадь склада заготовок по формуле

$$S_{с.з.} = \frac{Q_1 \cdot t_1}{D \cdot q_1 \cdot k}, \quad (57)$$

где $S_{с.з.}$ – площадь склада заготовок, m^2 ;

Q_1 – масса заготовок, обрабатываемых на участке в течение года ($Q_1 = 158,2$ т);

t_1 – количество дней запаса заготовок, $t_1 = 10$ дней;

D – число рабочих дней в году, $D = 249$ дней;

q_1 – грузонапряженность на пол склада, $q_1 = 1.5 \div 2.5$ т/ m^2 ;

k – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды, $k = 0.4 \div 0.5$.

$$S_{с.з.} = \frac{158,2 \cdot 10}{249 \cdot 1,5 \cdot 0,4} = 11 m^2.$$

Межоперационный склад предназначен для хранения деталей в процессе их изготовления (между операциями обработки), то есть для хранения полуфабрикатов.

Площадь межоперационного склада рассчитывается по средней массе Q_2 (больше чистого веса деталей на 7 – 8 %), по числу заходов деталей в промежуточную кладовую и по продолжительности пролеживания деталей на складе.

Площадь межоперационного склада определяется по формуле

$$S_{с.м.} = \frac{Q_2 \cdot t_2 \cdot i}{D \cdot q_2 \cdot k}, \quad (58)$$

где $S_{с.м.}$ – площадь межоперационного склада, m^2 ;

Q_2 – средняя масса деталей, $Q_1 = 58,97$ т;

t_2 – количество дней запаса деталей, $t_1 = 7$ дней;

i – среднее количество операций, после которых детали будут заходить на склад, $i=4$;

D – число рабочих дней в году, $D = 249$ дней;

q_2 – грузонапряженность на пол склада, $q_1 = 0.9 \div 1.7$ т/ m^2 ;

k – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды, $k = 0.5$.

$$S_{с.м.} = \frac{58,97 \cdot 7 \cdot 4}{249 \cdot 1,5 \cdot 0,4} = 11,052 m^2.$$

Определение площади склада готовых деталей.

Площадь склада определяется по формуле

$$S_{с.г.} = \frac{Q_3 \cdot t_3}{D \cdot q_3 \cdot k}, \quad (59)$$

где $S_{с.г.}$ – площадь склада готовых деталей, m^2 ;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Q_3 – чистая масса ($Q_3 = 54,6$ т);

t_3 – количество дней запаса деталей ($t_1 = 5$ дней);

D – число рабочих дней в году ($D = 249$ дней);

q_3 – грузонапряженность на пол склада ($q_1 = 0,4 \div 0,6$ т/м²);

k – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды, $k = 0,4$.

$$S_{с.г.} = \frac{54,6 \cdot 5}{249 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = 6,852 \text{ м}^2.$$

Площадь ИРК определяем по числу обслуживаемых производственных металлорежущих станков. Исходя из типа производства и габаритных размеров деталей принимаем площадь ИРК на один станок равным $0,5 \text{ м}^2$, а площадь приспособлений на один производственный станок – $0,3 \text{ м}^2$.

Следовательно, общая площадь ИРК равна $(0,5 + 0,3) \cdot 4 = 3,2 \text{ м}^2$.

Эта площадь участка входит в площадь ИРК цеха.

Определение площади контрольного отделения

Площадь контрольного отделения определяется по числу контролеров. В нашем случае число контролеров – 1 человек. На одного контролера укрупненно принимается 6 м^2 площади.

Определение ширины пролета здания и укрупненной площади участка.

Ширина пролета здания цеха, где расположен проектируемый участок, зависит от габаритов технологического и грузоподъемного оборудования. Если технологическое оборудование на участке мелкое или среднее, то ширину пролета можно принять 12 м .

Принимаем ширину пролета здания 12 м .

Площадь, рассчитанная по удельной площади, применяется для предварительной компоновки и уточняется при распланировке всего оборудования, рабочих мест, с учетом разрывов, предусмотренных нормами технологического проектирования и подъемно-транспортных устройств.

Укрупненная площадь участка $S = 288 \text{ м}^2$.

Разработка технологической планировки.

Для разработки планировки участка выполняют следующие подготовительные работы:

- вычерчивают в масштабе $1:50$ габариты всего технологического основного оборудования и вырезают их в масштабе $1:50$ изображают (на миллиметровке) пролет участка;
- решают вопрос о последовательности выполнения технологических операций, размещения групп станков, вспомогательных участков и площадей;
- решают вопрос о выборе внутри участкового транспорта. В зависимости от габаритов принятых транспортных средств определяют магистральные проезды и проходы (предварительно) на планировку;

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

– по нормам технологического проектирования определяют расстояние между сложным оборудованием и строительными конструкциями зданий.

Составление технологической планировки механического участка.

Расставляют технологическое оборудование на помеченных ранее местах с соблюдением норм технологического проектирования. При этом размещают вспомогательное оборудование, стеллажи, тумбочки и другую оснастку. Габариты оборудования подклеивают к планировке небольшими порциями клея, чтобы при необходимости переустановку оборудования можно было легко снять с миллиметровки.

В серийном и массовом производстве оборудование расставляют по ходу технологического процесса (то есть в порядке следования технологических операций), а в мелкосерийном и единичном чаще по типам станков.

При необходимости разрабатывают несколько вариантов расстановки оборудования и рабочих мест. Выбирают самый экономичный и удобный в работе проект. Выбранный вариант копируют, наносят все необходимые условные обозначения, разрабатывают спецификацию оборудования, составляют экспликацию помещений, его метраж, порядковый номер, категоричность помещений по СНиП и по ПУЭ.

Планировка и организация рабочего места имеет важное значение для увеличения производительности труда, уменьшения утомляемости рабочего, для устранения потерь времени на лишнее хождение, для удобного расположения инструмента, заготовок. Рабочее место оборудуется тумбочкой, в которой хранятся инструменты постоянного пользования и средства по уходу за станком.

Заготовки поставляют из заготовительного цеха. Ввоз и вывоз заготовок производят на тележках. Транспортирование деталей к рабочим местам производят также при помощи тележек, подвод сжатого воздуха и СОЖ производят централизованно.

Отработанная стружка утилизируется вручную на тележках в металлический контейнер, вывоз стружки производится централизованно.

Естественное и искусственное освещение проектируется в соответствии с нормами (СНиП 11-А.8-62, СНиП 11-А.9-62 и СНиП 11-М.2-62).

Техника безопасности и пожарной безопасности. На участке должны выполняться:

- общие правила техники безопасности и производственной санитарии для машиностроения;
- правила устройства электроустановок;
- правила технической эксплуатации и безопасность обслуживания электроустановок;
- все оборудование должно быть заземлено. Для местного освещения используется напряжение не более 36 Вольт.

–

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

4.3. Описание мероприятий по охране труда

Под охраной труда понимается система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Основная задача охраны труда – предотвращение травматизма на производстве, профилактика профессиональных заболеваний, а также минимизация социальных последствий. В ходе мероприятий на каждом рабочем месте обеспечивают социально-приемлемый или минимальный риск.

4.3.1 Законодательные нормативно правовые акты по охране труда

Согласно 37-й статье Конституции РФ, каждый человек имеет право на труд в таких условиях, что соответствуют нормам гигиены и безопасности. Данные нормы четко регламентированы нормативно правовыми актами федерального и локального уровня. Требования, прописанные в законодательных актах, обязательны к соблюдению на предприятиях всех размеров и форм собственности, работающих в любых сферах экономики.

Законодательный акт по охране труда – это акт, устанавливающий право работников на охрану труда в процессе трудовой деятельности, принятый или утвержденный законодательным органом.

Нормативный правовой акт по охране труда – это акт, устанавливающий комплекс правовых, организационно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических требований, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности работников в процессе труда, утвержденный уполномоченным компетентным органом.

Основными законодательными актами, регулирующими охрану труда в Российской Федерации, являются:

- конституция Российской Федерации;
- трудовой кодекс Российской Федерации.

Нормативные правовые акты по охране труда содержат в себе обязательные государственные требования как по охране труда, так и по пожарной безопасности.

Нормативные акты по охране труда делятся на акты федерального и муниципального уровня. На федеральном уровне действуют:

- кодексы;
- федеральные законы;
- постановления, приказы, СНИПы, СанПины, ГОСТы;
- другие акты, описывающие требования к ОТ на предприятиях, а также отраслевые и межотраслевые соглашения.

Издавать нормативные правовые акты имеют право, как субъекты РФ, так и муниципальные образования. Они не должны противоречить федеральному законодательству.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

По общности и действию законодательные и нормативные правовые акты подразделяются на пять уровней:

- единые акты;
- межотраслевые акты;
- отраслевые акты;
- нормативные правовые акты предприятия;
- акты субъектов федерации.

4.3.2 Допуск к самостоятельной работе

К самостоятельной работе в качестве оператора станков с ЧПУ при изготовлении детали «Кольцо» допускаются лица не моложе 18-ти лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру выполняемых работ, квалификационное удостоверение по специальности, вторую квалификационную группу по электробезопасности, прошедшие первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте, ознакомленные с санитарно-гигиеническими требованиями и мерами профилактики при работе с вредными веществами, знающие и умеющие оказывать первую доврачебную помощь. Допущенные приказом по цеху на основании приказа по предприятию.

Обучение и регулярная проверка знаний оператора станков с ЧПУ является важнейшим инструментом обеспечения безопасности труда при изготовлении детали «Кольцо» и направлено на соблюдение законодательных нормативных правовых, локальных актов предприятия. Проверки и инструктажи по охране труда фиксируются в специальном журнале, с обязательной росписью инструктируемого и инструктирующего.

Согласно Постановлению № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» по характеру и времени проведения инструктажи на рабочем месте подразделяются на:

- вводный;
- первичный, до наступления самостоятельной работы;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж проводится при поступлении на работу службой охраны труда предприятия, предназначен для ознакомления с общими правилами и требованиями охраны труда на предприятии.

Первичный инструктаж по охране труда проводится руководителем до начала самостоятельной работы, предназначен для изучения конкретных требований и правил обеспечения безопасности при работе на конкретном оборудовании, при выполнении конкретного технологического процесса.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Повторный инструктаж проходят все работники не зависимо от квалификации, стажа, образования, характера выполняемой работы не реже, чем 1 раз в 3 месяца с первое по пятое число первого месяца квартала. Цель – восстановление в памяти работника правил охраны труда, а также разбор имеющих место нарушений требований безопасности в практике производственного участка.

Внеплановый инструктаж проводится: при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда. При изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений, инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда. При перерывах в работе, для работ к которым предъявляется повышенные требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, для остальных работ 60 дней по требованию органов надзора.

При выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности, проводится целевой инструктаж.

Операторы станков с ЧПУ участка механической обработки изготовления детали «Кольцо», не прошедшие в установленном порядке инструктаж и проверку знаний, правил, норм и инструкций по охране труда или получившие неудовлетворительную оценку при квалификационной проверке, к самостоятельной работе не допускаются, и в течение одного месяца должны пройти повторную проверку.

Требования безопасности перед началом работы.

Оператор станков с ЧПУ при изготовлении детали «Кольцо» надевает спецодежду, выданную ему согласно приказу Минздравсоцразвития РФ «Об утверждении типовых норм» от 14.12.2010 № 1104Н:

- костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий;
- фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником;
- перчатки с полимерным покрытием или перчатки с точечным покрытием;
- ботинки кожаные;
- очки защитные.

Далее оператору станков с ЧПУ необходимо: проверить состояние освещённости рабочего места; оснащённость рабочего места необходимым для работы оборудованием, инвентарем, приспособлениями и инструментом для изготовления детали «Кольцо». Подготовить рабочее место для безопасной работы: проверить внешним осмотром отсутствие свисающих и оголенных концов электропроводки, надежность закрытия всех токоведущих и пусковых устройств оборудования, наличие и надежность заземляющих соединений, наличие, исправность, правильную установку и надежное крепление ограждения движущихся частей оборудования. Произвести необходимую сборку технологической оснастки, которая необходима на некоторых операциях для изготовления детали «Кольцо». Проверить работу механического оборудования, пускорегулирующей аппаратуры на холостом ходу.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

При работе с грузоподъемными механизмами проверить их исправность и соблюдать требования соответствующей инструкции по охране труда. Проверить наличие и исправность противопожарного инвентаря.

Требования безопасности во время работы.

Оператору станков с ЧПУ на участке механической обработки детали «Кольцо» во время работы необходимо: выполнять только ту работу, по которой прошел обучение, инструктаж по охране труда и к которой допущен работником, ответственным за безопасное выполнение работ. Применять необходимые для безопасной работы исправное оборудование, инструмент, приспособления, указанные в технологическом процессе. Выключать станок при уходе от станка даже на короткое время, временном прекращении работы, перерыве в подаче электроэнергии, уборке, смазке, чистке станка, обнаружении неисправности в оборудовании, инструменте, приспособлении, заземляющих элементах, защитных ограждениях, блокирующих устройств, упоров, регулировке трубки с охлаждающей жидкостью, установке, измерении и съеме детали. При установке и снятии детали с заусенцами использует хлопчатобумажные рукавицы. Ставит в известность мастера и действует по его указанию, если возникли сомнения по поводу безопасности работы или обнаружилось неполадки в работе оборудования, приспособлений и т.д.

Оператору станков с ЧПУ по окончании работы на механическом участке изготовления детали «Кольцо» необходимо: выключить станок и другое оборудование, привести в порядок рабочее место, сложить инструменты и приспособления в инструментальный ящик. Перед сдачей смены оператор станков с ЧПУ должен проверить исправность станка и занести результаты проверки в журнал приема и сдачи смены, сообщить руководителю о неисправностях и мерах, принятых к их устранению.

Требования безопасности в чрезвычайных ситуациях. При возникновении поломки оборудования, угрожающей аварией на рабочем месте или на участке оператор станков с ЧПУ должен: прекратить его эксплуатацию, а также подачу к нему электроэнергии, доложить о принятых мерах непосредственному руководителю и действовать в соответствии с полученными указаниями. В аварийной обстановке: оповестить об опасности окружающих людей, доложить непосредственному руководителю о случившемся и действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

4.3.3 Опасные и вредные производственные факторы

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

К вредным и опасным производственным факторам при разработке детали «Кольцо», в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015, относятся:

Физические:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура поверхности оборудования, материалов;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.

Химические:

- токсические и раздражающие химические вещества (аэрозоли, масла, свинец, кадмий и т.д.).

Биологические:

- микробы в СОЖ и продукты их жизнедеятельности.

Психофизиологические:

- физиологические перегрузки;
- монотонность труда.

Предельно допустимое значение вредного производственного фактора (по ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.) – это предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства.

Защита операторов станков с ЧПУ при изготовлении детали «Кольцо» от вышеперечисленных негативных факторов осуществляется путем применения средств коллективной защиты и средств индивидуальной защиты.

Применяемые средства коллективной защиты:

- приточно-вытяжная вентиляция для очищения воздуха рабочей зоны;
- снижение уровня шума до значений, не превышающих предельно допустимых уровней путем звукоизоляции источников шума в защитные кожухи;
- заземление производственного оборудования для защиты от поражения электрическим током;
- снижение уровня вибрации до значений, не превышающих предельно допустимых уровней.

В дополнение к средствам коллективной защиты операторы обеспечены средствами индивидуальной защиты: защитные очки (козырек, полумаски,

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

маски, щитки), спецодежда (рубашка и комбинезон или штаны из хлопчатобумажной ткани, закрытые кожаные ботинки, головной убор и рукавицы; для мастеров и сотрудников ОТК – хлопчатобумажный халат).

Средства индивидуальной защиты подвергаются периодическим контрольным осмотрам, а при необходимости и испытаниям в специально установленные сроки.

Спецодежда на данном участке периодически сдается в стирку (химчистку) и хранится отдельно от верхней одежды. Химчистка и стирка спецодежды является централизованной, проводится по мере загрязнения, но не реже двух раз в месяц.

Средства индивидуальной защиты подвергаются периодическим контрольным осмотрам, а при необходимости и испытаниям в порядке и в установленные сроки.

Для защиты кожного покрова от воздействия СОЖ и пыли токсичных металлов должны применяться дерматологические защитные средства (профилактические пасты мази, биологические перчатки) по ГОСТ 12.4.068-76 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты дерматологические. Классификация и общие требования».

4.3.4 Микроклимат и освещение производственных помещений.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха.

При нормировании параметров микроклимата учитывается категорирование работ по тяжести, которое выполняется на основании общих затрат энергии организмом в единицу времени и измеряется в Вт.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» при изготовлении детали «Кольцо» категория работ будет 1Б. К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт).

От периода года зависит способность организма к акклиматизации. При нормировании различают теплый и холодный период года. Для категории 1Б оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственного помещения будут следующие:

– в холодный период года оптимальная температура будет 21-23°C, относительная влажность воздуха составляет 40-60 %, скорость движения воздуха равна 0,1 м/с;

– в теплый период года оптимальная температура будет 22-24°C, относительная влажность воздуха составляет 40-60 %, скорость движения воздуха равна 0,1 м/с;

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать зрительному характеру работ, характеристике фона и контраста объекта с фоном. Согласно нормам

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

(СНиП 23-05-95), все виды работ условно разбиты на 8 зрительных разрядов в зависимости от размера наименьшего различимого объекта. Наименьший размер детали «Кольцо» равен 1,4 мм, значит разряд зрительных работ – 5 (малой точности).

Освещение участка обеспечивается естественным путем через оконные проемы, расположенные сбоку и в крыше, и искусственным освещением. Искусственное освещение помещения соответствует правилам устройства электроустановок, правилам эксплуатации электроустановок потребителей, правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Так же имеется аварийное освещение, автоматически включающееся при внезапном включении рабочего освещения, и эвакуационное. На станках с ЧПУ освещенность – 1500 лк. Освещенность рабочих мест контролеров ОТК – 2000 лк. На слесарной обработке – 2000 лк.

Необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочем месте и в пределах окружающего пространства. Предпочтительнее использовать комбинированную систему естественного освещения (световые проемы в стенах, а также прозрачные перекрытия) и искусственное освещение.

4.3.5 Электробезопасность

При разработке детали «Кольцо» следует соблюдать требования электробезопасности. Согласно приказу «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» № 328Н от 24.07.2013 категория помещения по электробезопасности будет относиться к категории помещений с повышенной опасностью, так как на участке температура выше 24 градусов (Согласно ПУЭ), материал изготовления напольных покрытий токопроводящий: земля, железобетон, сплавы металлов, высокая влажность воздуха (более 75%). Также на участке присутствуют скопления токопроводящей пыли: на стенах, полах, кабелях, аппаратуре [11].

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических не токоведущих частей, которые могут оказаться под напряжением, выполняется металлической полосой, трубой или проводом достаточного сечения с надежным креплением болтом или сваркой к корпусу электротехнологического оборудования. Защитное заземление защищает от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим корпусам оборудования, которые вследствие нарушения электрической изоляции оказываются под напряжением.

4.3.6 Требования к оборудованию и его размещению

Применяемое производственное оборудование на участке механической обработки детали «Кольцо» соответствует требованиям безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91 и другим стандартам безопасности труда.

Производственное оборудование при эксплуатации не загрязняет окружающую среду выбросами вредных веществ выше установленных норм. Производственное оборудование при эксплуатации пожаро- и взрывобезопасное.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Контроль состояния электроустановок и осветительных сетей осуществляется в соответствии с правилами эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Стационарное производственное оборудование должно быть установлено в соответствии с планировками, утвержденными в установленном порядке, на прочные основания или фундаменты, выверено и закреплено. Допускается применение бесфундаментной установки на виброгасящих опорах.

Детали производственного оборудования, применяемого на участке механической обработки изготовления детали «Кольцо» не имеют травмоопасных углов, острых кромок, неровных поверхностей и т.д.

Конструкция производственного оборудования исключает возможность случайного соприкосновения работающих с горячими или переохлажденными его частями и элементами.

В конструкции производственного оборудования предусмотрена система сигнализации, а также система автоматического останова и отключения оборудования от источников энергии при опасных неисправностях, аварийных ситуациях или при режимах работы, близких к опасным.

Расстановка оборудования на участке механической обработки детали «Кольцо» произведена в соответствии с ПОТ РО 14000-001-98 «Правила по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения».

Размещение производственного оборудования, исходных материалов, полуфабрикатов, заготовок, готовой продукции и отходов производства в производственных помещениях и на рабочих местах обеспечивает осуществление производственного цикла в оптимальных режимах и не представляет опасности для персонала.

Расстановка оборудования производится в соответствии с нормами технологического проектирования машиностроительных заводов, при этом:

– расстояние от оборудования до стен и колонн здания не менее 700 мм для оборудования средних габаритов;

– расстояние между оборудованием устанавливается в зависимости от конкретных условий с обеспечением безопасности производства работ и безопасного обслуживания оборудования.

Указанная планировка должна быть утверждена главным инженером (техническим директором) организации.

В соответствии с этой планировкой владелец здания обязан обеспечить на закрепленных площадях чистоту и порядок, сохранность и установленные режимы эксплуатации оборудования, коммуникаций здания, средств обеспечения и др.

4.3.7 Требования безопасности к эксплуатируемому оборудованию и рабочему месту

Оборудование, используемое на данном участке при изготовлении детали «Кольцо»: токарный универсальный DMG MORI CTX alpha 500 и вертикальный обрабатывающий центр DMG MORI DMU 50 считаются высокотехнологичными.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Подвижные и токоведущие части данного оборудования защищены входящими в конструкцию станка кожухами и крышками, которые являются малогабаритными, имеют минимум острых кромок и граней, а также выступающих частей.

Токарный универсальный DMG MORI CTX alpha 500 и вертикальный обрабатывающий центр DMG MORI DMU 50 имеют блокирующие устройства, которые позволяют осуществлять работу по программе только при закрытых ограждениях, исключая включение цикла обработки при незакрепленных деталях или при неправильном их положении на рабочих позициях, не допускающими выполнение нового цикла обработки до полного окончания предыдущего.

Конструкция станков полностью исключает попадания за пределы оборудования стружки, СОЖ и масла. Удаление стружки со станков осуществляется автоматически винтовым конвейером. С конвейера, собранная стружка выбрасывается в люк.

На станках предусмотрена возможность быстрого и удобного выключения в аварийных случаях.

Мойку производим в специально отведенном рабочем месте с работающей вытяжной вентиляцией. Растворы, содержащие вредные химические вещества, применяют с учетом требований ПОТ РМ-004-97 «Межотраслевые правила по охране труда при работе с химическими веществами».

В данном оборудовании системы и элементы, являющиеся источником опасных и вредных факторов, изолированы защитными устройствами.

Средства защиты оборудования способствуют снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов на рабочего.

Организация рабочих мест, установленное на них оборудование и оснащение, обеспечивают безопасность и сохранность здоровья и работоспособности рабочих.

Стол и верстак имеют полки и ящики для размещения и хранения оснастки, инструментов, деталей и чертежей.

Рабочие столы и верстаки прочные и устойчивые. Поверхности рабочих столов гладкие, без выбоин, заусенцев, трещин и прочих дефектов.

Вся технологическая оснастка (приспособления, измерительный инструмент и др.), необходимая для работы, размещается в специальных тумбочках, расположенных рядом с оборудованием.

4.3.8 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность при изготовлении детали «Кольцо» отличается от других видов безопасности предприятия тем, что в данном случае продукция и деятельность самого предприятия может представлять собой угрозу для объектов окружающей природной среды, имущества, здоровья и жизни людей.

Основными направлениями деятельности предприятия по обеспечению экологической безопасности продуктов и процессов являются:

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- соблюдение при разработке и производстве продукции (услуг) экологических требований, установленных в международном и национальном законодательстве, экологических стандартах и контрактах (договорах);
- нормирование и контроль экологических требований к продукции и процессам, используемым в производственной и хозяйственной деятельности предприятия (в т.ч. входной контроль соответствия закупаемой продукции экологическим требованиям (сертификат качества), аттестация объектов и рабочих мест на предприятии на их соответствие стандартам ISO серии 14000);
- сбор и предоставление данных для проведения государственной экологической экспертизы в районе дислокации объектов предприятия;
- использование на рабочих местах защитных устройств (оборудования), снижающих экологический риск в процессе производства продукции;
- разработка и/или внедрение прогрессивных малоотходных и безотходных технологий;
- подготовка к сертификации и сертификация материалов, веществ, оборудования, технологических процессов, промышленных производств, промышленно-хозяйственных объектов на соответствие экологическим требованиям.

4.3.9 Пожарная безопасность

Номенклатура и количество средств пожаротушения для участка механической обработки детали «Кольцо» установлено по ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» с учетом обеспечения требуемого уровня противопожарной защиты. Предусматриваемые при проектировании зданий и установок противопожарные мероприятия зависят, прежде всего, от пожарной или взрывной опасности размещенных в них производств и отдельных помещений. Помещения и здания в целом делятся по степени пожаро- или взрывоопасности на пять категорий в соответствии с ОНТП-24. Проектируемый участок механической обработки находится в производственном помещении, которое относится к категории Д. Это помещения, в которых негорючие вещества находятся в практически холодном состоянии.

Все первичные средства пожаротушения размещены на специальном щите («ПЩ»). Противопожарный щит окрашен в красный цвет, на стенде размещены: номера телефонов пожарной части, диспетчера завода, правила пользования огнетушителем, ящик с песком. Для тушения различных веществ и электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ, на проектируемом участке применяются углекислотные огнетушители.

Основные организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на проектируемом участке: разработана инструкция о соблюдении противопожарного режима и о действии людей при возникновении пожара; запрещение курения в не отведенных местах; приводится в порядок хранение и использование промасленной ветоши; СОЖ; обязательная уборка промышленной и других горючих жидкостей; проводится организация обучения рабочих и служащих правилам

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

пожарной безопасности (вводный, первичный и повторный инструктажи на рабочем месте). Оформлена наглядная агитация по обеспечению пожарной безопасности.

Выводы по части четыре

В данной части описана разработка планировки и работа участка механической обработки детали «Кольцо», произведено описание мероприятий по охране труда, предусмотренные для данного участка механической обработки.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была выполнена разработка участка механической обработки, детали типа “Кольцо”, усовершенствован технологический процесс механической обработки детали, применено современное и более производительное оборудование с числовым программным управлением.

Применение четырех станков с ЧПУ Hermle C30U позволило сократить парк станков. Полностью исключены из технологического процесса токарные операции, отпала необходимость в девяти токарных станках, а замена фрезерных станков на высокопроизводительные оборудование, высвободило девятнадцать фрезерных станков.

В ходе работы путем сравнительных расчетов был выбран наиболее целесообразный метод получения заготовки, увеличен коэффициент использования материала от 0,26 до 0,34, что позволило сократить затраты на материал с одной заготовки, рассчитаны припуски на обработку.

При разработке технологического процесса были использованы режущие и измерительные инструменты, приспособления, повышающие скорость и качество обработки и контроля детали.

Было спроектировано фрезерное приспособление для операции 050 на станке с ЧПУ Hermle C30U, данное приспособление позволило сократить время подготовительных переходов, связанных с выверкой и ориентацией деталей относительно осей станка.

Режущий инструмент имеет более острые углы заточки, укороченную режущую часть 40 мм, для обеспечения жёсткости инструмента и улучшения отвода стружки. Увеличенный угол подъема винтовой канавки фрезы 50° , для обеспечения стабильности режимов резания.

Произведены расчеты режимов резания как аналитическим, так и табличным методом, определены нормы времени, затрачиваемые на обработку.

Применение калибров позволило сократить время, затрачиваемое на контроль деталей. Спроектированный комплексный калибр позволяет контролировать расположение осей отверстий диаметр $7^{+0,36}$, осей цековок диаметр $22^{+0,52}$ и условия дальнейшей собираемости.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 16085 – 80. Калибры для контроля расположения поверхностей. Расчет и проектирование.
 2. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1964. – 652 с.
 3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора – машиностроителя В 3-х т. Т. 3. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.
 4. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 240 с.
 5. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”: Учебное пособие для техникумов по специальности обработка металлов резанием. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
 6. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов: Учебник для машиностроительных вузов. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1969. – 480 с.
 7. Нефедов, Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
 8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ Под общей ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
 9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 2. – М.: Экономика, 1990. – 470 с.
 10. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. – М.: Экономика, 1988. – 368 с.
 11. Расчет припусков и межоперационных размеров в машиностроении: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов/Под ред. В.А. Тимирязева. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.
 12. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 1/Под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 912 с.
 13. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 2/Под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 944 с.
 14. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 2/Под. ред. А.Н. Малого. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
- Чекмарев, А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2002. – 493 с.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

15. Четвериков, С.С. Металлорежущие инструменты (проектирование и производство). 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1965. – 732 с.

16. Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов Припуски на механическую обработку. Справочник – М.: Машиностроение, 2006. – 256с.: ил.

					15.03.05.2021.727.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79