

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления опорной плиты станочного комплекса

Обучающийся	<u>А.С. Христолюбов</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2024

Аннотация

Представлена работа по проектированию техпроцесса изготовления опорной плиты станочного комплекса из серого чугуна СЧ25. Технология изготовления опорной плиты станочного комплекса предназначена для мелкосерийного производства и представляет собой комплексный процесс, включающий все необходимые этапы проектирования. В первом разделе выполнено проектирование опорной плиты станочного комплекса с учетом анализа технических требований и функциональных характеристик этой детали. Разработанная конструкция опорной плиты проанализирована на технологичность. С учетом обеспечения оптимального соотношения прочности и габаритов выбран чугун СЧ25.

Для изготовления детали выбрано литье в песчаные формы. Технология заготовительного производства включает подготовку форм для литья, заливку расплавленного чугуна в форму, его отверждение и охлаждение, удаление литниковой системы и очистку.

С учетом серийности выбраны методы механической обработки опорной плиты станочного комплекса с основными фрезерными переходами на многоцелевых станках с ЧПУ согласно технологической карты. Переходы также включают сверление, нарезание резьбы и шлифование. Предусмотрен контроль соответствия размеров и формы детали требуемым параметрам.

В конструкторской части спроектирована оснастка для изготовления опорной плиты станочного комплекса с разработкой сборочных чертежей.

При проектировании технологии изготовления опорной плиты станочного комплекса также учитываются меры безопасности для персонала, работающего на станках. Технологический процесс должен соответствовать требованиям по охране труда и противопожарной безопасности. Экономический расчет включает в себя оценку затрат на материалы, оснастку, трудовые ресурсы, амортизацию оборудования и другие расходы.

Abstract

The work on designing the technological process of manufacturing the base plate of the machine complex from gray cast iron CЧ25 is presented. The technology of manufacturing of the base plate of the machine complex is intended for small-scale production and represents a complex process including all necessary stages of designing. In the first section the design of the base plate of the machine complex is carried out taking into account the analysis of technical requirements and functional characteristics of this part. The developed design of the base plate is analyzed for manufacturability. Taking into account the optimal ratio of strength and dimensions cast iron CЧ25 is chosen.

Sand mold casting is chosen for manufacturing of the part. The technology of billet production includes preparation of molds for casting, pouring of molten iron into the mold, its solidification and cooling, removal of the gating system and cleaning.

Taking into account medium-volume production, the methods of machining of the base plate of the machine complex with the main milling transitions on multi-purpose CNC machines according to the technological map are chosen. Transitions also include drilling, tapping and grinding. Control of compliance of dimensions and shape of the part with the required parameters is provided.

In the design part the tooling for manufacturing of the base plate of the machine complex with the development of assembly drawings is designed.

When designing the technology of manufacturing the base plate of the machine complex, safety measures for the personnel working on the machines are also taken into account. The technological process must comply with the requirements for labor protection and fire safety. Economic calculation includes estimation of costs for materials, tooling, labor, equipment depreciation and other expenses.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	9
1.1 Назначение детали	9
1.2 Анализ технологичности	13
2 Технологическая часть	17
2.1 Выбор типа и стратегии производства.....	17
2.2 Обоснование выбора заготовки	17
2.3 Выбор методов обработки.....	21
2.4 Выбор станков и средств оснащения	22
2.5 Расчет операционных размеров и припусков.....	27
2.6 Разработка операций.....	29
3 Проектирование оснастки	37
3.1 Разработка зажимного приспособления	37
3.2 Проектирование инструмента.....	43
4 Экологичность и безопасность проекта.....	48
5 Экономическая эффективность работы	51
Заключение	55
Список используемых источников.....	56
Приложение А Технологические карты	60
Приложение Б Спецификация приспособления	65
Приложение В Спецификация на инструмент	67

Введение

Станкостроение играет ключевую роль в экономике любой страны, так как является основой для производства конкурентоспособной продукции. Станки и другое технологическое оборудование, производимые в указанной отрасли, используется в различных областях промышленности, таких как судостроение, автомобилестроение, энергетическое машиностроение, самолетостроение и аэрокосмическая промышленность, военно-промышленный комплекс.

Производство современных станков позволяет увеличить производительность труда, снизить затраты на производство, и при этом также повысить качество выпускаемой продукции. Благодаря современным технологиям в станкостроении возможно автоматизировать производственные процессы, что способствует дополнительному увеличению эффективности производств.

Создание конкурентоспособной продукции в любой отрасли невозможно без использования точных, высокопроизводительных, автоматизированных станков. Благодаря использованию новых конструкторских решений по компоновке, материалов, средств автоматизации в станкостроении, предприятия могут выпускать продукцию высокого качества, соответствующую международным стандартам. Это позволяет экспортировать эти изделия за границу и конкурировать на мировом рынке.

Важную роль станкостроение играет и в социальных процессах. Развитие данной отрасли способствует созданию новых высококвалифицированных рабочих мест, повышению уровня жизни работников, развитию инженерных и технических специальностей. Кроме того, успешные предприятия станкостроения активно участвуют в социальных программах и проектах, способствуя развитию образования, здравоохранения и культуры.

Основным объектом производства в станкостроении являются металлорежущие станки. Большую долю из них занимают станки токарного типа.

Станок - это сложный механизм, предназначенный для преобразования деталей с помощью режущего инструмента путем снятия слоя материала. При этом осуществляется резание при вращении заготовки при поступательных перемещениях инструмента.

Компоновка токарного станка представляет собой систему взаимосвязанных базовых элементов, обеспечивающих их взаимодействие, выполнение полезной работы: управляемого снятия материала.

Основой токарного станка является станина. Это сложный по форме корпус, который обеспечивает жесткость и устойчивость всей конструкции станка. У станины есть направляющие, на которых располагаются все основные подвижные элементы станка: суппорт, задняя бабка. Со станиной связаны другие элементы: передняя бабка с главным шпинделем и коробкой скоростей, подач и передаточными механизмами.

Главный шпиндель токарного станка - это основной вращающийся элемент станка, который определяет скорость резания. Заготовка закрепляется в приспособлении, которое должно точно фиксироваться на посадочном фланце шпинделя. Он принимает на себя нагрузку от сил резания, обеспечивая заданное вращение заготовки. В зависимости от мощности и крутящего момента станка он может иметь различные размерные характеристики, но, как правило, является относительно не жестким элементом при очень высоких требованиях по точности.

Коробка подач служит для создания заданного перемещения суппорта относительно заготовки в продольной и поперечной плоскости. Подача может автоматически изменяться по программе. Коробка скоростей служит для вращения шпинделя с заданной частотой.

Суппорт с резцедержателем - это устройство, позволяющее закрепить различные режущие инструменты и обеспечить их позиционирование в рабочей зоне станка.

Назначение суппорта заключается в обеспечении точности и качества обработки заготовки за счет фиксации инструмента в необходимом положении, удержании его в нем с заданной точностью и жесткостью.

Суппорт токарного станка скользит по направляющей станины за счет кинематической пары винт-гайка. Ходовой винт вращается с заданной частотой от коробки подач. Гайка закрепляется в корпусе суппорта и передает на него осевые движения. В случае необходимости создается поперечное смещение при помощи каретки, которая скользит по верхней направляющей самого суппорта. Для этого используется отдельный шаговый привод.

Базовое основание суппорта является сложной конструктивной деталью в которой поверхности скольжения должны быть взаимно ориентированы с высокими техническими требованиями по параллельности и плоскостности. Только в этом случае можно обеспечить необходимую точность и контактную жесткость в местах стыков. Высокое качество поверхности также обеспечивает длительный ресурс работы данного узла.

Для нормального функционирования станка необходимо обеспечивать следующие требования к эксплуатации суппорта. Необходима регулярная проверка и обслуживание узлов и деталей суппорта. Выбираемый инструмент должен соответствовать посадочным местам суппорта, а также должна соблюдаться правильная технология его установки и закрепления.

Длительное использование с заданными характеристиками станка возможно при условии использования корректных режимов резания для обработки с учетом свойств различных материалов.

Чтобы станок имел самые высокие характеристики по точности, необходимо обеспечить ряд технологических требований к суппорту. Должна быть при проектировании обеспечена высокая конструктивная

жесткость (выдержано соотношение размеров трущихся и опорных поверхностей, предусмотрены ребра жесткости). Требования к трущимся поверхностям по твердости, точности, шероховатости должны быть оптимальными для заданных условий работы станка. Это является одним из главных факторов, который гарантирует надежность его работы.

Производительность станка зависит от возможностей быстрой и удобной смены инструмента при обработке различных деталей, что достигается рациональной компоновкой суппортного узла, включая его базовое основание. Сокращаются непроизводительные затраты при легкой и доступной возможности регулировки положения инструмента.

Суппорт токарного станка, наряду со станиной, коробками подачи и скоростей и шпинделем, играет важную роль в процессе обеспечения эффективности токарной обработки.

Создание высокоточных деталей невозможно без оборудования соответствующей точности. Производство станков нормальной точности и прецизионных станков в точном машиностроении отличается, прежде всего, тщательностью подготовки к их изготовлению (этап технической подготовки производства), использованием более дорогих и сложных методов обработки на финишной стадии их изготовления. Прецизионные станки проходят более строгий контроль качества и обработки, чем станки нормальной точности.

Для обеспечения стабильности обработки, гашения колебаний, температурных возмущений необходимо использование для деталей прецизионного оборудования более качественных материалов. При изготовлении прецизионного оборудования используются системы управления обработкой для очень точного позиционирования режущего инструмента. Используются другие подходы к общей организации производственного процесса, включая поддержания стабильной температуры окружающей среды за счет создания термо-константных помещений, виброизоляция обрабатываемого оборудования, использование высококвалифицированной силы.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали

Основание в виде опорной плиты является базовым элементом суппорта модульного токарного станка (рисунок 1). Эта деталь предназначена для движения по продольным направляющим станины и перемещается по ним при помощи кинематической пары винт-гайка [1]. Сама гайка в корпусе фиксируется при помощи крышки, в которой совместно с основанием плиты сделано цилиндрическое отверстие. По краям данного отверстия находятся стопорные канавки для установки подпружиненных колец. Сама крышка к основанию снизу крепится резьбовыми соединениями - винтами.

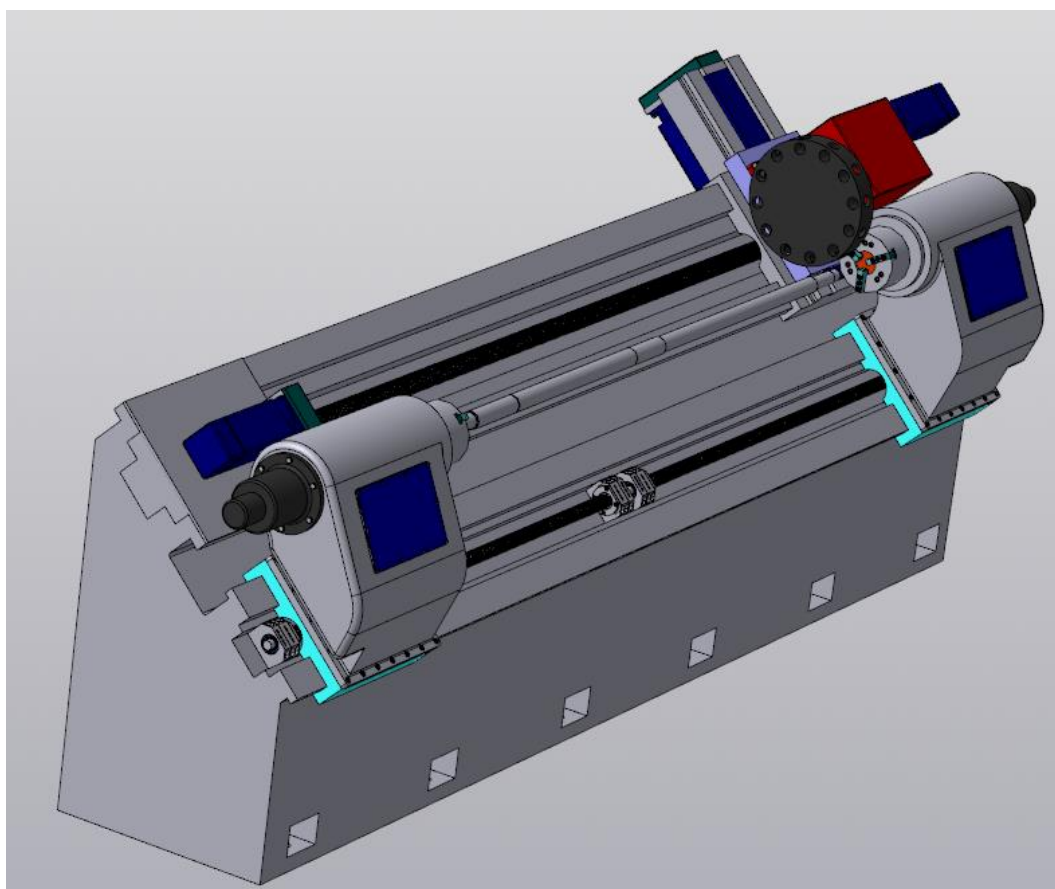


Рисунок 1 - Станочный комплекс

Суппорт показан на рисунке 2.

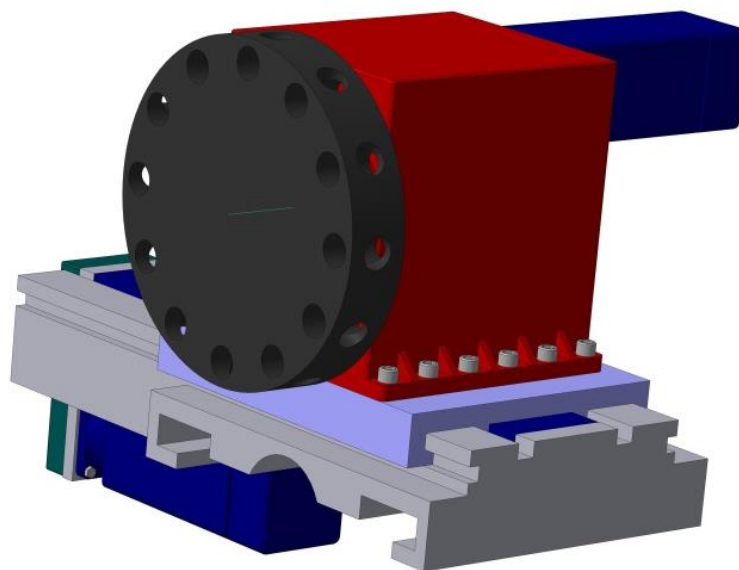


Рисунок 2 – Суппорт

По внешней наружной направляющей в основании в виде паза перемещается направляющая каретка с револьверной головкой. Она приводится в движение при помощи ходовой пары винт-гайка с шаговым приводом, которой фиксируется в кронштейне основания и также крепится винтами.

Для установки поперечного ходового винта выполнены два направляющих соосных отверстия с резьбовыми отверстиями для закрепления крышек с двух сторон.

Опорная плита (рисунок 3) работает следующим образом. После закрепления инструментов в револьверной головке и установки заготовки в зажимной патрон токарного станка, суппорт, деталью которого является опорная плита, перемещается при помощи продольной ходовой пары винт-гайка вдоль оси заготовки. Для изменения положения инструментов в поперечном направлении применяется ходовая пара, установленная непосредственно на опорной плите.

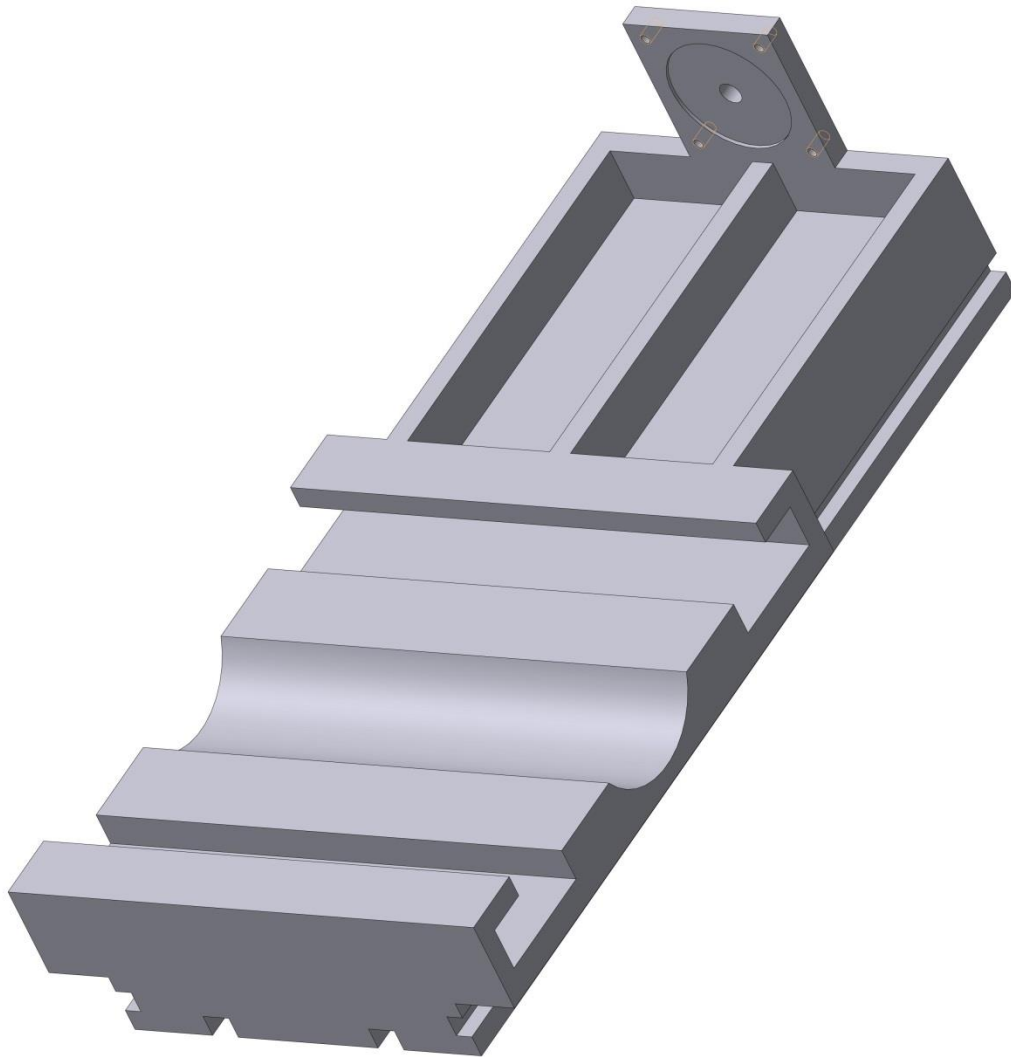


Рисунок 3 – Опорная плита суппорта

Условия работы детали: тяжело нагруженная, нагрузки динамические. Большие силы трения возникают в направляющих опорной плиты с двух сторон. Скольжение осуществляется при движении опорной плиты по продольным направляющим трения, по плоскостям, замкнутым Т-образным пазам. Перемещение поперечной каретки ведется по верхней опорной плоскости и по продольным направляющим пазам (рисунок 4).

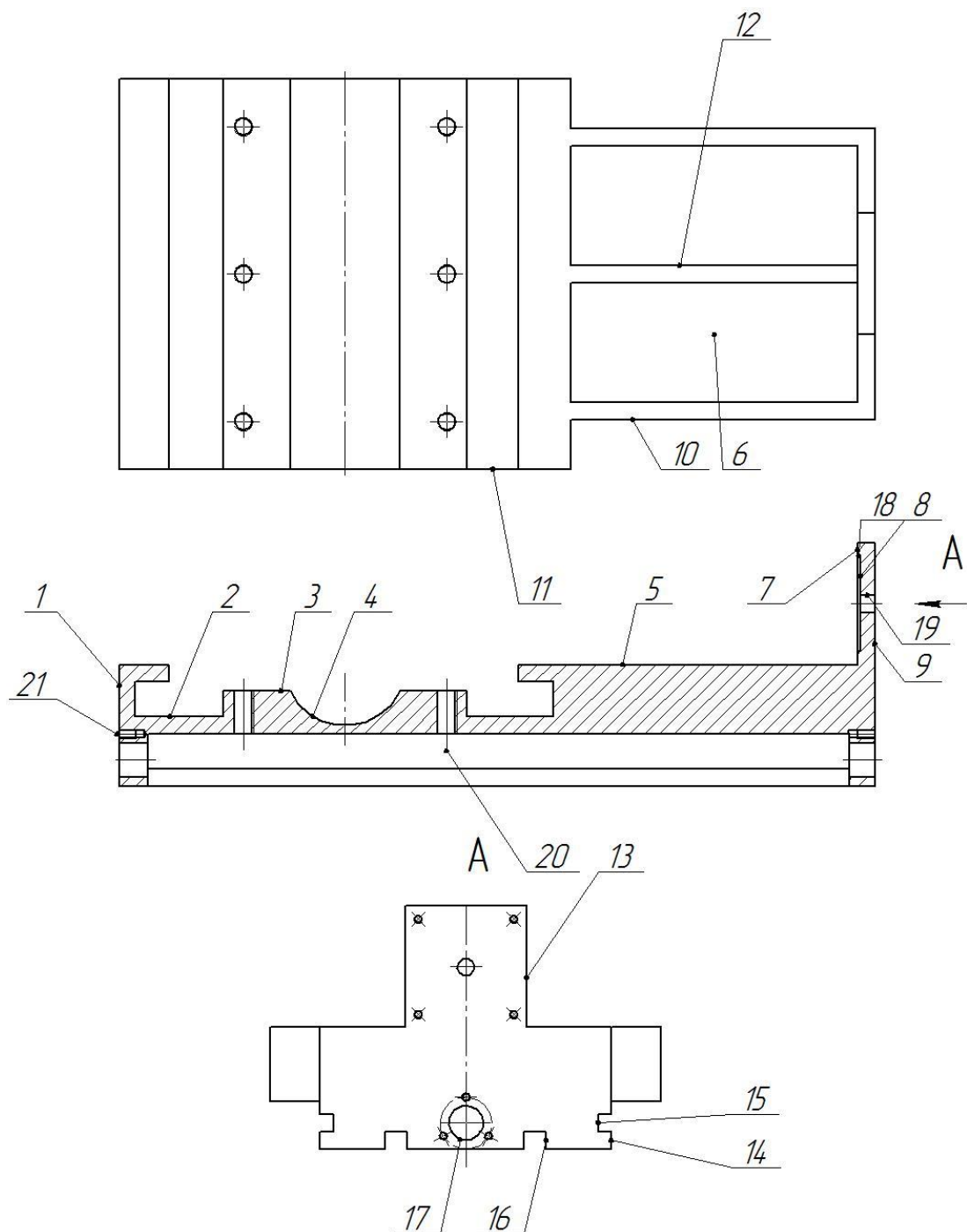


Рисунок 4 – Схема поверхностей плиты

Комплекс технических требований по точности расположения поверхностей является высоким, так как от него непосредственно зависит точность обработки на токарном станке.

Для анализа технических требований проведена систематизация рабочих поверхностей по назначению.

Исполнительными поверхностями будут те, которые обеспечивают движение суппорта по направляющим и каретки по опорной плите. Это установочные плоскости 2 и направляющие пазы 15, 16.

Основной конструкторской базой будет направляющая, обеспечивающая установку суппорта на станину станка 2. Эти поверхности совпадают с Т-образными пазами.

Вспомогательной конструкторской базой будут являться все остальные присоединительные поверхности, по которым происходит установка приводов, ходовых винтов с подшипниковыми узлами, корпуса с гайкой, а также все резьбовые отверстия для крепежных элементов. Свободными поверхностями являются несколько больших плоскостей, которые не участвуют в позиционировании суппорта и других деталей на суппорте. Они будут относиться к категории свободных поверхностей. Типовые технические требования на направляющей выбираем с учетом точности, необходимой для реализации станка. Это 8 квалитет, шероховатость 1,25 микромметр. Допуск по параллельности направляющей варьируется от 0,012 до 0,02 мм.

1.2 Анализ технологичности

Деталь является пространственно большой. Ее размеры по направлению длина ширина высота равны соответственно 870x450x280 мм. При высоких требованиях по точности расположения - параллельности координирующих плоскостей, все это делает обработку детали достаточно сложной [2].

С точки зрения технологичности все основные элементы станков можно считать не технологичными. Это связано, во-первых, с габаритами детали. Они большие, а масса детали значительная. Это делает вопрос ее установки, перемещения сложными, так как необходимо задействовать грузоподъемные устройства, а при выверке - обеспечивать ее поддержку.

Деталь имеет внутренние труднодоступные поверхности. Из-за этого подвод режущего и контрольного инструмента будет затруднен. Форма поверхности заготовки также представляет проблемы, так как есть поднутрения [3].

При использовании отливки возникают технологические сложности по ее получению. Необходимо использовать в труднодоступных местах или сплошное заполнение материалом с последующей длительной механической обработкой, или использовать сложные методы получения исходной заготовки.

Сама общая конфигурация является нерациональной из-за выступа кронштейна. Без него деталь представляла бы собой простую плиту, но с кронштейном необходимо использовать или заготовку прокат (если выбрать сталь), у которой большая часть объема уйдет в стружку, или использовать методы получения заготовки с формированием этого выступа.

Сама деталь представляет собой набор конструктивных элементов стандартных по форме и техническим требованиям [5].

Набор резьбовых отверстий для фиксации унифицирован, что сокращает номенклатуру режущего инструмента. Обеспечение технических требований по параллельности отдельных элементов – направляющих, требуют их изготовления целиком за один установ.

Обеспечение относительного расположения направляющих пазов с продольным и поперечным движениями требует правильного позиционирования заготовки на последовательно выполняемых операциях, так как выполнить обработку на одном установе эти поверхности невозможно. А так как они имеют сложную форму, базирование этой заготовки будет представлять проблему.

Обеспечение соосности отверстий под ходовой вал также является сложной технологической задачей, так как они разнесены на расстоянии 870 мм. Использование одного инструмента для обработки за один установ в данном случае не рационально из-за отверстий диаметром 40 мм, что при

большом вылете делает инструмент не жестким. Поэтому если ориентироваться на диаметр стержня инструмента, то он должен быть около 30 мм.

Анализ технологичности получения заготовки опорной плиты. Деталь имеет большие размеры, полости, выступ в виде кронштейна. Из-за этого может при заливке металла плохо заполняться полость. Недостаточное качество материала может получиться из-за разной скорости остывания отливки в разных сечениях. Поэтому заготовка опорной плиты может содержать дефекты, включения или иметь неправильные размеры из-за коробления, что затруднит дальнейшую обработку [7].

Необходимо специализированное оборудование для тяжелого машиностроения для обработки массивных или больших заготовок. Масса получается у плиты 145,5 кг. Это затруднит ее транспортировку, установку и снятие на станке, выверку.

Обработка заготовок таких габаритов и соотношения размеров (толщина стенок доходит до 20 мм) проходит длительное время, сопровождается значительными силами резания и температурой. Это ведет к деформации, как во время обработки, так и после.

Сложность выполнения точных размеров и форм при обработке связана с длительным временем выполнения переходов, на которых инструмент меняет свои режущие способности очень сильно.

Обработка сложных профильных поверхностей или простых пазов, но жестко ориентированных относительно друг друга требует применения современных станков с ЧПУ, для обеспечения высокой точности положения и перемещения инструмента и производительности.

На эффективность обработки этой детали оказывает влияние сборочная операция. Данную деталь необходимо обработать совместно в сборе с корпусом, куда будет устанавливаться гайка. Точное соответствие размеров и форм каждой детали для правильной сборки узла обеспечивается их предварительной обработкой. Далее их позиционируем операцией

штифтования после совместного сверления, зенкерования и развертывания [8]. Необходимо использование специализированных инструментов и технологий сборки для обеспечения формы направляющих пазов. Требуется Т-образный инструмент.

Опорная плита должна пройти комплексный контроль допусков по параллельности и плоскостности пазов и направляющих элементов. Необходимо провести испытания на качество поверхности (износостойкость, шероховатость). Только в этом случае будет обеспечена надежность, устойчивость и работоспособность станка.

Выводы по разделу

Выполнены анализ по условиям работы плиты, классификация поверхностей, сделан анализ технологичности.

2 Технологическая часть

2.1 Выбор типа и стратегии производства

Для заданного объема выпуска 10 штук и массы тип производства мелкосерийный. Оборудование и оснащение универсальное. Автоматизация процесса за счет ЧПУ.

2.2 Обоснование выбора заготовки

Существует несколько способов получения заготовки для элемента суппорта – опорной плиты сложной формы.

Опорную плиту можно получить литьем из чугуна или литейной стали. Базовым материалом является чугун, так как он имеет высокую твердость [2]. Поэтому этот материал будет единственным возможным вариантом.

Для чугуна можно использовать только различные варианты литья. С учетом очень маленького объема выпуска детали, единственно приемлемым вариантом будет литье ее в землю. Получение песчано-глинистой формы по деревянной модели может обеспечить необходимую точность и запас по припуску. Можно использовать для подготовки литейной модели 3d-печать. Такую модель можно изготовить с помощью печати из пластика. Этот метод позволяет создавать детали сложной формы без необходимости использования сложных форм и приспособлений и за счет этого получить более точную конфигурацию полости в литейной форме.

После получения заготовки она требует предварительной обработки, прежде чем ее запускать на станки по снятию припуска. Необходимо удалить литниковую систему. Это будет выполняться на абразивно отрезном станке.

Далее необходимо провести очистку поверхности от следов формовочной смеси. Для этого можно использовать пескоструйную обработку.

Все, что касается обработки элементов станочного оборудования, связано с максимально возможной стабилизацией размерных параметров, так как любые коробления в период эксплуатации будут приводить к снижению нормативных параметров точности оборудования. Поэтому необходимо на начальном этапе максимально снизить и выровнять уровень остаточных технологических напряжений. Для этого необходимо использовать термообработку. Наиболее приемлемым вариантом является операция отжига, когда заготовка при некритичных скоростях нагрева и охлаждения подвергается длительной выдержке при повышенной температуре. Это даст возможность провести максимально возможную и быструю релаксацию остаточных напряжений.

При замене материала можно попробовать использовать другие методы получения заготовки. В данном случае, использование например поковки или штамповки из углеродистой стали не даст все равно возможности обеспечить максимальное приближение к форме детали с формированием всех полостей. Все равно их нужно будет фрезеровать. Литье в данном случае позволяет получить заготовку заданной сложной формы с относительно высокой точностью.

Если использовать максимально простую конфигурацию заготовки в виде проката из плиты доля механической обработки резко возрастает. Отрезка заготовки уже будет представлять проблему.

Далее опорную плиту можно обрабатывать на станке с программным управлением. Этот метод позволяет получить деталь с высокой точностью и качеством, а также обрабатывать сложные формы. Но из-за больших габаритов детали длительность обработки на таком станке будет занимать значительное время. При этом, даже при небольшой серии выпуска, загрузка оборудования только этой одной деталью будет очень большая. Для проектируемого производственного участка загрузка автоматизированного станка с ЧПУ одной деталью является недостатком, так как не используется основное его преимущество - быстрота переналадки.

Что касается материалов, то для изготовления опорной плиты сложной формы лучше всего использовать чугун и с точки зрения эксплуатационных показателей, и преимущество при литье. У чугунов высокая поверхностная твердость, что для поверхностей скольжения является критически важным фактором.

Металлические сплавы, такие как углеродистые или легированные стали необходимо специально закалять. Они обладают высокой прочностью, износостойкостью и теплопроводностью, что важно для работы опорной плиты как базового элемента суппорта в условиях высоких нагрузок и температур. Для обеспечения высокой твердости и износостойкости используют термообработку, направленную на формирование закалочных структур. Происходят резкие перепады температур по объему заготовки, которая отличается нестабильностью поперечного сечения. Это сопровождается всегда значительным короблением и увеличивает количество операций и переходов, и соответственно затраты на механическую обработку.

Использовать комбинированную заготовку с применением сварки также нежелательно. Любые сварочные работы приведут к формированию пиковых остаточных напряжений, что, естественно, отрицательно скажется на стабилизации размерных параметров. Сам этот процесс длительный и требует специальных сварочных приспособлений – кондукторов. Для получения корпусной заготовки при помощи сварки необходимо подготовить материалы исходных слитков или проката. При этом они также требуют предварительной обработки (зачистка, формирование кромок). Для соединения в заданном положении их надо зафиксировать в сварочном приспособлении специального типа. Очистить места соединения от загрязнений, окислов и жиров с помощью химических средств и щетки, чтобы обеспечить надлежащее качество сварки. Возможно, нужна будет разметка для определения границ стыкуемых деталей. Разметка заготовки выполняется с помощью металлорежущего инструмента, такого

как чертилка или циркуль, чтобы провести на заготовках маркировку установочных границ под стыкуемые детали. Сборка и закрепление их между собой сопровождается силами и деформацией.

С использованием выбранного метода сварки соединить детали между собой. После завершения сварки дать заготовке время остыть, затем необходимо удалить излишки шлака и провести дополнительные работы по обработке и шлифовке шва для получения ровной поверхности. Таким образом, выполнение всех вышеперечисленных этапов поможет получить корпусную заготовку при помощи сварки. Важно соблюдать все меры предосторожности при работе со сварочным оборудованием и следить за качеством сварочных швов для обеспечения прочности и надёжности соединений. Исходя из выше перечисленного, использование сварки не желательно.

Масса заготовки M_z

$$M_z = M_d/k, \quad (1)$$

где M_d – масса плиты, кг;

k – коэффициент использования материала.

Для литья плиты с обработкой пазов и плоскостей коэффициент будет не больше 0,75.

Тогда

$$M_z = \frac{145,5}{0,75} = 194 \text{ кг.}$$

Припуски примем для 12 класса точности размеров по ГОСТ 24645-85.

Ряд припусков 5. Для 12 класса точности припуски будут равны 7 мм на сторону. Для однократной обработки свободных поверхностей припуск будет 5 мм. Точность размеров 6 мм.

Смещение элементов формы 1,6 мм.

Допуски формы и расположения принимаем равными 2,4 мм.

2.3 Выбор методов обработки

Обработка для плиты ведется как для корпусной детали.

Обработка плоскостей трех кратная: фрезерование черновое и чистовое. Последний переход может быть шлифование плоское или фрезерование тонкое.

Для отверстий под установку подшипников узлов маршрут обработки следующий: растачивание черновое, получистовое и чистовое.

Под резьбовые элементы переходы такие: сверление, зенкование для фаски, нарезание резьбы.

Для Т-образных пазов обработка также по три перехода. Только все три выполняются фрезерованием Т-образной фрезой.

Выточка под фланец растачиванием производится после предварительного сверления центрального отверстия.

Последовательность технологических операций для всей детали стандартная. Сначала вся заготовка проходит черновую обработку. Схема установки везде по трем плоскостям.

После этого проводится обработка всех крепежных и базовых отверстий.

Далее следует получистовая обработка также по всем поверхностям. Чистовая проводится сначала по плоскостям фрезерованием или шлифованием, затем финишная обработка Т-образных пазов.

Последовательность обработки соответствует типовому маршруту обработки корпусных деталей.

Оборудование на всех операций (кроме шлифовальной если выберем) - станок с ЧПУ типа многоцелевого центра.

Для шлифования может использоваться плоскошлифовальный станок с обработкой периферией круга.

Для проверки плиты на соответствие требованиям чертежа необходимо выполнить после мойки комплексный контроль с использованием контрольно-измерительных приспособлений.

2.4 Выбор станков и средств оснащения

Выбираем фрезерный центр SPHINX-5X/160 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Станок SPHINX-5X/160

У него есть возможность регулирования положения стола относительно шпинделя в двух плоскостях.

Конус шпинделя – типоразмер IBAG BT50. Позиционирование на станке по всем трем осям с точностью 0,003 мм. Угол наклона стола до 30 градусов, поворот стола 360 градусов.

Высокая точность обработки достигается за счет повышенной жесткости и виброустойчивости станка, стабилизации температурного режима за счет системы охлаждения шпинделя.

Станок дает преимущество по обеспечению требований по чистоте воздуха рабочей зоны за счет системы подачи СОЖ, в том числе для смыва стружки в шарнирный конвейер и в бак.

Возможна обработка сразу по двум направлениям: горизонтальному и вертикальному за счет использования двух шпинделей.

Для реализации операции необходимо оснащение. Подбор оснастки включает выбор станочного приспособления для реализации схемы установки по трем плоскостям. Данный тип приспособления спроектирован в следующем разделе.

Подбор инструмента кроме конкретизации его конструкции включает правильный выбор инструментального материала.

Чугуны, в зависимости от своего строения, разделяются на виды. С учетом структурных особенностей, у них будет различная технологичность по обрабатываемости резанием. Поэтому подбор инструментального материала необходимо вести в зависимости от типа чугуна и его обрабатываемости.

Если использовать твердый сплав без покрытия, то это вольфрамкобальтовая группа. Если используется инструмент с покрытием на режущей части, то необходимо оптимизировать его состав для конкретного вида чугуна.

Основные типы чугунов - ковкий чугун (КЧ), чугун с шаровидным графитом (ВЧ) и серый чугун (СЧ) [2]. Они отличаются структурой, формой графита, его размерами, расположением. Режущий инструмент для обработки чугуна в основном твердый сплав. Может также использоваться

поликристаллический кубический нитрид бора. Правильный выбор инструментального материала с учетом материала заготовки приводит к повышению стойкости и снижению износа инструмента. Попутными положительными эффектами этого является снижение шероховатости, уменьшение технологической себестоимости.

Износостойкое покрытие режущего инструмента естественно влияет на производительность, как за счет увеличения скорости резания, так и сокращения не производственных затрат на его подналадку или замену.

Главным образом износ при резании происходит по задней поверхности режущего инструмента. Это фиксируется при помощи такого эксплуатационного показателя, как фаска износа. При использовании покрытия износ по задней поверхности инструмента намного меньше, чем у обычного твердого сплава.

Серый чугун обладает более высокой технологичностью по сравнению с высокопрочным или ковким чугунами. Износ при обработке этого материала меньше всего. Более интенсивный износ при обработке других видов чугуна связана с более высокими их характеристиками, такими как прочность и модуль упругости, а также плохая теплопроводность. Хорошие технологические свойства серого чугуна связаны с особенностями строения, которые придают ему хрупкость при малой прочности. Также серый чугун обеспечивает хорошую теплопроводность.

С учетом рекомендаций [15] по переходам инструмент для фрезерования плоскостей будет фреза торцовая сборная R290-250Q60-12L диаметр 250 мм 12 зубьев.

Длиннокромочная фреза 690-040HA06-1046H 12/2 имеет возможность работать периферией, обеспечивая за один проход формирование стенки паза на всю глубину.

Дисковые фрезы R331.32-200Q40LM, 12 зубьев для пазов в диапазоне 18-20 мм и N331.32-200S50RM12 зубьев для пазов в диапазоне 24-25 мм вместе с оправками используются для обработки направляющих пазов.

Конструкции фрезерных инструментов показаны на рисунке 6.

Сборная конструкция дает возможность оперативной замены режущих пластин, снижая не производственные затраты.

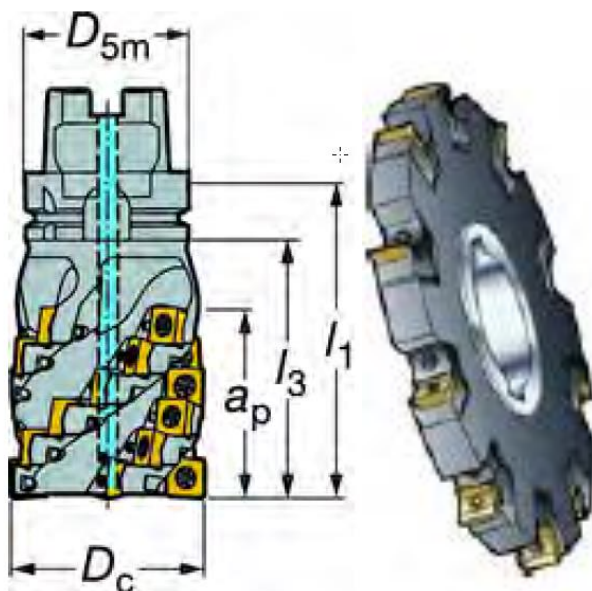


Рисунок 6 – Конструкции длиннокрайной и дисковой пазовой фрез

Для повышения стойкости режущего инструмента рекомендуют использовать комбинации различных карбидов и оксида алюминия [23]. Толстослойное покрытие из чередующихся слоев карбонитрида титана TiCN, карбида титана TiC, оксида алюминия Al₂O₃, нитрида титана TiN является лучшим выбором, в том числе для высокоскоростной обработки. Способ получения - высокотемпературное химическое осаждение. Аналогичные результаты показывают покрытия полученные методом физического осаждения из паровой фазы.

Экспериментальные исследования обработки чугунов показали, что по сравнению с карбонитридом титана TiCN и карбидом титана TiC, самые высокие результаты показывают покрытия из нитрида титана алюминия TiAlN. Снижение трения при использовании инструмента с использованием покрытия TiAlN приводит к уменьшению температуры в зоне резания.

Для отделочной обработки, где необходима высокая красностойкость, кроме твердого сплава можно использовать инструмент из нитрида кремния Si_3N_4 .

Еще один тип материала покрытия может использоваться для инструмента для разных режимов обработки, как непрерывного, так и прерывистого резания: нитрид хром алюминия CrAlN . Для него прирост стойкости в 2 раза относительно твердого сплава без покрытия.

Толщина покрытий варьируется в широких пределах и может составлять от 0,5 мкм до 3 мкм. Сами покрытия могут формироваться многослойными, с индивидуальной толщиной каждого слоя. Рост толщины покрытия приводит к снижению его твердости, которая измеряется по системе Виккерса. Также это сопровождается увеличением шероховатости рабочих поверхностей инструмента. Особенность толстослойного покрытия в том, что интенсивность износа у него в период работы носит переменный характер. Сначала он уступает тонкослойным покрытиям и имеет резкий прирост износа. Затем скорость износа падает. Период стойкости инструмента с толстым покрытием значительно превосходит инструмент с тонкослойным покрытием.

Применение разных покрытий ведет к различным механизмам износа при резании. В зависимости от материала могут наблюдаться разные сочетания адгезионного, абразивного и окислительного износов.

При этом действие механизмов может быть различным по передней и задней поверхностям режущего инструмента, что связано с особенностями процессов трения, распределения температур и контактных давлений. Проведенные эксперименты показывают, что основной причиной износа является сродство материала покрытия инструмента и материала заготовки. При увеличении этого параметра растет доля адгезионного износа. Для серого чугуна наиболее предпочтительным является покрытие из наноструктурированного TiAlSiN . Данное покрытие при формировании дает двухкомпонентную структуру из нитрида кремния и нитрида титана. При этом

работоспособность данного покрытия обеспечивается и при тонком слое. Если использовать нитрид алюминия в сочетании с карбидом титана, здесь более рациональным является использование толстослойного покрытия, которое демонстрируют наименьший прирост износа на стадии близкой к критической. Это значительно продлевает срок службы режущего инструмента [21], [22].

Для обработки отверстий под резьбу в кронштейне для установки шагового привода и для крепления крышек под ходовой вал используем сверление и нарезание резьбы метчиком: сверло спиральное 2310-0376, диаметр 8мм, материал - P18 ОСТ 2И20-7-80 и метчик 2629-2053 Р6М5Ф3 ГОСТ 17928-72.

Для отверстий под подшипники ходового вала необходимо сверление диаметром 36 мм, растачивание черновое и чистовое.

Резьбонарезание для отверстий под корпус гайки ходового вала проводится последовательно сверлом 20 мм и метчиком М22.

Растачивание черновое, получистовое и чистовое оправкой расточной.

Под штифты используем сверло 2310-0387 диаметр 10 мм, P18 ОСТ 2И20-6-80, зенкер 11 мм и развертка 12 мм.

Сверление 20 мм отверстия в кронштейне под проход штока.

Для финишной обработки используем плоскошлифовальный станок UNIVEQ USG 40100NC2 с контроллером (PLC). На столе размером 400 на 1000 мм заготовка устанавливается и фиксируется на магнитном столе.

2.5 Расчет операционных размеров и припусков

Размеры окончательные равны размерам с чертежа. Промежуточные принимаем следующие. Если обработка двух переходная, ориентировочный расчет припуска для чистовой обработки может быть выполнен по формуле

$$\Delta = 0,01d, \quad (2)$$

где Δ - припуск, мм;

d - диаметр детали, мм.

Например, для отверстия 70 мм припуск будет равен 0,7 мм. Для отверстия 40 мм он будет 0,4 мм. Под фрезерование принимаем 0,5 мм на сторону [9].

Остальное разбиваем на проходы. Если общий припуск 7 мм, то на черновом этапе необходимо снять 6,3 мм. Для обработки отверстия это много. Разобьем его на получистовое растачивание 1,2 мм и черновое 5,1 мм, которое выполним за два прохода с глубиной 3,1 мм и 2 мм на одном режиме [11].

Для плоскости черновой припуск по проходам 4 мм и 2,3 мм.

Соответствующие размеры пересчитываем по глубине резания. Для растачивания диаметры будут для отверстия под гайку.

Чистовой размер 69,963 мм с допуском 0,074 мм. Припуски минимальный и максимальный соответственно 0,7 мм и 0,73 мм

Получистовой размер 68,50 мм с допуском 0,16 мм. Припуски минимальный и максимальный соответственно 1,2 мм и 1,36 мм

Черновой размер (2 проход) 65,77 мм с допуском 0,16 мм. Припуски минимальный и максимальный соответственно 2 мм и 2,14 мм

Черновой размер (1 проход) 61,49 мм с допуском 0,74 мм. Припуски минимальный и максимальный соответственно 3,1 мм и 5,7 мм.

Для отверстия 40 мм использование мерного инструмента упрощает задачу. После зенкерования 39,5 мм с допуском 0,062 мм. После сверления 38 мм с допуском 0,25 мм.

Для фрезерования размеры считаем аналогично. Плоскость с базой по поверхности 12 и размером от нее же. Допуск на чистовой переход (8 квалитет) 0,039 мм, получистовой (10 квалитет) 0,062 мм и черновой (13 квалитет) 0,25 мм. Размеры 140 мм, 140,5 мм, 142,8 мм, 146,8 мм.

Остальные размеры считаются аналогично или по справочнику [13].

2.6 Разработка операций

Расчет режимов ведется для трех блоков: фрезерование, обработка осевым инструментом и растачивание. Для всех них переходы по расчету аналогичные. Порядок выбора: глубина резания, подача, скорость резания, обороты.

С использованием калькулятора режимов резания фирмы Walter получены данные для сверления инструментом различного диаметра (рисунок 7, 8 и 9). Скорости резания выбирались по справочным данным соответствии с инструментальным материалом Р6М5.

← Сверление		симметрич.					
К Серый чугун высокой прочности / аустенитный (HB 245, Rm 825 N/mm ²)	Диаметр	20.00	Скорость резания	42	Частота вращения, об./мин	668	
	Поддача на оборот	0.12	vc m/min	95	n RPM		
Минутная подача	80	Глубина отверстия	25	КПД станка	13	Критерий износа	
fn mm/rev	vf mm/min	lm mm	η %				
Формулы расчета				Удельный съём материала	37.77 cm ³ /min		
				Время обработки	18.71 Секунд		
				Момент	22.49 Mc Nm		
				Мощность	1.66 Pmot KW		

Рисунок 7– Расчет режимов резания для сверления отверстия 20 мм

Для фрезерования используем данные из каталогов для режущего инструмента, выбранного для переходов по обработке плоскостей, пазов. Пазы обрабатывается инструментами двух типов, длиннокрайковой фрезой и дисковыми фрезами. Для каждого из этих видов фрез скорость резания и подача выбираются отдельно.

← Сверление		симметрич.								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 24px;">К</div> Серый чугун высокой прочности / аустенитный (HB 245, Rm 825 N/mm ²)	Диаметр	8.00	Скорость резания	42	Частота вращения, об./мин	1670				
	Поддача на оборот	0.12	Минутная подача	200	Глубина отверстия	20	КПД станка	95	Критерий износа	13
Формулы расчета	<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #f0f0f0;">fx</div>		Удельный съём материала 15.11 см ³ /мин		Время обработки 5.99 Секунд		Момент 3.60 Mc Nm		Мощность 0.66 Pmot KW	

Рисунок 8 – Расчет режимов резания для сверления отверстия 8 мм

← Сверление		симметрич.								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 24px;">К</div> Серый чугун высокой прочности / аустенитный (HB 245, Rm 825 N/mm ²)	Диаметр	10.00	Скорость резания	42	Частота вращения, об./мин	1336				
	Поддача на оборот	0.12	Минутная подача	160	Глубина отверстия	20	КПД станка	95	Критерий износа	13
Формулы расчета	<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #f0f0f0;">fx</div>		Удельный съём материала 18.89 см ³ /мин		Время обработки 7.49 Секунд		Момент 5.62 Mc Nm		Мощность 0.83 Pmot KW	

Рисунок 9 – Расчет режимов резания для сверления отверстия 10 мм

По каталогу скорость торцового фрезерования для черновой обработки v_p равна для торцовой фрезы 140 м/мин, для чистового 205 мм/мин.

Скорость резания для концевой и длиннокрайковой фрез будет одинаковой. Для черновой обработки 240 м/мин, для чистового 280 мм/мин.

Принятая стойкость фрез T 40 мин.

T-образная фреза имеет скорость черновую 110 м/мин, для чистовой обработки v_p примем 150 м/мин по справочнику [2].

Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

где v_p – принятая скорость резания, м/мин;

D – диаметр фрезы или сверла, мм.

Торцовые фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3.14 \cdot 250} = 178 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 205}{3.14 \cdot 250} = 261 \text{ об/мин.}$$

Длиннокромочные фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot 240}{3.14 \cdot 40} = 1910 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{3.14 \cdot 40} = 2230 \text{ об/мин.}$$

Дисковые фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot 240}{3.14 \cdot 200} = 382 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{3.14 \cdot 200} = 446 \text{ об/мин.}$$

T-образные фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 60} = 583 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3.14 \cdot 60} = 796 \text{ об/мин.}$$

Подача на зуб будет примерно одинаковая. Для торцовых фрез: 0,17 и 0,06 мм/зуб. Для длиннокромочных фрез: 0,15 и 0,11 мм/зуб. Для дисковых: 0,12 и 0,06 мм/зуб.

С учетом оборотов фрез и подач минутные подачи

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot z \cdot n, \quad (4)$$

где z – количество зубьев фрезы;

n – обороты, об/мин.

Для торцовых фрез

$$S_{\text{мин}} = 0,17 \cdot 12 \cdot 178 = 363 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,06 \cdot 12 \cdot 261 = 188 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Для длиннокрючковых фрез

$$S_{\text{мин}} = 0,15 \cdot 2 \cdot 1910 = 573 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,11 \cdot 2 \cdot 2230 = 490 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Для дисковых фрез

$$S_{\text{мин}} = 0,12 \cdot 12 \cdot 382 = 550 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,06 \cdot 12 \cdot 446 = 321 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Для Т-образных фрез

$$S_{\text{мин}} = 0,15 \cdot 2 \cdot 583 = 175 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,11 \cdot 2 \cdot 796 = 175 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Сила фрезерования для торцевой фрезы

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{\text{ст}}^\omega} \cdot K_{\text{мр}}, \quad (5)$$

где C_p , $K_{\text{мр}}$ – коэффициенты;

x, y, n, u, q, ω – показатели степени» [16].

Коэффициент

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (6)$$

где n – показатель степени.

Для чугуна СЧ25 с твердостью 156 - 260 МПа выберем среднее значение 190 МПа

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4} = 1.$$

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,89.$$

Для первого перехода с глубиной 4 мм и подачей 0,17 мм/зуб

$$P_z = \frac{10 \cdot 491 \cdot 4^1 \cdot 0,17^{0,75} \cdot 250^{1,1} \cdot 12}{250^{1,3} \cdot 178^{0,2}} \cdot 0,89 = 6529 \text{ Н.}$$

Условие для осуществления резания

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \lambda, \quad (7)$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность станка, кВт;

λ - КПД станка.

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (8)$$

$$N = \frac{6529 \cdot 140}{1020 \cdot 60} = 14,9 \text{ кВт.}$$

$$14,9 \leq 18 \cdot 0,95 = 17,1.$$

Для самого нагруженного перехода обработка возможна.

На рисунке 10 показана потребляемая мощность с учетом объема снимаемой стружки (на графике для стали, но принцип такой для чугуна).

Для всех остальных переходов режимы считаются по аналогичной схеме.

Выполним нормирование операций. Для этого надо знать основное время

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \quad (9)$$

где i - количество проходов (для каждого режима 1);

L – длина рабочего хода, мм.

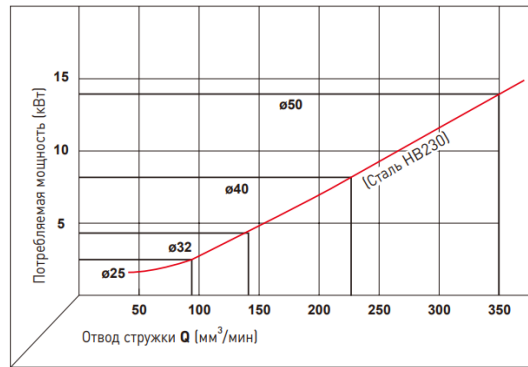


Рисунок 10 – График мощности резания от объема стружки

Для нее надо учесть

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \quad (10)$$

где l_0 - длина резания, мм;

l_1 - величина врезания, мм;

l_2 -величина перебега, мм» [12].

Врезание и перебег

$$l_1 = 0,5 \left[d_\phi - \sqrt{d_\phi^2 - B^2} + \frac{t}{tg\phi} \right], \quad (11)$$

$$l_2 = l_1 + (5 \dots 10) \text{ мм.}, \quad (12)$$

где d_ϕ - диаметр фрезы, мм;

B - ширина фрезерования, мм;

t - глубина фрезерования, мм;

ϕ - главный угол фрезы в плане, град.

$$l_1 = 0,5 \left[250 - \sqrt{250^2 - 167^2} + \frac{4}{tg45} \right] = 30 \text{ мм,}$$

$$l_2 = 30 + 10 = 40 \text{ мм.}$$

Для 005 операции длина поверхности 470 мм. С учетом врезания и перебега – 540 мм. Для торцовой фрезы проход один черновой и один чистовой. Для длиннокрамочной и Т-образной фрез по два одинаковых черновых и чистовых прохода.

Торцовое фрезерование

$$T_0 = \frac{540}{363} \cdot 1 = 1,5 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{540}{188} \cdot 1 = 2,9 \text{ мин.}$$

Для остальных фрез

$$T_0 = \frac{540}{573} \cdot 2 = 1,9 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{540}{490} \cdot 2 = 2,2 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{540}{175} \cdot 2 = 6,2 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{540}{175} \cdot 2 = 6,2 \text{ мин.}$$

Суммарное время

$$T_0 = 1,5 + 2,9 + 1,9 + 2,2 + 6,2 + 6,2 = 20,9 \text{ мин.}$$

Для операции 010 для общей длины детали 870 мм и учитывая двойное перекрытие по ширине

$$L = (870 + 30 + 40)2 = 1880 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{1880}{363} \cdot 1 = 5,2 \text{ мин.}$$

Если учесть проход чистовой

$$T_0 = \frac{1880}{188} \cdot 1 = 10 \text{ мин.}$$

Для уступов надо будет с каждой стороны по два прохода черновых и один чистовой

$$T_0 = \frac{870+20+5}{573} \cdot 4 = 6,2 \text{ мин.}$$

Если учесть проход чистовой

$$T_0 = \frac{895}{490} \cdot 2 = 3,7 \text{ мин.}$$

Для дисковых фрез один проход черновой и один чистовой

$$T_0 = \frac{870+40+15}{550} \cdot 2 = 3,8 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{925}{321} \cdot 2 = 5,8 \text{ мин.}$$

Суммарно основное время на фрезерной операции по обработке скользящей плоскости

$$T_0 = 5,2 + 10 + 6,2 + 3,7 + 3,8 + 5,8 = 34,7 \text{ мин.}$$

«Для всей операции находим норму штучного времени:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от}, \quad (13)$$

где T_0 – основное технологическое время;

$T_в$ – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время обслуживания;

$T_{пер}$ – время перерывов в работе» [14].

С учетом серийности штучно – калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{н-з}/n + T_{шт}, \quad (14)$$

где $T_{н-з}$ – подготовительно – заключительное время;

n – объем партии запуска заготовок.

Вспомогательное время найдем укрупненно для многоцелевой операции с контролем 6 параметров, сменной 6 инструментов, установкой-снятием заготовки массой около 160 кг равным 25 мин. С учетом 11% на оперативное время как суммы 25 и 34,7 мин получаем 10,4 мин. Подготовительно - заключительное время 45 мин и партия 1 штука. Общее время на 005 операции и общее время на операции на 010 операции

$$T_{шт} = 20,9 + 25 + 10,4 + 45 = 101,3 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 34,7 + 25 + 10,4 + 45 = 115,1 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу

В разделе разработана технология изготовления опорной плиты (выбрана и спроектирована отливка, станки, оснащение, рассчитаны размеры и припуски, режимы резания, нормы времени).

3 Проектирование оснастки

3.1 Разработка зажимного приспособления

Станочные приспособления используются для фиксации и установки заготовки на станке. Они обеспечивают заданную точность и повторяемость технологических операций, производительность и безопасность работы.

Проведем выбор типа приспособления на фрезерную операцию. Основные виды станочных приспособлений универсальные наладочные и безналадочные приспособления, специализированные наладочные приспособления, сборно-разборные приспособления [18].

Их состав, особенности применения зависят от типа производства [10]. Универсальные приспособления предназначены для обработки широкого спектра деталей с различными геометрическими формами. Состав таких приспособлений обычно включает различные зажимные устройства, поддерживающие и направляющие элементы, крепежные детали. Они широко используются на универсальных станках для выполнения разнообразных технологических операций.

В данном случае для мелкосерийного производства использование универсального без наладочного приспособления не рационально из-за габаритов и массы заготовки. Все данные для расчетов указаны в таблице А.1 приложения А и таблице А.2 приложения А.

Наладочные приспособления предназначены для выполнения специфических операций обработки, которые требуют особых подходов или специализированного оборудования. Они разрабатываются индивидуально для конкретных деталей и процессов, обеспечивая высокую точность и качество обработки.

Наладочное приспособление тоже трудно использовать из-за ограниченной серии [19].

Сборно-разборный тип приспособления формируется типовыми деталями, часто используемыми в производстве для обработки различных деталей или выполнения различных операций. Они имеют простую компоновку, стандартные размеры и обеспечивают высокую производительность процесса обработки [20].

Лучше всего применить сборно-разборный тип приспособления.

При выборе элементов станочного приспособления необходимо учитывать геометрию и размеры деталей, требования к точности и производительности обработки, тип используемого станка. Для многоцелевого станка выбираем базовую плиту размеров 1 м на 1 м. Это позволит скомпоновать на ней все необходимые установочные элементы.

Выбор схемы установки играет ключевую роль в обеспечении качества и производительности процесса фрезерования. Был выбран тип установки по трем плоскостям (рисунок 11).

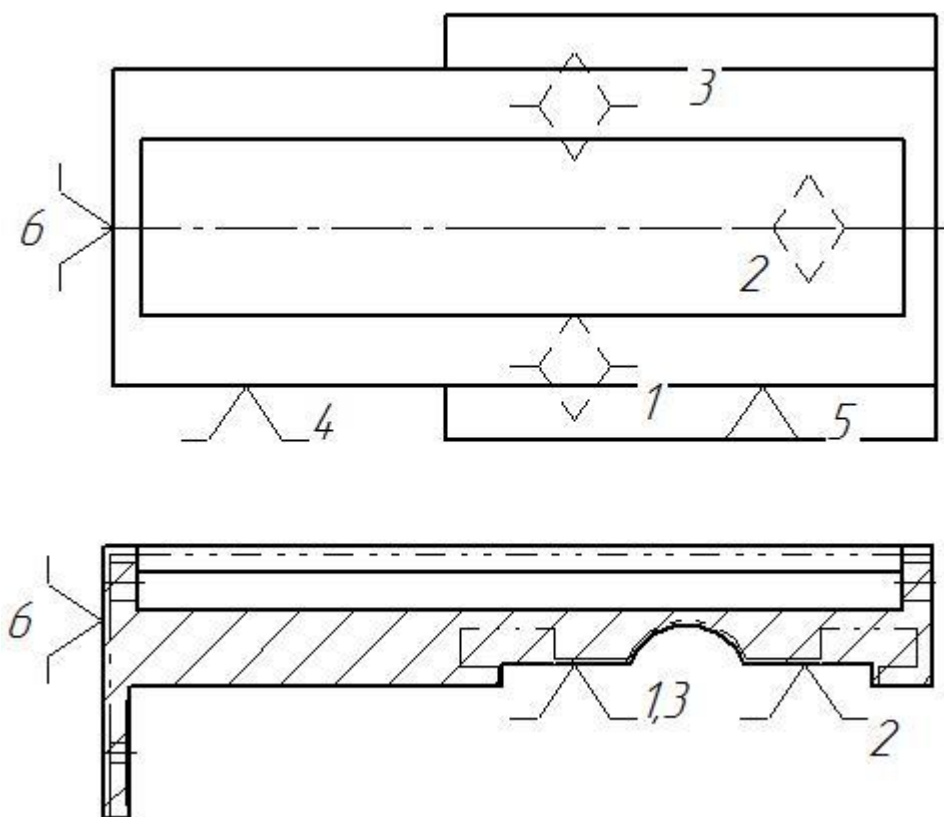


Рисунок 11 – Схема базирования

При проектировании нашего приспособления важно учитывать самый нагруженный переход, которым является фрезерование торцевой фрезой. Сила закрепления должна обеспечивать жесткость и точность фиксации заготовки, и при этом удобство настройки и обслуживания.

Для зажима заготовки применим прихваты. Это элементы приспособления, которые используются для фиксации заготовки на базовой плите (рисунки 12 и 13). Выбираем их с пневматическим приводом.

Для расчета минимальной силы закрепления заготовки на станке при известном приспособлении и режимах резания необходимо учитывать разные факторы [21]. Минимальная сила закрепления заготовки должна быть достаточной для предотвращения ее смещения или падения во время работы. Если сила закрепления недостаточна, то это может привести к повреждению оборудования и травмам работников.

Для определения сил зажима используем рассчитанную силу резания 6529 Н.

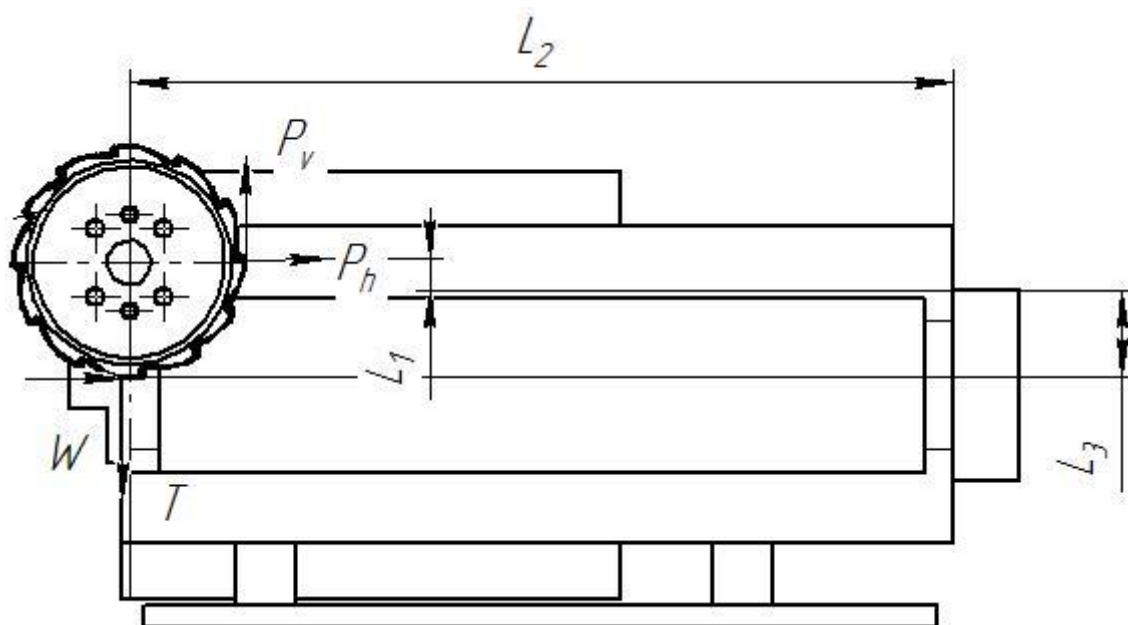


Рисунок 12 – Схема обработки опорной плиты (вид сверху)

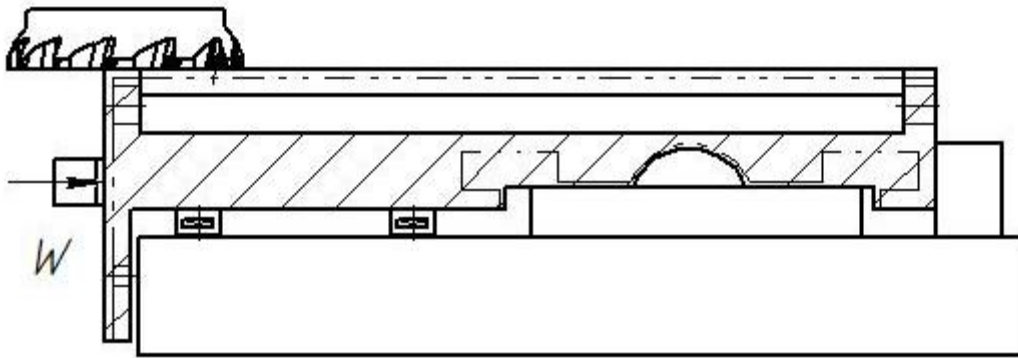


Рисунок 13 – Схема обработки опорной плиты (вид сбоку)

Соответствующие силы фрезерования P_v и P_h

$$P_v = 0,9 \cdot P_z, \quad (15)$$

$$P_h = 0,35 \cdot P_z. \quad (16)$$

Тогда

$$P_v = 0,9 \cdot 6529 = 5876 \text{ Н},$$

$$P_h = 0,35 \cdot 6529 = 2285 \text{ Н}.$$

Учитываем максимальное расстояние действия сил резания в соответствии с расчетной схемой.

$$L_1 = 32 \text{ мм}.$$

$$L_2 = 870 \text{ мм}.$$

$$L_3 = 96 \text{ мм}.$$

Сила зажима с учетом статического равновесия и коэффициента надежности

$$W = k \frac{P_v L_2 + P_h L_1}{(L_3 + f L_2)} \quad (17)$$

«где k - коэффициент безопасности;

P_v – вертикальная составляющая силы резания, Н;

P_h – горизонтальная составляющая силы резания, Н;

L_1, L_2, L_3 - плечи действия сил, м
 f – коэффициент трения» [1].

«Коэффициент безопасности k :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (18)$$

где k_0 – минимальный коэффициент безопасности;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - коэффициенты условий обработки» [17].

Для фрезерования заготовки по корке

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 2,85.$$

$$W = 2,85 \frac{5876 \cdot 0,87 + 2285 \cdot 0,032}{(0,096 + 0,25 \cdot 0,87)} = 47139 \text{ Н.}$$

Зажим будет в приспособлении типа тиски с двумя подвижными губками. Приводятся в движение с помощью разнонаправленного винта, средний диаметр которого:

$$d_2 = \sqrt{\frac{2W}{\pi k [q]}}, \quad (19)$$

где W – осевая сила, действующая на винт и гайку;

k – отношение высоты гайки к среднему диаметру резьбы;

$[q]$ – допустимое давление.

$$d_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 47139}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 15}} = 36,5 \text{ мм.}$$

Примем 50 мм. Проверку не проводим, так как размер взят с запасом.

Принимаем из стандартного ряда по ГОСТ 6540-68 160 мм.

Для расчета точности установки плиты принимаем погрешность изготовления все установочных элементов по 6 качеству. Для размеров в диапазоне до 30 мм отклонение максимальное будет 0,013 мм.

По вертикали погрешность установки складывается из среднего отклонения трех установочных пальцев :

$$\varepsilon_1 = \frac{\sqrt{\sum Th^2}}{3}, \quad (20)$$

где Th – допуск на высоту пальца, мм.

Для горизонтального размера отклонение определяется размерной цепью между направляющей шпонкой, вставленной в паз стола станка и опорной поверхностью пальца. Необходимо учесть погрешность изготовления базовой плиты, погрешности положения установочных элементов кронштейна под пальцы и неточность самих пальцев

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\sum (Th^2 + T_2^2 + T_3^2)}, \quad (21)$$

где T_2 – допуск на неточность базовой плиты, мм;

T_3 – допуск на неточность кронштейна, мм.

Тогда общая погрешность

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad (22)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sqrt{\sum 3 \cdot 0,013^2}}{3} = 0,0079 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\sum (0,013^2 + 0,02^2 + 0,019^2)} = 0,03 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\Sigma} = 0,0079 + 0,03 = 0,04 \text{ мм.}$$

Приспособление состоит из базовой плиты 1, промежуточной плиты 2 под установочные пальцы 16, кронштейн 3 под боковой опорный палец 5, и опорный кронштейн 4 с винтами 18. В плите 2 установлены зажимы в виде кулачков постоянных 10 и сменных 11. Они запрессованы в втулки-гайки 9, которые вращаются на винте 7. Этот винт своими фланцами поджимается в осевом направлении подшипниками 15, который зафиксированы крышками 6 и 14. Винт 7 и винт соосный соединяются муфтой 12. За счет выбора резьбы

при вращении в одну сторону происходит противоположное движение гаек втулок 9 и смещение кулачков 10 и 11.

Приспособление работает следующим образом. Заготовка опорной плиты устанавливается на установочные пальцы 16. Заготовка упирается в опорный палец 5. Вращением винта 7 происходит смещение кулачков 11 навстречу друг другу и за счет этого заготовка центрируется.

Раскрепление происходит в обратном порядке.

3.2 Проектирование инструмента

Лимитирующие переходы на спроектированной многоцелевой операции торцовое фрезерование. Необходимо выбрать конструкцию инструмента и материал режущей части, чтобы обеспечить необходимую эффективность обработки именно на этих переходах.

Выбранная сборная конструкция фрезы показана на рисунке 14.

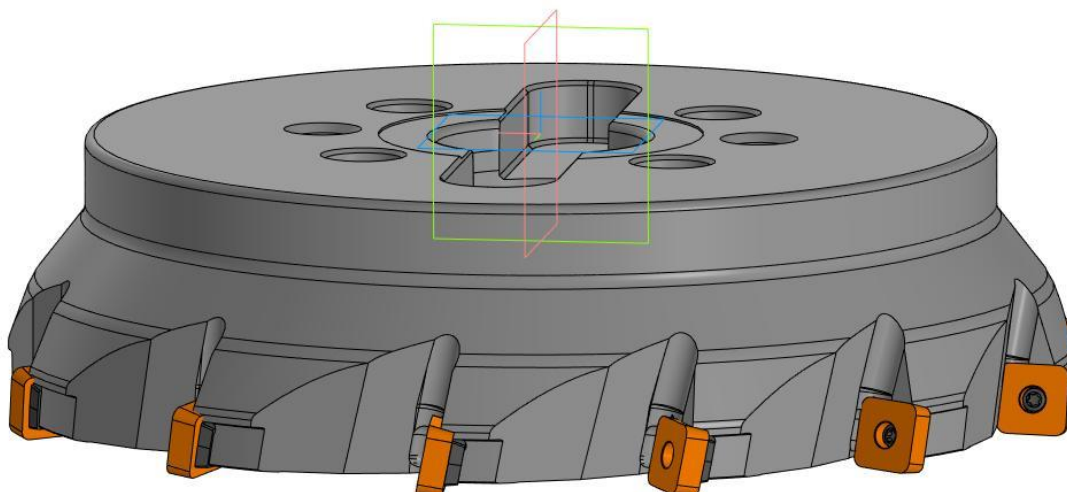


Рисунок 14 – Сборная торцовая фреза

Основным инструментальным материалом для сборного инструмента является твердый сплав. Это связано с более высокими эксплуатационными

возможностями данного материала по сравнению с быстрорежущими сплавами. Он имеет более высокую стойкость при высоких температурах, что дает возможность назначать при разработке технологических операций максимальную скорость резания и обеспечивать наибольшую производительность.

Твердый сплав широко используется в связи с распространенными конструкциями сборного инструмента. Это обеспечивает более быструю переналадку, большую надежность и ресурс по использованию корпусных элементов инструмента [23].

Стоимость твердого сплава выше, чем у быстрорежущих сплавов, поэтому необходимо изыскивать дополнительные пути повышения его стойкости. Для этого используют различные методы упрочнения.

Главным направлением повышения эксплуатационных свойств режущей части инструмента являются ионно-плазменные технологии для нанесения покрытий [21]. Разработаны два основных метода [24]. Первым является метод физического осаждения покрытий (Physical Vapour Deposition — PVD). Этот способ нанесения износостойких покрытий работает на основе использования разряда, который может создаваться при помощи дуги или магнетрона. Преимуществом данного способа высокая производительность.

Второй способ создания покрытия основан на методе химического осаждения, для которого требуется использование химически чистых активных веществ и обеспечение высокоточного контроля процесса [25].

Основным материалом, используемым в качестве покрытия, является титан. Качество покрытия определяется совокупностью технологических параметров процесса осаждения. Также эффективность нанесения покрытия зависит от предварительной подготовки основного материала, включая его очистку и травление.

Эффективность покрытия возрастает при использовании многослойных конструкций. Использование уже двух слоев покрытия, которые состоят из

карбида титана и внешнего слоя из оксида алюминия обеспечивают более высокие эксплуатационные свойства.

Многослойность покрытия связана с процессами нанесения различных сплавов, где отсутствует четкое разделение между слоями, а также между покрытием и подложкой. Преимуществом именно многослойных покрытий является снижение перепадов напряжения в месте адгезии покрытия и подложки. Они обеспечивают согласованность температурных расширений, повышается ударная прочность и трещиностойкость [26].

Дополнительной модификацией покрытия является использование твердо-смазочных соединений для снижения трения, что способствует уменьшению температуры в зоне резания за счет снижения сил трения между стружкой и инструментом.

Технология повышения износостойкости режущего инструмента ведет к форсированию технологических режимов обработки. В первую очередь это касается скорости резания, так как покрытие дает возможность работать при более высоких температурах резания. За счет этого типовой скоростью при точении и фрезеровании является 300 м/мин, при сверлении до 200 м/мин.

Выбранная конструкция станка SPHINX-5X/160 дает возможность реализовать эти скорости за счет компоновочных решений станка. Главным образом это касается использования роторов шпинделей, которые обеспечивают рабочую частоту вращения до 12000 оборотов/мин.

Кроме положительных свойств покрытия имеют ряд недостатков. Это связано со снижением возможностей по переточке инструментов с твердосплавным покрытием. При чистовой обработке нанесенное покрытие может приводить к изменению геометрии режущей части [27].

Нагрев при резании может приводить к отслаиванию покрытия из-за перепадов напряжения. Несмотря на ударную прочность и трещиностойкость работа инструмента при ударных нагрузках нежелательна. Поэтому использование такого инструмента на неисправном или изношенном оборудовании не рекомендуется.

Способ установки твердосплавных пластин с напайкой также применяется. Но в отличие от сборного инструмента, использование такой напаянной пластины возможно при значительно меньших скоростях резания.

Эффективность использования твердосплавных покрытий возрастает с увеличением адгезии прочности сцепления с подложкой или с основным материалом. Для этого необходимо обеспечивать сочетание наиболее подходящих параметров основного слоя, включая шероховатость поверхности, чистоту, степень зернистости, структуру материала.

Использование покрытия снижает наростообразование, что положительно сказывается на качестве обработанной поверхности. Современные подходы к совершенствованию технологий и материалов покрытий связаны с формированием мелко и ультра-мелкозернистой структуры. Это обеспечивает высокую износостойкость за счет сопротивления окислительному износу, а также повышения прочности.

Использование алмазов в качестве покрытия может давать прирост стойкости в полтора раза, но данные материалы имеют низкую ударную прочность, что делает его непригодным для использования на черновых, получистовых этапах, а также для методов обработки, основанных на ударном воздействии. Например, при фрезеровании.

Материалы покрытий выбирают с учетом материала обрабатываемой заготовки.

Дополнительным преимуществом данной фрезы является неравномерный шаг зубьев (рисунок 15). Это делает ее более устойчивой к динамическим возмущениям и снижает нагрузку на материал режущей части.

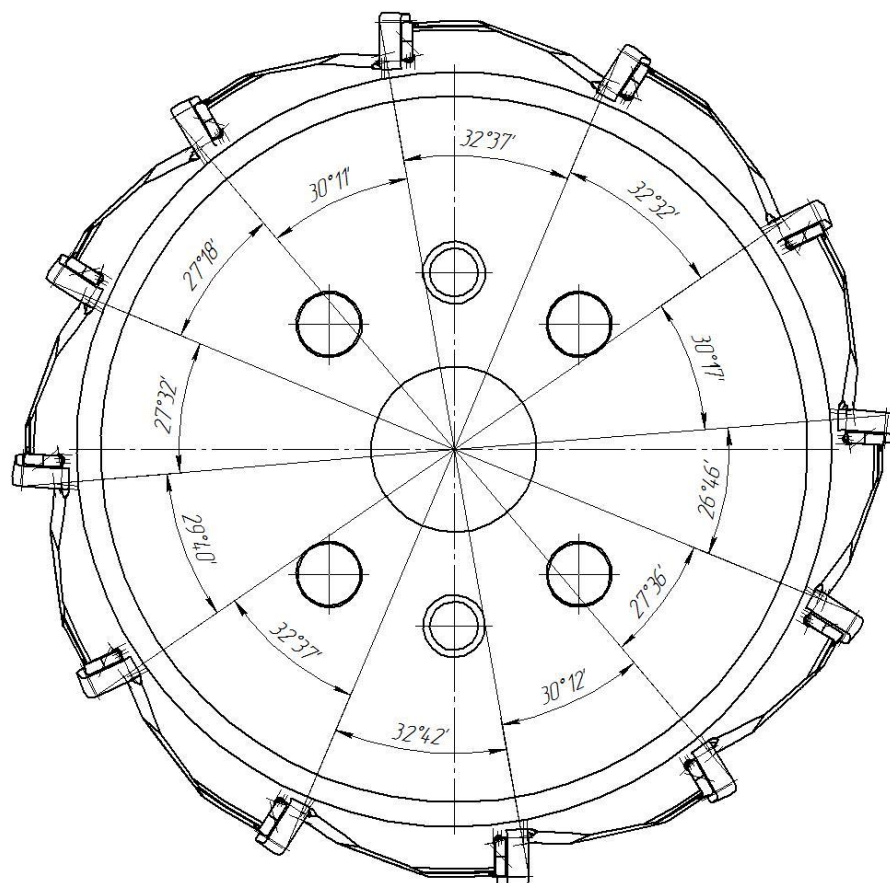


Рисунок 15 – Схема расположения зубьев фрезы

Вывод по разделу

Спроектировано приспособление для установки опорной плиты на фрезерных переходах и сборная фреза. Перечень элементов оснастки приведен в спецификациях в таблице Б.1 в приложении Б и в таблице В.1 приложения В.

4 Экологичность и безопасность проекта

В разделе дается описание опасных факторов с указанием организационных мер, с использованием соответствующих стандартов, по снижению вредного влияния опасных факторов на рабочих и окружающую среду [4].

Возможные опасные факторы на участке по обработке опорной плиты, где используется крупногабаритный фрезерный центр с ЧПУ. Заготовка – отливка из чугуна СЧ25. Инструменты – фрезы, сверла, борштанги. Приспособление – наладочное универсальное.

Оператор – фрезеровщик с высокой квалификацией.

Опасные и вредные производственные факторы связаны с этапом получения заготовки и ее последующей обработкой.

Основная опасность от физических вредных факторов при работе на станке. Это травмы от острых кромок режущих инструментов и подвижных механизмов. Обработка на крупногабаритном фрезерном центре с ЧПУ может привести к травмам от перемещающихся элементов станка. Длительное пребывание в условиях повышенного уровня шума и вибрации может привести к ухудшению слуха.

Существует опасность поражения электрическим током. Все технологическое и вспомогательное оборудование работает от электрических сетей.

Опасность термического ожога существует как на этапе получения заготовки, так и при ее обработке на станках. Разливка металла может привести как к термическим ожогам, тепловым ударам, так и к образованию токсичных испарений от формовочной смеси литейной опоки. Она пропитывается различными смолами.

Использование эмульсии для охлаждения зоны резания также приводит к токсичным испарениям.

Кроме этого эмульсия может содержать химические вещества, способные вызвать раздражение кожи, вызвать аллергическую реакцию.

Контроль качества, операционный контроль, все действия связанные с использованием контрольно-измерительного оснащения, ведут к перенапряжению зрения, монотонности труда. Постоянное напряжение и стресс, связанный с работой на станке, могут привести к психическому истощению.

С учетом указанных вредных факторов предлагаются меры по снижению или исключению их опасного влияния.

Для работников обязательным является использование средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Использование защитного заземления и изоляции для предотвращения поражения электрическим током. Использование спецодежды, перчаток, очков, защитных ботинок предотвращает возможность травм, защищает от воздействия эмульсии, стружки, пыли. Дополнительным средством защиты является использование защитных кожухов или экранов. Это изолирует рабочую зону, предотвращает от разбрызгивания СОЖ, обеспечивает совместно с местной вытяжкой удаление токсичных испарений. Кожухи должны быть не только для элементов станков, но и для транспортного и другого вспомогательного оборудования для предотвращения доступа к подвижным частям.

Для работы с горячими заготовками или в литейном цехе необходимы термостойкие перчатки и одежда для защиты от высоких температур. Для воздушной среды необходима вентиляция для удаления горячего воздуха.

Гарантией обеспечения нормальной работы оборудования без вредных последствий для работников является регулярная его проверка и своевременное обслуживание и ремонт.

При организации работ на участке должны соблюдаться нормативы по перерывам и отдыху персонала. Для них также должно быть обеспечено обучение правилам безопасной работы на оборудовании и регулярные

проверки по их соблюдению и знанию. В производственном подразделении должна быть обеспечена разработка и следование инструкциям по безопасности.

В качестве противопожарных средств должна быть система пожаротушения - автоматическая спринклерная система. Дополнительно в литейном цехе устанавливаются газовая и пенная системы пожаротушения.

Для своевременной эвакуации персонала цех оснащается автоматической сигнализацией. Она включает детекторы дыма, которые реагируют на наличие дыма в воздухе, тепловые детекторы на повышение температуры. Для ручного включения могут дополнительно устанавливаться ручные кнопки тревоги. На самом участке устанавливаются первичные средства пожаротушения (огнетушители порошкового типа и углекислотные), гидранты. Пожарные щиты оснащаются инструментами для тушения пожара: лопатами, ведрами с песком, топорами.

Необходимо обеспечить организацию регулярных тренировок по эвакуации и действиям в чрезвычайных ситуациях, к которым относятся и пожары. План пожарной безопасности включает в себя инструкции по действиям в случае пожара, расположение средств пожаротушения и эвакуационные маршруты. Должна быть обеспечена доступность средств пожаротушения и путей эвакуации и ограничение доступа к опасным зонам и материалам, которые могут стать источником пожара.

Выводы по разделу

Применение этих мер поможет снизить риск возникновения опасных ситуаций и обеспечит безопасность работников на участке по обработке опорной плиты.

5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления детали «опорная плита станочного комплекса». Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала даем краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 16).

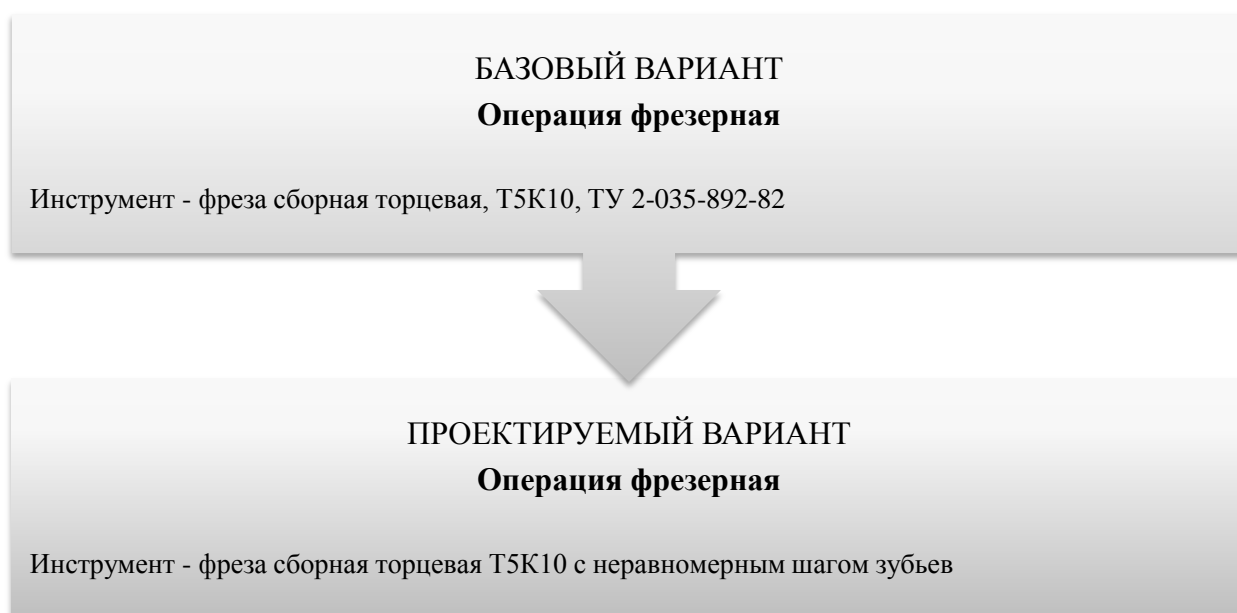


Рисунок 16 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 16, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции, за счет сокращения количества переходов. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали «опорная плита станочного комплекса» на 2,1 минуты.

На основе описанных изменений, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 17.

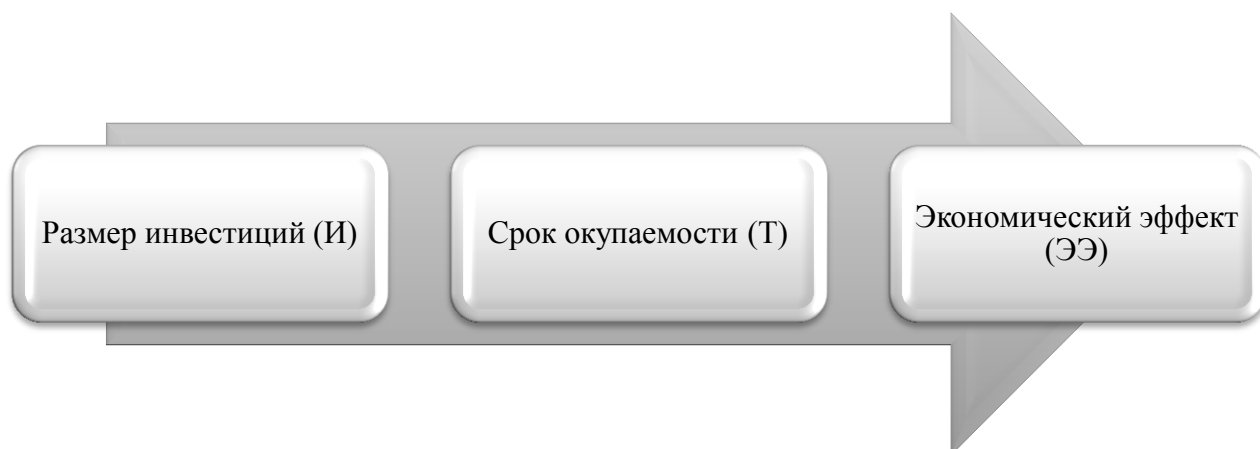


Рисунок 17 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 17, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [6], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 18.

Как видно из рисунка 18, самую весомую долю в инвестициях занимают затраты на проектирование ($K_{ПР}$), которые составляют 69,26 % всех затрат в производство. Это обосновывается трудоемкостью выполняемых работ при проектировании изменений. Следующая значимая величина затрат, это программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$), которые составляют 30,05 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, что из-за изменения инструмента, поменялся процесс выполнения операции, в связи с чем, необходимо внести корректировки в программу работу оборудования. Оставшаяся статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеет, т.к. ее доля – 0,69 %, но тем не менее их увеличивает.

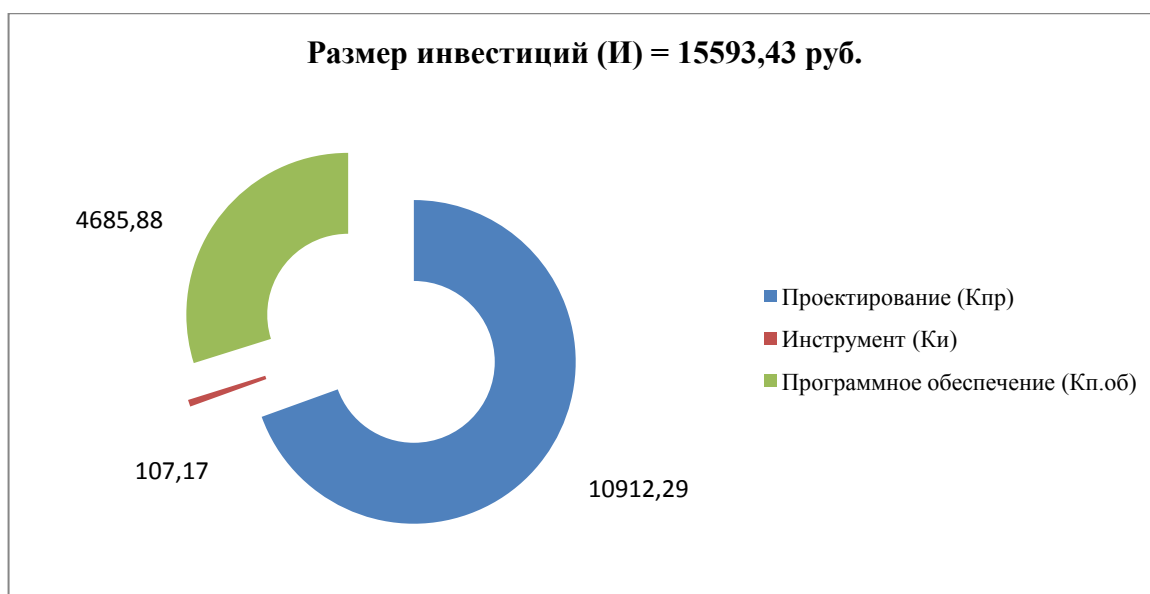


Рисунок 18 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Значения срока окупаемости можно рассчитать по формуле (23) и (24), а экономический эффект определяется по формуле (25). Формулы и название условных обозначений этих показателей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Формулы определений срока окупаемости и экономического эффекта и название условных обозначений

Название показателя	Формула для расчета	Условные обозначения, не встречающиеся ранее в разделе
Срок окупаемости	$T = \frac{I}{P_{ЧИСТ}} \quad (23)$	где « $P_{ЧИСТ}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.;
	$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot ПГ \cdot (1 - K_{НАЛ})} \quad (24)$	
Экономический эффект	$ЭЭ = \left(\sum_1^T P_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (25)$	$K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [6]
		где « E – процентная ставка на капитал;
		t – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета» [6]

Рассчитаем по представленным в таблице 1 оставшиеся экономические показатели. Величина себестоимости и размер чистой прибыли определялись по специальным методикам [6] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. С учетом полученных параметров и программы выпуска ($I_{Г} = 10$ шт.), рассчитаем срок окупаемости и экономический эффект.

$$T = \frac{15593,43}{(9732,21 - 8839,75) \cdot 10 \cdot (1 - 0,2)} = \frac{15593,43}{7139,7} = 2,184 = 3 \text{ года.}$$

$$\text{ЭЭ} = \left(7139,7 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) \right) - 15593,43 = 2161,9 \text{ руб.}$$

Выводы по разделу

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 2161,9 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

Заключение

В работе рассматривается проектирование технологического процесса изготовления опорной плиты станочного комплекса с проектированием зажимного приспособления и инструмента.

Данная работа посвящена разработке и оптимизации технологического процесса изготовления опорной плиты станка в соответствии со всеми этапами этого процесса, предусмотренными стандартами. Целью данной работы является повышение эффективности производства опорной плиты станочного узла, повышение качества ее изготовления и снижение производственных затрат.

Разработка технологии начинается с анализа требований к опорной плите станочного узла, включая анализ на соответствие назначению и условиям работы ее геометрических характеристик, материала и прочностных свойств. Проведен анализ базового технологического процесса изготовления опорной плиты и выявлены его недостатки. Разработан оптимальный технологический процесс, включая выбор исходной заготовки из двух вариантов, последовательность и содержание операций, рассчитаны параметры технологических переходов.

Выполнено проектирование зажимного станочного приспособления для многоцелевой операции, которое обеспечивает надежное и точное крепление заготовки на этом станке. Разработана конструкция фрезы, учитывающая особенности обработки плоскости. Все предложенные решения обоснованы расчетами для проверки и оценки их эффективности.

Результатом данной работы является оптимизированный технологический процесс изготовления опорной плиты, спроектированное зажимное приспособление и инструмент, а также оценка экономической эффективности внедрения предложенных решений. Эти результаты позволят повысить качество и производительность производства основных элементов станков, снизить затраты.

Список используемых источников

1. Бишутин, С. Г. Основы технологии машиностроения : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / С. Г. Бишутин [и др.] ; под общ. ред. А. В. Тотая., 2016.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
3. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

7. Иллюстрированный каталог - справочник отечественных металлорежущих станков. ООО «Рубикон» 2000-2021 [Электронный ресурс] : URL: <http://stanki-katalog.ru/stanki.htm> (дата обращения: 28.12.2020)

8. Матвеев В.В., Тверской М.М., Бойков Ф.И. и др. Размерный анализ технологических процессов – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с., ил.

9. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

10. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

11. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

12. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

13. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

14. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления

[Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

15. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

16. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

17. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18. Сергеев А. В. Размерный анализ технологических процессов изготовления деталей машин : практикум по дисц. "Технология машиностроения" / А. В. Сергеев ; ТГУ ; каф. "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : ТГУ, 2008. - 83 с.

19. Сергеев А. В. Проектирование рациональных технологических процессов с применением размерного анализа : учеб.-метод. пособие по дисц. "Технология машиностроения" / А. В. Сергеев ; ТГУ ; каф. "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : ТГУ, 2008. - 89 с.

20. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

21. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.
22. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.
23. Li, S., Lin, H., Zhang, T., Sui, J., & Wang, C. (2021). High-Speed Machining of Malleable Cast Iron by Various Cutting Tools Coated by Physical Vapor Deposition. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34(1). doi:10.1186/s10033-021-00561-8
24. Sh Migranov, M., Shekhtman, S. R., Suhova, N. A., & Migranov, A. M. (2018). Composite nanostructured wear-resistant coatings for high-speed cutting processing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 387, 012053. doi:10.1088/1757-899x/387/1/012053
25. De Bartolomeis, A., Newman, S. T., Jawahir, I. S., Biermann, D., & Shokrani, A. (2021). Future research directions in the machining of Inconel 718. In Journal of Materials Processing Technology (Vol. 297). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2021.117260>.
26. Guimaraes, M. C. R., Fogagnolo, J. B., Paiva, J. M., Veldhuis, S., & Diniz, A. E. (2023). The impact of the cutting parameters and tool condition on surface integrity when milling Inconel 625. Journal of Materials Research and Technology, 25, 1944–1958. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.071>.
27. Hadi, M. A., Ghani, J. A., Che Haron, C. H., & Kasim, M. S. (2013). Comparison between up-milling and down-milling operations on tool wear in milling Inconel 718. Procedia Engineering, 68, 647–653. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.234>.

Приложение А
Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Бзам.															
Любл.									2						
Разраб.	Христолюбов														
Проверил	Расторгуев														
Утвердил	Логинев														
Н. контр.	Расторгуев														
СЧ25 ГОСТ 1412-85															
М 01															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ					
М 02		кз	145,5	1	1	0,75	02	877x450x285	1	163					
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа											
Б	Код. наименование оборудования		Код. наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Ишт.
А03	000 1060 Заготовительная (отливка)														
Б04															
А05	005 4237 Фрезерная														
А06															
Б07	Фрезерный станок SPHINX-5X/160														
А08	010 4237 Фрезерная														
А09															
Б10	Фрезерный станок SPHINX-5X/160														
А11	015 4237 Фрезерная														
А12															
Б13	Фрезерный станок SPHINX-5X/160														
А14	020 Плоскошлифовальная														
А15															
Б16	Плоскошлифовальный станок UNIVEQ USG 40100NC2														
МК	Маршрутная карта									2					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 3.1118-82 Форма															
Дуол.																	
Взам.																	
Табл.																	
		-															
		Плита опорная															
А	Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Глз	Ишт.	
Б	Код. наименование оборудования		Обозначение документа														
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала		Обозначение код														
А01				030	0125	Промырка											
Б02											1	1	1	1			
А03				035	0200	Контроль											
Б04											1	1	1	1			
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта																
3																	

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3														
Дубл.														
Взам.														
Глоул.														
													2	1
Разраб.	Христолюбов													
Проверил	Расторгуев													
Утвердил	Логинев													
Н. контр.	Расторгуев													
Наименование операции	Плита опорная													
Фрезерная														
Оборудование, устройство ЧПУ														
Фрезерный SPHINX-5X/160														
Р														
T01	Приспособление наладочное													
O02	1. Установить заготовку													
O03	2. Фрезеровать заготовку													
T04	ВИ54.586.00.000-03 Фреза диаметр 200, z=12 P6M5 ТУ 2-035-757-80													
P05													254	159,6
O06	3. Фрезеровать заготовку													
T07	ВИ54.586.00.000-03 Фреза диаметр 200, z=12 P6M5 ТУ 2-035-757-80													
P08													175	110
O09	4. Сверлить заготовку													
T10	2310-0387 Сверло диаметр 10 мм P18 ОСТ 2И20-6-80													
O11	5. Зенкеровать отверстие													
T12	2320-2387 Зенкер диаметр 28 мм ВК8 ГОСТ 3231-71													
O13	6. Развернуть отверстие													
OK	Операционная карта													4

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а												3	005
Дубл.													
Взам.													
Лист													
КЭ	Карта эскизов												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а										
Дюпль										
Взам.										
Полл.										
									4	
										005
КЭ	Карта эскизов									

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация на патрон

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
							Сараб. №	Взам. инв. №	Инд. № дробл.	Подп. и дата
<i>Документация</i>										
A1			24.ВКР.ОТМП.115.60.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1					
<i>Детали</i>										
		1	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.001.	Индикатор	1					
		2	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.002.	Ползун	2					
		3	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.003.	Опора	1					
		4	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.004.	Рычаг	1					
		5	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.005.	Плита	1					
		6	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.006.	Наконечник	2					
		7	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.007.	Палец	1					
		8	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.008.	Каретка	1					
		9	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.009.	Винт	1					
		10	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.010.	Упор	1					
		11	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.011.	Ось	1					
		12	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.012.	Шайба	1					
		13	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.013.	Палец	2					
		14	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.014.	Втулка	2					
		15	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.015.	Пружина	2					
		16	24.ВКР.ОТМП.115.60.00.016.	Кольцо	1					
<i>Стандартные изделия</i>										
24.ВКР.ОТМП.115.60.00.000.СП										
				Приспособление станочное						
				ТГУ. ИМ, гр. ТМдп-2001а						

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дробл. Подп. и дата

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение В

Спецификация на инструмент

Таблица В.1 – Спецификация фрезы

Формат		Зона		Поз.		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>									
A2						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.000.СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>									
1						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.001.	Корпус	1	
1						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.002.	Пластина режущая	12	
3						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.003.	Опорная пластина	12	
4						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.004.	Втулка распорная	12	
5						24.ВКР.ОТМП.115.75.00.005.	Винт стопорный	12	
КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Инв. № подл. Подп. и дата Вып. инв. № Инв. № дробл. Подп. и дата						24.ВКР.ОТМП.120.75.00.000.СП			
Инв. № подл.		Подп. и дата		Изм. Лист		№ док. Подп. Дата		Лит. Лист Листов	
				Разраб. Христолюбов				1	
				Проб. Расторгуев					
				Н.контр. Расторгуев					
				Чтв. Логинов					
Не для коммерческого использования						Копировал		Формат А4	