

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 выходного вала коробки скоростей

Обучающийся	<u>А.А. Костылев</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

Вал пяти ступенчатый, который входит в конструкцию цилиндрического редуктора, необходимо изготовить в количестве 5000 деталей в год. В соответствии с заданием выполнено проектирование технологического процесса по его изготовлению. Для этого разработан рабочий чертеж в соответствии со сборочным чертежом цилиндрического редуктора после анализа служебного назначения и условий работы деталей. В результате анализа особенностей работы каждой поверхности в соответствии с рекомендациями выбраны технические требования, представленные на детализовке. Проведен анализ технологичности. Технология начинается проектирования исходной заготовки, в качестве которой при сравнительном анализе выбрано штамповка, несмотря на небольшой перепад диаметров. Технология изготовления основана на базовой технологии, которая проанализирована с точки зрения обеспечения производительности, повышение точности и качества. Технологический процесс изготовления вала включает в себя типовые переходы, необходимые для достижения наиболее высокого уровня точности по 6 качеству. Типовая технология была изменена для обеспечения концентрации технологических переходов с выполнением их на станках с числовым программным управлением. Обеспечение высокопроизводительной обработки достигается за счет совмещения переходов, правильно выбранной схемы установки, которая реализуется при помощи разработанного в работе приспособления с механизированным приводом зажима. Дополнительный эффект по обеспечению производительности и точности обработки достигается за счет использования измененного режущего инструмента. Все технологические решения сопровождаются необходимыми расчетами и обоснованиями, включая проектирования мер по обеспечению экологичности технологических операций и охране труда на рабочих местах. Предложенные изменения технология обоснованы экономическим расчетом.

Annotation

The five-stage shaft, which is included in the design of the spur gearbox, must be manufactured in the amount of 5,000 parts per year. In accordance with the assignment, the technological process for its production was designed. For this purpose, a working drawing has been developed in accordance with the assembly drawing of the spur gearbox after analyzing the service purpose and operating conditions of the parts. As a result of the analysis of the operating features of each surface in accordance with the recommendations, the selected technical requirements presented on the detailing. Manufacturability analysis was carried out. The technology begins with the design of the initial workpiece, for which stamping was chosen during a comparative analysis, despite the small difference in diameters. The manufacturing technology is based on core technology, which is analyzed from the point of view of ensuring productivity, increasing precision and quality. The technological process of manufacturing the shaft includes standard transitions necessary to achieve the highest level of accuracy according to the 6th grade. The standard technology has been modified to ensure the concentration of technological transitions with their implementation on numerically controlled machines. Ensuring high-performance processing is achieved by combining transitions and a correctly selected installation scheme, which is implemented using a device developed in the work with a mechanized clamping drive. An additional effect in ensuring processing productivity and accuracy is achieved through the use of a modified cutting tool. All technological solutions are accompanied by the necessary calculations and justifications, including the design of measures to ensure the environmental friendliness of technological operations and labor protection in the workplace. The proposed technology changes are justified by economic calculations.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1. Анализ условий работы вала	7
1.2 Классификация поверхностей	7
1.3 Анализ технологичности детали	9
2 Разработка технологии изготовления	11
2.1 Тип производства.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки	12
2.3 Проектирование заготовки	14
2.4 Методы обработки поверхностей	18
2.5 Выбор технологических баз	20
2.6 Выбор оснащения	20
2.7 Проектирование операций	23
3 Проектирование оснастки	32
3.1 Разработка приспособления.....	32
3.2 Проектирование инструмента	39
4 Экологичность и безопасность проекта.....	44
5 Экономическая эффективность работы	50
Заключение	54
Список используемых источников.....	55
Приложение А Технологическая документация.....	59
Приложение Б Спецификация патрона.....	65
Приложение В Спецификация резца.....	67

Введение

Для развития машиностроительного производства, как одной из самых главных отраслей экономики страны, необходимо выполнение различных условий.

Необходимо наличие соответствующих специалистов, обладающих инженерными знаниями и навыками в области машиностроения. С учетом сложности современного оборудования и технологий необходимо обеспечивать новый уровень подготовки в инженерии, знании технологий производства и управления современным производством.

Для конкурентоспособности машиностроительных предприятий от самых малых до больших необходимо постоянное внедрение новых технологических процессов в области заготовительного производства, обработки, контроля, которые позволят улучшить качество машиностроительной продукции, повысить производительность и снизить технологические издержки [10].

Для бесперебойного производства высокотехнологичной продукции необходимо обеспечить поставку высококачественного сырья и комплектующих элементов в нужные сроки и по приемлемым ценам. Это возможно при соответствующей кооперации, логистике, организации производства [2].

Нельзя развивать производство, если нет гарантии того, что продукция будет востребована на рынке. Поэтому все большее значение приобретает кастомизированное или клиенто-ориентированное производство. Теперь жизненный цикл начинается с анализа рынка, определения предпочтений потребителей и разработки стратегии маркетинга.

Большие капитальные вложения на приобретение современного оборудования невозможны без государственной поддержки в виде льгот, субсидий, налоговых и таможенных преференций. Это всегда способствовало

развитию машиностроительного производства и повышению его конкурентоспособности, в том числе на мировом рынке.

Сейчас применяют самые разнообразные новые подходы для повышения конкурентоспособности машиностроительного производства в технологическом плане.

В рамках всеобщей цифровизации все шире применение искусственного интеллекта и аналитики данных для оптимизации производственных процессов, прогнозирования спроса, управления материальными запасами и контроля качества. Это касается как отдельных операций и станков, так и всего производственного процесса с интегрированием информационных потоков служб планирования, подготовки производства, обеспечения, реализации технологических процессов. Данные мероприятия соответствуют внедрению концепции "Индустрия 4.0" для создания цифровых заводов с автоматизированными производственными линиями и роботизированными процессами.

Внедрение цифровых технологий, таких как интернет вещей (IoT) и цифровые двойники, используется как для совершенствования самих станков и методов обработки, так и для улучшения мониторинга и управления производственным оборудованием, обеспечения планово-предупредительного ремонта с учетом фактического состояния оборудования.

Использование 3D-печати и аддитивных технологий для быстрого и гибкого производства запчастей и прототипов, особенно сложных в конструктивном плане и не технологичных для традиционных методов обработки.

Во многом совершенствование технологий определяется возможностями современных обрабатывающих материалов. Разработанные композиционные материалы, покрытия с улучшенными свойствами широко используются для создания более эффективных и долговечных режущих инструментов и самих изделий.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ условий работы вала

Выходной пяти ступенчатый вал является одной из основных деталей цилиндрического редуктора. Он установлен в радиально упорных подшипниках по двум цилиндрическим шейкам. С одной стороны - подшипник стопорится пружинным кольцом, которое вставлено в канавку прямоугольной формы. Дополнительно на торце крепится масло отражающее кольцо при помощи двух резьбовых отверстий. С другой стороны подшипник, через зубчатое колесо, которое упирается в буртик вала, фиксируется гайкой по метрической резьбе. На выходном конце вала закрепляется шкив, который через шпоночное соединение приводится во вращение, а при помощи гайки фиксируется в осевом направлении [1].

Вал относится к тихоходным передачам, испытывает значительные скручивающие нагрузки. Кроме этого, от косозубой цилиндрической передачи он испытывает также осевые нагрузки, которые имеют циклический характер. Поверхности, кроме шейки, проходящей через сквозную крышку с лабиринтным уплотнением, не испытывают трения. Вал работает в условиях смазочной среды.

1.2 Классификация поверхностей

В качестве материала выбраны среднеуглеродистая сталь 40ХМНА, которая соответствует условиям работы детали. Ее физико - механические свойства определены из [7].

В дальнейшем данные параметры используются для расчетов. Для того, чтобы корректно выполнить чертеж детали, выполняется классификация поверхностей вала в соответствии с их служебным назначением (рисунок 1).

Основной служебной функцией вала является передача крутящего момента на тихоходной передаче. Для этого используются шпоночные поверхности, в частности - их боковые стенки 11 и 20. Нижние части паза 12 и 21 являются вспомогательными конструкторскими базами и определяют положение шпонки по высоте.

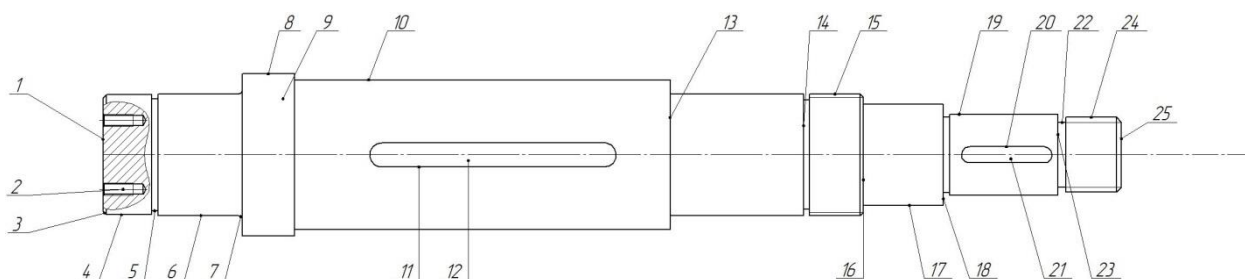


Рисунок 1 – Вал редуктора

Наиболее ответственные поверхности с точки зрения обеспечения положения вала в редукторе шейки 6 и 26, а также боковая поверхность 7.

Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности под установку зубчатого колеса 9, 10, поверхность под установку пружинного кольца - канавка 5, резьбовые отверстия 2, резьбовая поверхность 15 под гайку, а также выходной конец вала с комплектом поверхностей: цилиндрическая шейка 19, опорный торец 18 и метрическая резьба 24.

Остальные поверхности (крайние торцы 1 и 25, промежуточные торцы 13 и 16, канавки под выход режущего инструмента 14, 22, а также фаски 3) являются свободными поверхностями, точность которых определяется по 13 качеству с шероховатостью 6,3 мкм.

С учетом указанных функций по поверхностям на чертеже показаны требования, соответствующие служебному назначению.

1.3 Анализ технологичности детали

В качестве материала выбрана среднеуглеродистая среднелегированная сталь с хорошим коэффициентом обрабатываемости, как быстрорежущим, так и твердосплавным инструментом [8].

Материал не дефицитный и поставляется, как горячекатаный прокат, так и используются поковки [5]. Несмотря на небольшой перепад диаметров, при значительной длине, использование ступенчатой заготовки даст выигрыш по использованию материала и снизит расходы на механическую обработку.

По конфигурации вал многоступенчатый, имеет сложный контур, что требует использования станков с числовым программным управлением. Кроме этого, на этапе лезвийной обработки необходимо задействовать разнообразный режущий инструмент, включая различные токарные резцы. Поэтому при выборе металлорежущего станка необходимо обращать внимание на количество рабочих позиций в револьверной головке или резцедержателе.

Установка вала может быть выполнена традиционным способом по искусственным технологическим базам - центровым отверстиям. Можно использовать альтернативный вариант с установкой в люнетах. Данный вопрос будет проработан в соответствующем разделе.

По условиям твердости, заданной на чертеже, требуется термообработка, что при данной длине вала и средней жесткости заготовки приведет к ее короблению. Поэтому необходимо использовать технологические методы, снижающие температурные и деформационные смещения на этом этапе.

Все конструктивные элементы относятся к стандартным типам, повторяющиеся элементы унифицированы, что облегчает их обработку.

Технология изготовления данного вала относится к типовым процессам.

Стандартная заготовка - это или прокат или штамповка, выбор которых определяется технико-экономическим сравнением.

После подготовки искусственных баз - центровых отверстий, необходимо выполнить этап токарной обработки. Он проводится в два этапа.

На первом черновом убираются напуски, формируется общий контур детали с припуском под последующую обработку. На втором этапе, при чистовом обтачивании, обеспечивается уровень точности около 9 квалитета с припуском под шлифование на последнем этапе технологии изготовления. После токарной обработки выполняются все необходимые дополнительные лезвийные переходы по формированию шпоночного паза и смещенных отверстий в торце.

Обработку метрической крепежной резьбы под гайку можно совместить с чистовой токарной обработки. Обработку шпоночных пазов и резьбовых отверстий можно выполнить на соответствующих универсальных станках: фрезерном и сверлильном или совместить с точением за счет использования токарно-фрезерного центра.

После термообработки проводится правка чистовых отверстий. При использовании восстановленных центровых отверстий проводится круглое шлифование последовательно на двух этапах: черновом и чистовом.

Технологический процесс должен закончиться стандартными операциями по мойке и общему окончательному контролю вала. С учетом всех факторов вал пятиступенчатый обладает хорошей технологичностью.

Выводы по разделу

Для выполненного анализа и спроектированной детали цель работы заключается в разработке высокоэффективной технологии обработки вала.

Задачами работы является разработка технологии с учетом выявленных недостатков в соответствии с типовыми стандартным методикам. Технология проектируется с использованием технологического оснащения, позволяющего обеспечить повышение эффективности обработки вала.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Тип производства

Тип производства определяется различными способами [13]. Для выбора наиболее подходящих технологических методов и их реализации надо знать серийность. Тип производства в работе определяется по трудоемкости, выраженной массой детали и по годовому объему выпуска, определенного заданием.

Для массы детали более 10 килограмм и объемом выпуска 5000 деталей в год тип производства будет крупносерийный.

Главным отличительным признаком данного типа производства является поточная форма организации процесса [9]. Это влечет за собой определенную планировку участка с расстановкой оборудования по ходу технологического процесса. В данном случае, это будет предметно замкнутый участок по производству валов.

Для крупносерийного производства необходимо принять специализированные станки. Так как в современном технологическом процессе основную долю оборудования составляют станки с числовым программным управлением, в разрабатываемой технологии будут применяться именно они.

Технологическое оснащение по возможности используется стандартное или универсальное. В случае необходимости можно использовать и специализированную оснастку. Это относится и к режущему инструменту и к контрольно-измерительным средствам.

Проектирование технологии делается подробно с расчетом операционных размеров и припусков, а также технологических режимов. Проектирование операций должно быть выполнено подробно с нормированием технологических переходов. При этом они должны быть синхронизированы с тактом выпуска.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Для крупносерийного производства наиболее желательным вариантом для заготовки является штамповка [17]. Это связано с максимально эффективным использованием материала с минимальным его отходом при снятии стружки. Несмотря на небольшие перепады диаметров у детали, с учетом ступенчатости и большой длины, более предпочтительным является использования штамповки на прессе.

Для упрощения формы заготовки используется напуск на четырех поверхностях. Это упрощает форму и снижает стоимость штамповочной оснастки. При этом также снижается количество переходов по механической обработке.

Сравнивать с прокатом в данном случае не целесообразно, так как использование прутка приведет к росту штучного времени на токарной черновой обработке. Это определенно повысит себестоимость изготовления вала.

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho, \quad (1)$$

где d – диаметр прутка, м;

l – длина прутка, мм;

ρ – плотность, кг/мм³.

$$M = \frac{\pi 0,059^2}{4} 0,355 \cdot 7850 = 7,61 \text{ кг.}$$

«Себестоимость C_T вал-шестерни [12]

$$C_T = C_{\text{заг.}} \cdot M + C_{\text{мех.}} \cdot (M - m) - C_{\text{отх.}} \cdot (M - m), \quad (2)$$

где $C_{\text{заг.}}$ – стоимость исходной заготовки, руб/кг;

$C_{\text{мех.}}$ – стоимость обработки, руб/кг;

m – масса вал-шестерни, кг;

$C_{отх.}$ – цена лома, руб/кг» [6].

«Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_c + E_H \cdot C_K, C_{мех}, \quad (3)$$

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений;

C_K – капитальные затраты, руб/кг» [13].

$$C_{мех} = 10,6 + 0,15 \cdot 22,13 = 14 \text{ руб/кг.}$$

«Для отходов $C_{отх}$ 1,4 руб/кг.

Стоимость проката

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot h_{\phi}, \quad (4)$$

где $C_{пр}$ – стоимость материала, руб/кг;

h_{ϕ} – коэффициент длины ($h_{\phi} = 1,1$)» [13].

$$C_{заг} = 20,74 \cdot 1,1 = 22,8 \text{ руб./кг.}$$

$$C_{т.пр.} = 7,61 \cdot 22,8 + 14 \cdot (7,61 - 4,1) - 1,4 \cdot (7,61 - 4,1) = 217,8 \text{ руб.}$$

«Стоимость штамповки

$$C_{шт} = C_{баз} h_1 h_2 h_3 h_4 h_5, \quad (5)$$

где $C_{баз}$ – стоимость штамповки, руб/кг;

h_1 – коэффициент класса точности;

h_2 – коэффициент группы сложности;

h_3 – коэффициент марки материала и массы заготовки;

h_4 – коэффициент от марки материала;

h_5 – коэффициент серийности» [13].

Стоимость штамповки

$$C_{шт} = 29,96 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 0,88 \cdot 0,89 \cdot 1 = 27,69 \text{ руб.}$$

Общая стоимость

$$C_{т.шт.} = 5,5 \cdot 27,69 + 14 \cdot (5,5 - 4,1) - 1,4 \cdot (5,5 - 4,1) = 170 \text{ руб.}$$

Выбираем более выгодную штамповку.

2.3 Проектирование заготовки

Для выбора припусков и назначения допусков на пересчитанные размеры заготовки проведем необходимую подготовку исходных данных по ГОСТ 7505-89. Масса заготовки, определенная ориентировочным расчетом, равна 10 кг. Так как материал высоко легированный с содержанием легирующих добавок выше 2,5%, группа материала будет равна М2 [9].

По соотношению масса самой детали и массы цилиндра, описанного около нее, получен коэффициент сложности С2 [4].

Выбор штамповки на механическом прессе дает класс точности Т3.

По совокупности указанных показателей выбираем исходный индекс равным 11. С учетом этого параметра назначены припуски и допуски, которые представлены на чертеже заготовки вала.

Расчет припуска ведется по стандартной методике Кована [11] и включает в себя определение минимальных припусков на обработку. В данном случае используются материалы [7] по табличным припускам. Расчет максимальных припусков и операционных размеров определяется для настроенного оборудования.

Для проектирования операций определяют припуски по его составляющим элементам. «Сумма высоты неровностей профиля поверхности и глубины дефектного слоя

$$a = Rz + h, \tag{6}$$

где Rz , h - параметры поверхности и поверхностного слоя можно найти» [5].

«Также находят суммарное отклонение формы и расположения поверхностей Δ и погрешность установки заготовки в приспособлении ε .

Расчет минимального припуска:

$$z_{\min}^i = a^{i-1} + \sqrt{(\Delta^{i-1})^2 + (\varepsilon^i)^2}, \quad (7)$$

где индекс i означает, что параметр относится к данному переходу, а индекс $i-1$ – к предыдущему переходу» [13].

С учетом коробления и смещения заготовки в размере 1,2 мм для чернового перехода

$$z_{\min}^1 = (80 + 200) + \sqrt{(2000)^2 + (150)^2} = 2286 \text{ мкм.}$$

$$z_{\min}^1 = (48 + 50) + \sqrt{(100)^2 + (120)^2} = 278 \text{ мкм.}$$

С учетом возможных отклонений на операциях примем 2,5 мм и 0,4 мм.

Данная методика применяется для определения всех размеров, как цилиндрических, так и плоских поверхностей. Это позволит в результате итогового расчета получить среднее значение припусков как глубину резания на переходах.

«Погрешность является вектором и будет находится как

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (8)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - коробление, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$ - смещение отверстий, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ – отклонение от соосности, мкм» [12].

«Для коробления

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (9)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ – удельное коробление, мкм/мм;

l - размер, мкм» [14].

$$\rho_{\text{кор}} = 1,4 \cdot 355 = 498 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot Td_3^2 + 1}, \quad (10)$$

где Td_3 – допуск технологической поверхности, мм.

Для первой операции

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot 2,8 + 1 = 1,7 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1,7^2 + 0,7^2 + 0,5^2} = 1,9 \text{ мм.}$$

С учетом уточнения

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (11)$$

где k_i – коэффициент.

Данные для расчета припуска в таблице 1.

Таблица 1 - Элементы припуска, мкм

Переход	Шероховатость	Дефектный слой	Суммарное коробление	Погрешность установки
Заготовка	300	100	1900	-
Точение черновое	50	50	110	120
Точение чистовое	30	30	100	6
Шлифование черновое	10	10	90	12
Шлифование чистовое	5	5	80	8

Результаты расчета припуска даны в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет размеров

Переход	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
		d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	2,8	64,7	67,9	-	-
Точение черновое	0,25	60,66	60,91	4	6,9
Точение чистовое	0,074	60,262	60,336	0,39	0,57
Шлифование черновое	0,03	60,108	60,133	0,26	0,318
Шлифование чистовое	0,016	60,002	60,018	0,106	0,115

Результирующий расчет показан на рисунке 2.

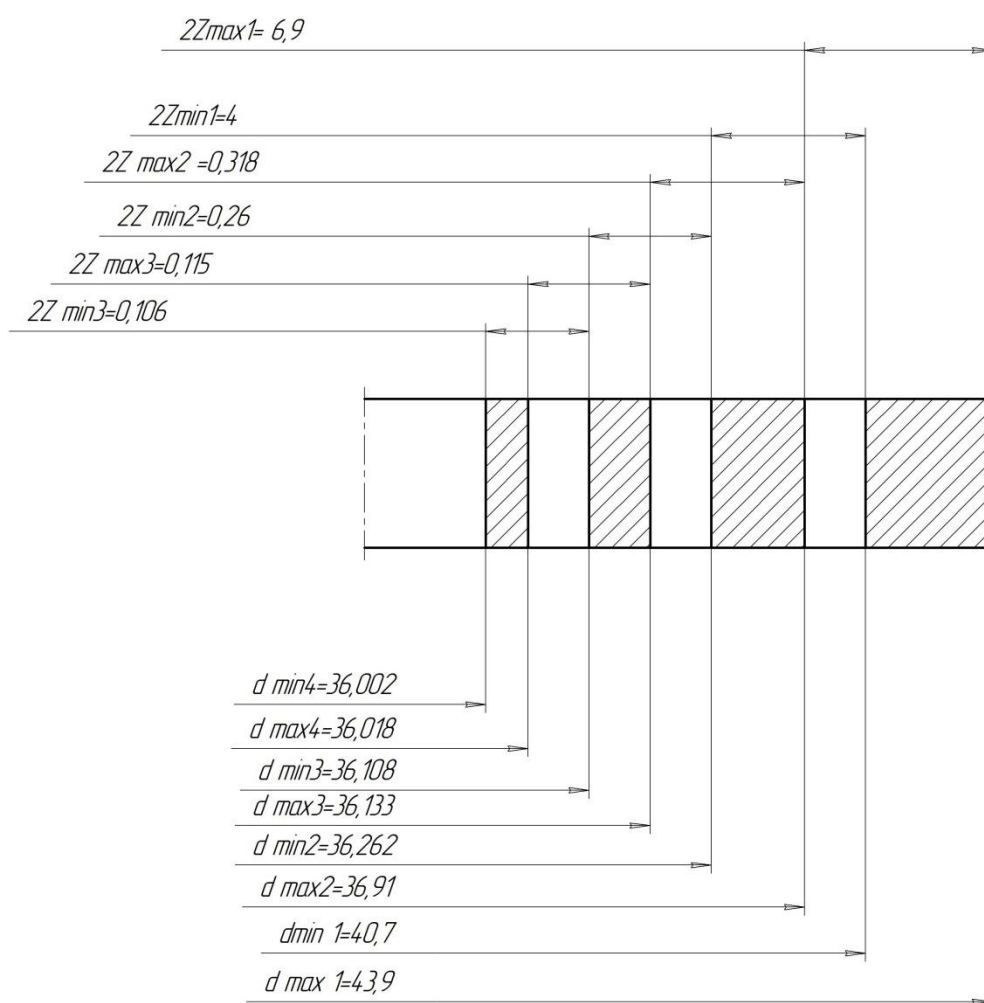


Рисунок 2 – Схема припусков

2.4 Методы обработки поверхностей

Общая технология изготовления ступенчатого вала должна соответствовать типовому техпроцессу. Так как производство крупносерийное, деталь будет изготавливаться на предметно-замкнутом участке, который специализируется на изготовлении деталей такого типа.

При анализе технологичности выявлено, что основные конструктивные особенности, такие как материал, типоразмер, соотношение длины и диаметра, позволяют использовать типовой техпроцесс с установкой вала по центровым отверстиям.

Единственным не технологическим элементом, который требует особенных технических решений, является изготовления отверстий в торце. Это сверление и нарезание резьбы в двух отверстиях, расположенных на заданном расстоянии. Здесь возможна обработка на вертикально-сверлильном станке. Можно использовать специализированную оснастку в виде кондукторного приспособления.

Можно использовать станок с числовым программным управлением, но это не целесообразно в связи с малой загрузкой данного сложного оборудования этими конкретно переходами. Более рационально использовать первый вариант.

Остальные технологические переходы полностью соответствует общепринятой технологии изготовления ступенчатого вала со шпоночными пазами и резьбовой поверхностью. Используем разделение лезвийной обработки на два этапа: черновой и чистовой. В промежуток между ними включим термообработку в виде нормализации.

Деталь относится к категории деталей средней жесткости. Поэтому для стабилизации геометрических характеристик лучше использовать нормализацию. Это позволит повысить обрабатываемость материала после чернового этапа обработки, а самое главное - снизит остаточные технологические напряжения.

С точки зрения производительности лучше было бы вал обрабатывать на токарно-фрезерном центре, но при данном объеме выпуска загрузка оборудования будет достаточно высокой. Из-за этого преимущество данного станка по гибкости переналадки будет потеряно. Поэтому типовые технологические переходы по обработки цилиндрических шеек в виде последовательного чернового и чистового точения, промежуточной термообработки между ними, термообработки после чистового точения в виде закалки, а также двух переходов по круглому шлифованию, разбиваем по операционно.

После заготовительной операции, выполняемой на механическом прессе, на фрезерно-центровальной операции выполним обработку крайних торцов и сверление центровочных отверстий. Это даст возможность обеспечить минимальную несоосность припуска при обработке точением и последующем шлифовании.

Оборудованием для токарной обработки выберем многолезцовый полуавтомат на черновую обработку, и токарный станок с числовым программным управлением на чистовую. Это связано с большим количеством переходов по обработке канавок разного типа, а также необходимостью нарезания метрической резьбы разного типоразмера.

Фрезерования шпоночных пазов будет выполняться на вертикально-фрезерном станке методом маятниковой подачи, сверление - на вертикально-сверлильном. Термообработка будет выполняться с использованием индукционного нагревателя для ускорения процесса и повышение качества.

Для установки вала на шлифовальных операциях также используются центровые отверстия. Поэтому после термообработки и чернового этапа выполним правку центров на центрально-шлифовальном станке.

Далее идет серия абразивных кругло-шлифовальных операций, также как и токарные, разделенные на два этапа: черновой и чистовой. Каждый из них включает в себя по две установки для того, чтобы последовательно

обработать заготовку с разных сторон. Заканчивается технология выполнением мойки и контролем.

Данная технологическая последовательность является типовой, поэтому гарантирует обеспечение технических требований чертежа.

2.5 Выбор технологических баз

Деталь типа вал имеет простые цилиндрические наружные формы. Заготовку можно закреплять как по цилиндрическим шейкам, так и использовать центровые отверстия, которые необходимо получить на первой операции механической обработки.

2.6 Выбор оснащения

Выбор станочных приспособлений является важным этапом проектирования любого технологического процесса. От этого зависит точность установки заготовки. Погрешность установки является одной из главных составляющих в общей погрешности обработки. Ее снижение может привести к значительному росту точности и снижению необходимого количества переходов.

Правильный выбор станочного приспособления также может привести к уменьшению упругих деформаций, возникающих под действием силы резания. Данная погрешность также является обычно одной из доминирующих в общем балансе точности. При этом станочные приспособления является одной из главных составляющих капитальных вложений при внедрении любой новой технологии. Это дорогостоящий элемент оснастки, который требует правильного технического обслуживания, для того чтобы они могли эксплуатироваться необходимый период времени.

Выбор станочных приспособлений зависит от того, какой станок задействован на операции. От этого зависят присоединительные поверхности

на установочных элементах шпинделя или рабочего стола станка, что диктует выбор конкретного наименования приспособления.

Кроме этого, на выбор станочного приспособления влияет тип производства в плане производительности. Для крупносерийного производства единственно приемлемым вариантом является механизированной привод зажима по двум причинам. Первая - это повышение производительности за счет сокращения времени закрепления, вторая - это повышение точности за счет стабилизации усилия закрепления. С учетом этих факторов выберем станочные зажимные приспособления для проектируемой технологии изготовления много ступенчатого вала.

Для установки заготовки на 005 операции, а также при сверлении отверстий на вертикально-сверлильном станке используем зажимные приспособления типа тисков. На сверлильной операции это приспособление дополняется кондукторной направляющей плитой под два отверстия.

Для установки заготовки на шпоночно-фрезерной операции используем сборно-разборное приспособление с установкой в призмы и зажимом прихватами.

Для закрепления заготовки на токарной операции используем трех кулачковый патрон и поджим задним центром.

На шлифовальных операциях аналогичная схема с заменой патрона на поводковый тип. В качестве него будем использовать патрон с зажимом хомутиком.

Для обработки используем по возможности стандартизированные инструменты. Учтем присоединительные размеры суппорта токарного станка, инструментального шпинделя сверлильного и фрезерного станков. Режущий инструмент будет из инструментального материала - твердого сплава, так как большая часть современного инструмента изготавливается именно из него. Это обеспечивает необходимую производительность по скорости резания с заданным периодом стойкости режущей части.

Для 005 фрезерно-центровальной операции используем сборную торцовую фрезу с пластинами из твердого сплава. Фреза насадная, поэтому используется еще дополнительно оправка для крепления корпуса фрезы. Для обработки центровых отверстий используем центровочные сверла с зажимом в кулачковом патроне.

Токарная обработка выполняется при помощи контурных резцов с механическим креплением режущих пластин при помощи прихватов. Хвостовая часть державки согласована с посадочными поверхностями суппорта токарного станка с ЧПУ IRONMAC ITX-408 NCNC.

Для обработки канавок используются канавочные резцы двух типов. Первый прорезного типа для прямых канавок, второй - для угловых канавок. Обработка проводится при помощи резьбового инструмента существующего профиля метрической резьбы. Тип обработки будет по генераторной схеме формирования резьбовой впадины.

Фрезерование шпоночных пазов выполняется концевыми фрезами, которые на первом этапе формируют отверстия при осевом перемещении фрезы путем сверления.

Обработка на сверлильном станке проводится при помощи спиральных сверл, зенковки для обработки фасок, и метчика для нарезания резьбы.

Использовать многошпиндельную схему в данном случае невозможно из-за небольшого межосевого расстояния между отверстиями.

Для абразивной обработки используются круги прямого профиля с выточкой для многопроходного продольного шлифования. Структура, материал режущих зерен, твердость, тип связки выбираем под характер обработки.

Для правки центровых отверстий используют шлифовальные головки конического профиля с планетарным методом обработки.

Для контроля используются отсчетные устройства с непосредственным считыванием контролируемого размера. На черновых этапах используются штангенциркули, на чистовых переходах - микрометры.

Кроме этого используются резьбовые калибры для контроля, как наружной, так и внутренней резьбы, а также для контроля шпоночных пазов.

Для определения допусков расположения задействованы контрольные приспособления с индикаторами с возможностью передачи считываемой информации на рабочие места технологов.

Все оснащение переносится в таблицу А1 и таблицу А.2 приложения А.

2.7 Проектирование операций

Проектирования операции включает в себя расчет операционных размеров и припусков. Наиболее точные поверхности - посадочные шейки под подшипники формируются за четыре технологических перехода с промежуточной термообработкой в виде закалки, которая также оказывает влияние на точность размеров [27].

Значение подачи является вторым этапом проектирования технологических режимов.

В зависимости от этапа выполняемой операции критериями выбора подачи могут являться силовой показатель для чернового точения. Здесь учитывается размер державки.

На втором чистовом этапе учитывается качество поверхности, которое необходимо достичь при обработке.

Все размеры и технологические допуски на них определены заранее и представлены в плане изготовления, где выбор последнего параметра связан с учетом метода обработки, типа станка и схемы настройки.

Для определения трех параметров технологических режимов выберем расчет по базе данных программы Вертикаль. Для скорости резания необходимо учесть стойкость режущего инструмента. Принимаем его с учетом производительности и планируемых расходов на переточку. Стойкость является нормируемым показателем, который для крупносерийного и массового производства принимается равным 240 минут.

Второй фактор определяется частотой смены режущего инструмента (кратно половине длительности смены) и нормой расхода этого инструмента на обработку партии заготовок. С учетом указанного показателя стойкости найдены скорости резания [26].

Для черновой обработки необходимо учесть много инструментальную настройку станка. Поэтому подачу выбираем по минимальному значению для всех инструментов в комплекте наладки, работающих одновременно. Скорость резания определяем по нормированной стойкости. Это означает, что необходимо учесть время работы инструментов такой много инструментальной наладки. Эта доля времени может составлять максимум 1, или принимать меньшее значение. Если инструмент будет работать меньше общей длины хода резцового блока, то соответствующий коэффициент времени используем для пересчета базовой стойкости этого инструмента, и с учетом измененной стойкости проводим перерасчет скорости резания.

По данным скоростям для каждого инструмента определяется частота вращения. Наименьшую частоту вращения принимаем для всей много инструментальной наладки. Это позволит гарантированно обеспечить работоспособность всех резцов в одном инструментальном блоке [25].

После определения частоты вращения и корректировке ее по паспорту станка проводятся необходимая силовая проверка. В данном случае она связана с учетом резания и нагрузки на всех инструментах, работающих одновременно. Для этого определяется тангенциальная сила резания отдельно для каждого инструмента, с учетом фактической скорости резания для них. Проводим расчет индивидуально мощности резания. И последним шагом ее суммируем, а уже полученную сумму сравниваем с паспортной мощностью станка, уменьшенной с учетом к.п.д. передаточного механизма привода подач.

Обработка данного вала можно вести на многорезцовом токарном полуавтомате. Обработка на нем отличается от станка с ЧПУ, который работает последовательно инструментом [24].

Применение к валу одновременно несколько токарных резцов. С одной стороны это повышает производительность и сокращает время цикла, с другой увеличивает погрешность обработки.

Полуавтоматическая работа означает, что часть процесса, связанная с перемещением инструмента автоматизирована. Для вспомогательных процессов таких, как загрузка и разгрузка заготовок, требуется вмешательство оператора. На станке с ЧПУ разделение работ аналогичное, но у него преимущество в автоматизации замены инструмента.

С точки зрения точности, многорезцовый токарный полуавтомат обеспечивает повторяемость размеров вала и качества поверхности. Но по точности обработки блоком резцов необходима проверка [23].

В случае использования инструментальной револьверной головки, которые позволяют быстро менять инструмент и выполнять различные технологические переходы, разницы между многорезцовым токарным полуавтоматом и универсальным станком с ЧПУ нет.

Использование для зажима заготовки цангового патрона сокращает технологические возможности станка, так как ограничивается диапазон зажимаемых заготовок. Необходима система регулируемых или настраиваемых зажимов для надежного закрепления валов различной конфигурации во время обработки, так как производство серийное.

Как правило, многорезцовые токарные полуавтоматы используют механическое управление для регулирования траекторий движения суппортов, скоростью резания, подачей.

Использование дополнительных систем повышает эффективность современных станков любого типа. Встроенные системы подачи СОЖ помогают эффективно отводить тепло из зоны резания, повышают стойкость инструмента и обеспечивают высокое качество поверхности.

Токарный станок 1719 имеет перемещение для продольного суппорта относительно шпинделя 450 мкм при силе 26000 Н [18]. Это дает жесткость станка $5,7 \cdot 10^7$ Н/м.

Для токарной операции расчет ведем по [8].

Глубина резания $t = 2,5$ мм. Рекомендуемая и принятая по паспорту станка подача $S_0 = 0,598$ мм/об.

Рассчитываем скорость резания по формуле [16]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_V, \quad (12)$$

где C_V – постоянный коэффициент для данного вида обработки,

k_V – поправочный коэффициент;

T – стойкость,

t – глубина резания,

S – подача;

x, y, m - показатели степени для учета особенностей операции.

Поправка

$$k_V = k_{иV} \cdot k_{мV} \cdot k_{пV}, \quad (13)$$

где $k_{иV}$ – коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента;

$k_{мV}$ – коэффициент влияния материала заготовки;

$k_{пV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности.

$$k_{мV} = k_\sigma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\sigma} \right)^{n_V},$$

где k_σ – коэффициент группы материала по обрабатываемости;

n_V – показатель степени.

$$k_{мV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{560} \right)^1 = 1,34.$$

Остальные таблично приняты $k_{иV} = 1,0$; $k_{пV} = 0,8$. Тогда

$$k_V = 1,0 \cdot 1,34 \cdot 0,8 = 1,07.$$

Как говорилось выше, по кратности половине смены стойкость T равна 240 мин. Остальные параметры для продольного точения: $C_V = 300$; $x = 0,15$; $y = 0,75$; $m = 0,2$.

$$V = \frac{300}{240^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,598^{0,35}} \cdot 1,07 = 104 \text{ м/мин.}$$

Чистовая обработка

$$V = \frac{300}{240^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,33^{0,35}} \cdot 1,34 = 227 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем обороты шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (14)$$

Для самого большого диаметра

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 80} = 416 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 227}{3,14 \cdot 80} = 904 \text{ мин}^{-1}.$$

Для много инструментальной блочной параллельной обработки глубину резания и подачу оставляем для каждого из инструментов как получено.

«Скорость резания определяется по предположительно лимитирующему инструменту. Ими могут быть инструменты, обрабатывающие участки наибольшего диаметра и наибольшей длины. Для нескольких предположительно лимитирующих инструментов находят коэффициенты времени резания λ , которые равны

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{px}}, \quad (15)$$

где L_p - длина резания отдельного инструмента;

L_{px} – длина рабочего хода всего инструментального блока» [13].

Определим лимитирующий инструмент (рисунок 3).

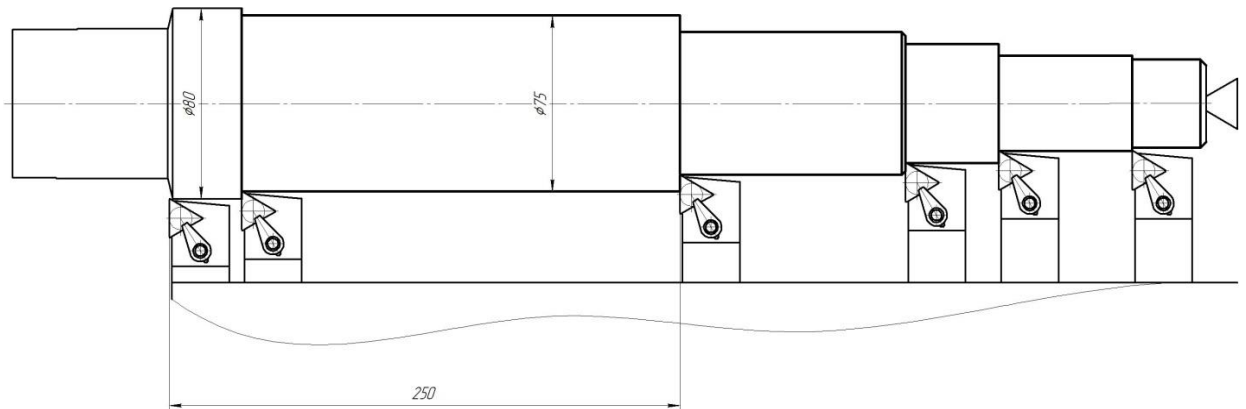


Рисунок 3 – схема резцов в блоке

Видно, что это крайний инструмент в блоке, так как он обрабатывает и максимальный диаметр и самую длинную поверхность.

Период стойкости T лимитирующего инструмента:

$$T = T_m \cdot \lambda, \quad (16)$$

где T_m – нормированная стойкость инструмента, мин.

В данном случае она будет равна 240 мин. Так что расчет оставляем по оборотам и подаче.

Лимитирующий будет инструмент с наименьшей определенной скоростью резания, которая и определяет обороты для работы всего блока инструментов.

Силовая проверка по силе резания [12]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot k_p, \quad (17)$$

где C_p – постоянный коэффициент;

t, S, v – режим обработки;

x, y, n – показатели степени.

Подставим C_p 300, x как 1, y равным 0,75 и n как -0,15.

Последний коэффициент через учет геометрии резца

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{r p}, \quad (18)$$

где k_{mp} – коэффициент по прочности обрабатываемого материала;

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{r p}$ - коэффициенты влияния геометрических параметров режущей части резца.

Сводим все данные

$$k_{mp} = \left(\frac{560}{750} \right)^{0,75} = 0,8.$$

$$k_p = 1,1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,91.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,589^{0,75} \cdot 104^{-0,15} \cdot 0,91 = 2286 \text{ Н.}$$

Расчет на калькуляторе Walter дает для тех же условий 3539 Н (там нет условий учета параметров материала). Примем для расчета 3000 Н.

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (19)$$

$$N = \frac{3000 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 5,1 \text{ кВт.}$$

Расчет на калькуляторе Walter дает для тех же условий 5,9 кВт. Мощность двигателя главного привода станка $N_{cm} = 12$ кВт. Условие должно быть такое: мощность резания должна быть меньше станочной. С учетом всех потерь условие выполнено.

Если учесть все силы на всех резцах (в блоке 6 штук) по минимум 2200 Н, суммарная сила равна 13200 Н.

Для жесткости станка $5,7 \cdot 10^7$ Н/м без учета заготовки и инструмента деформация будет равна 0,0002 м или 0,2 мм. Это деформация на шпинделе – самом жестком элементе станка. Если принять для самого большого

диаметра допуск по 12 качеству 0,35 мм, то этот прогиб будет составлять 57%, что недопустимо много. Поэтому отказываемся от многорезцовой параллельной обработки. Вести обработку будем по контуру по программе на станке с ЧПУ RONMAC ITX-408 NCNC. Режимы оставляем все для станка 1719. «С учетом этого выполним расчет штучного для крупносерийного производства:

$$T_{шт} = T_o + T_е + T_{об} + T_{пер}, \quad (20)$$

где T_o - основное время, мин;

$T_е$ - вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ - время обслуживания, мин;

$T_{пер}$ - время перерывов в работе» [19].

«Основное время для точения:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (21)$$

где l_1 –быстрый подвод, мм;

l_p - длина резания, мм;

l_2 - перебег, мм;

$S_{мин}$ - минутная подача, мм/мин» [17].

Учитывая перепад на сторону по всей заготовке, а также снятие припуска на самой малой ступени 90 мм длиной

$$T_o = \frac{(500+90+15+5 \cdot 3)}{249} = 2,5 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{(500+15+3 \cdot 2) \cdot 1}{298} = 1,74 \text{ мин.}$$

Время обработки на операцию по установам и переходам

$$T_o = 2,5 + 1,74 = 4,2 \text{ мин.}$$

Последние два слагаемые находим в процентах от оперативного времени

$$T_{on} = T_o + T_e. \quad (22)$$

«Время обслуживания складывается из времени:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}. \quad (23)$$

где $T_{тех}$ – время технического обслуживания, мин;

$T_{орг}$ - время организационного обслуживания, мин» [12].

Тогда штучное время 010 операции

$$T_{шт} = 4,2 + 2,5 + 0,09(4,2 + 2,5) = 7,3 \text{ мин.}$$

С учетом периодического запуска в производство сериями

$$T_{шт-к} = \frac{25}{1181} + 7,3 = 7,32 \text{ мин.}$$

Найденное время представлено в технологических документах.

Выводы по разделу

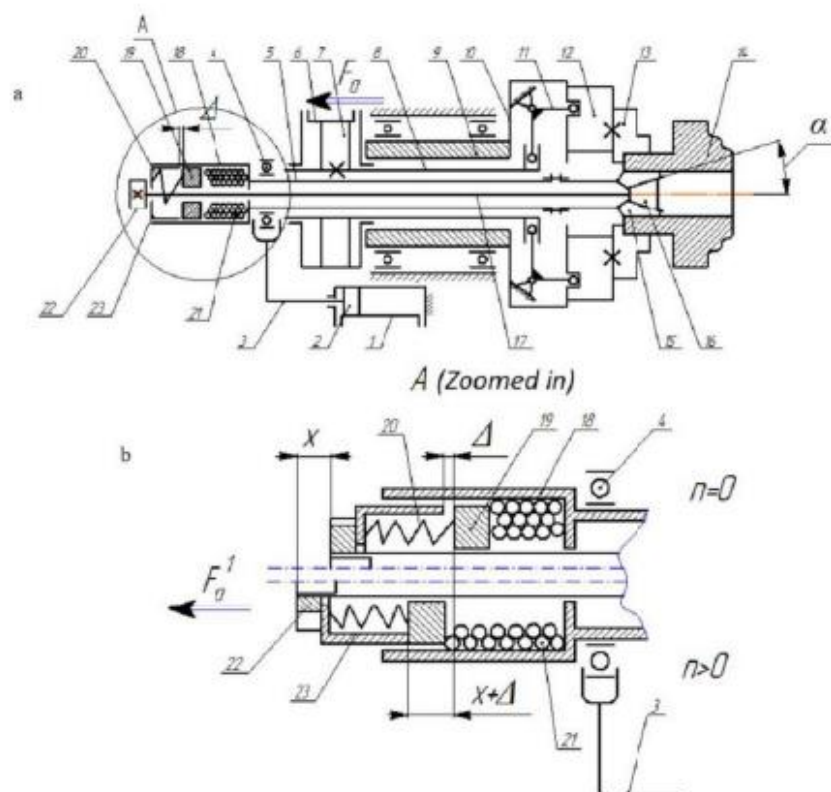
Для вала определили тип производства – среднесерийный. С учетом этого выбрана заготовка – штамповка. Спроектированы маршрут изготовления, операции, необходимые средства оснащения.

Проектирование операций включает расчет размеров, припусков, режимов обработки и нормирование.

3 Проектирование оснастки

3.1 Разработка приспособления

Если взять за основу патрон с рычажно-кулачковым механизмом, дополнительный элемент обеспечивает зажим пропорциональный частоте вращения, и соответственно, центробежным силам. Этот элемент шток 16 и цанга 15 за счет шариков 21, которые стремятся разойтись, пытаясь прижаться к внутренней поверхности корпуса 18 и перемещают втулку 19 влево. Это приводит к смещению штока и разжиму лепестков цанги 15 [21].



Гидроцилиндр 1; поршень 2; трубка; подшипник 4; труба 5; гидроцилиндр 6; поршень 7; тяга 8; шпиндель 9; патрон 10; рычаги 11; ползуны 12; зажимные губки 13; заготовка 14; цанга 15; шток 16; тяга 17; втулка 18; втулка 19; пружина 20; шарики 21; втулка 23.

Рисунок 4 – Схема инерционного зажимного механизма

Данная конструкция не практична из-за конструктивной сложности.

Кроме этого, возникает двойное базирование в радиальном направлении, что приводит к потере точности. Для реализации этого метода заготовка должна иметь отверстие [20].

Спроектируем для токарной операции самоцентрирующийся патрон. Во время токарной операции он должен обеспечить необходимое усилие зажима при много инструментальной обработке. Главным критерием оценки его работы является величина силы зажима.

Для токарной чистовой обработки, которая проводится при скорости резания более 200 м/мин, патрон оценивается по стабильности усилия закрепления. Это связано с обеспечением более высокой точности по операционным припускам. Так и из-за центробежных сил, возникающих при высокой частоте вращения патрона.

Исходными данными для расчета являются заготовки - штамповка. Материал - сталь 40ХНМ [7].

Технологические режимы и силовой параметр - тангенциальная составляющая силы резания, определены в технологической части работы. По необходимости дополним свой расчет определением осевой и радиальной составляющей силы резания.

С учетом серийности производства необходимо обеспечить возможность переналадки патрона на другой типоразмер. Также было отмечено в технологической части, должен быть механизирован.

Для определения сил закрепления представим схему базирования и ее реализацию на рисунках 5 и 6.

Схема базирования стандартная для вала. Двойная направляющая по оси, которая реализуется за счет патрона слева и поджима задним центром справа.

Осевая сила R_x сдвигает заготовку вала вправо, фиксируя ее в осевом направлении. поэтому при расчете не учитываем.

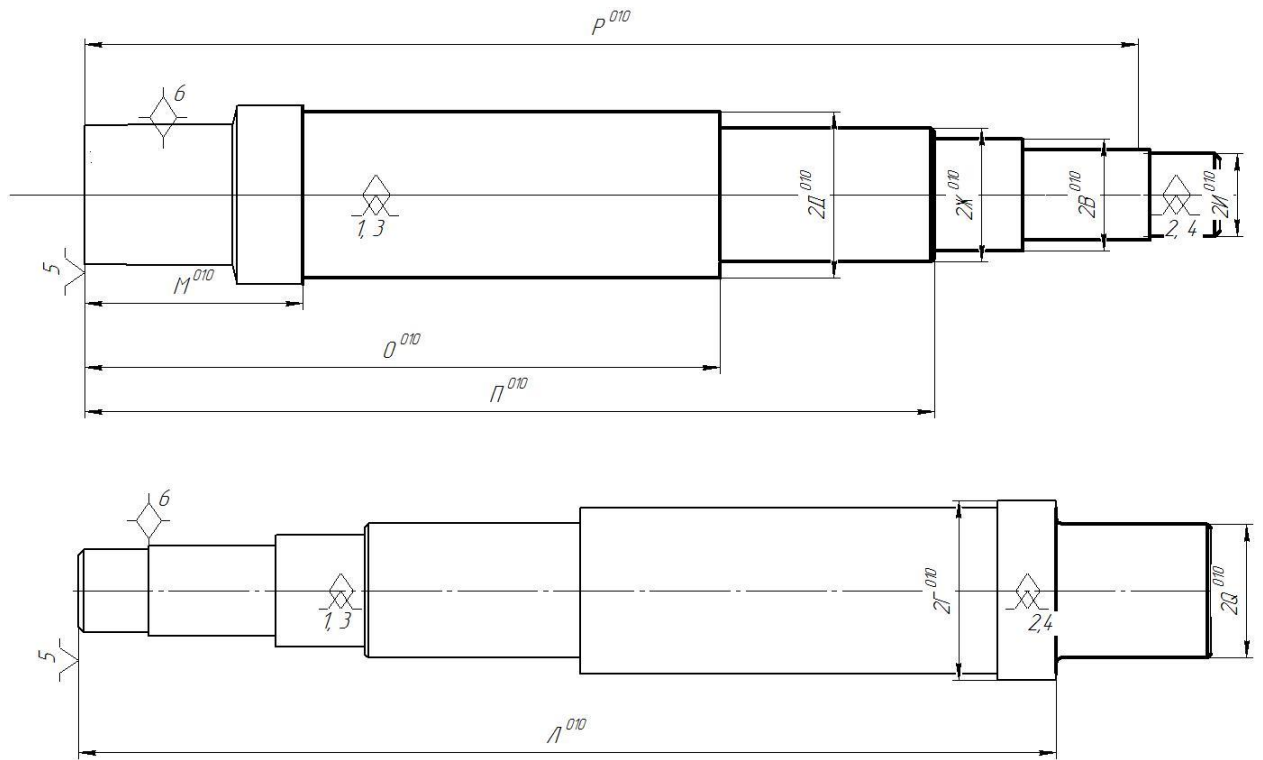


Рисунок 5 – Схема базирования вала для токарной обработки

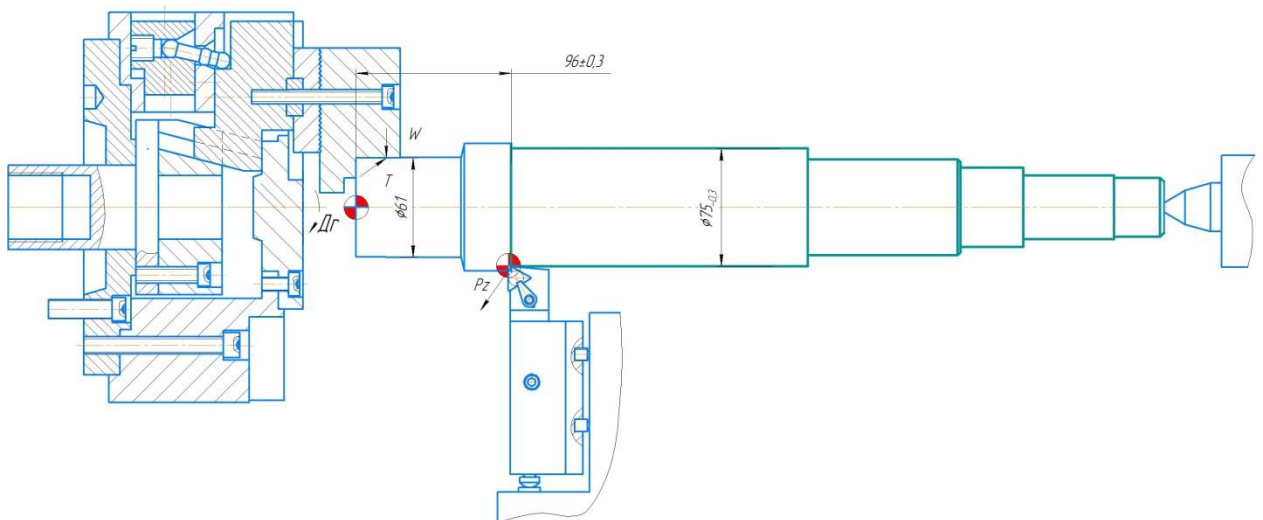


Рисунок 6 – Схема действия сил зажима и сил резания

Радиальная составляющая силы резания воспринимаются двумя опорами - кулачками патрона и задним центром.

Силой зажима, непосредственно в данном случае, можно пренебречь, так как нагрузка распределяется по конструктивным элементам технологической системы станка. Для расчета оставляем тангенциальную силу.

Схема равновесия сил резания и сил зажима W между кулачками и валом [15]

$$W = k \frac{(P_z d_0)}{n(f d_3)}, \quad (24)$$

где k - коэффициент безопасности;

n – количество кулачков;

P_z – тангенциальная сила резания, Н;

d_0 – диаметр обработки, мм;

f – коэффициент трения;

d_3 – диаметр базовой шейки, мм.

k находим по [17]:

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (25)$$

«где k_0 – минимальное значение;

k_1 – для неравномерности сил резания;

k_2 – учитывает износ инструмента;

k_3 – для ударного резания;

k_4 – учитывает схему установки;

k_5 – параметр механизации привода зажима.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,59.$$

По расчету для черного и чистового переходов

$$W = 2,59 \frac{3000 \cdot 0,04}{3 \cdot 0,2 \cdot 0,03} = 16667 \text{ Н.}$$

С учетом наибольшего полученного усилия зажима сделаем оценку на дополнительные затраты из-за трущихся поверхностей. В ней учитываются размеры направляющей части кулачка

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (26)$$

«где W – сила зажима, Н;

l_k – вылет кулачков, мм;

H_k – длина направляющей, мм;

f_1 – коэффициент трения» [16].

$$W_1 = \frac{16667}{1 - \left(\frac{3 \cdot 25}{110} \cdot 0,08 \right)} = 17637 \text{ Н.}$$

Потребная сила на исходном приводе будет снижаться при использовании клинового зажимного механизма [17]

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (27)$$

где i_c – передаточное отношение.

С учетом угла клина передаточное отношение равно 2,5.

$$Q = \frac{17637}{2,5} = 7055 \text{ Н.}$$

Конструктивно, чтобы разместить все элементы механизма патрона, примем диаметр корпуса с учетом размеров кулачков

$$D_{II} = d_3 + 2 \cdot H_K, \quad (28)$$

Тогда его размер будет

$$D_{II} = 60 + 2 \cdot 110 = 280 \text{ мм. Примем } 330 \text{ мм.}$$

Чтобы обеспечить усилие зажима создаем давление в гидроцилиндре.

Его главный параметр – диаметр поршня

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p}}, \quad (29)$$

где p – давление масла, МПа.

Примем p равным 5 МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{7055}{5}} = 42 \text{ мм.}$$

Принимаем 63 мм.

Погрешность приспособления определяется точностью сопряжений в зажимном механизме и связанными с ним установочными элементами патрона.

Нормированная точность равна

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot Td, \quad (30)$$

где Td – заданный допуск по 9 качеству (0,087 мм).

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot 87 = 26 \text{ мкм.}$$

В данном случае общая погрешность размерной цепи не должна превышать 26 мкм. Для этого с учетом зазора постоянного кулачка в центровке по Т-образному пазу, погрешности центрирования в корпусе патрона, погрешности изготовления постоянного кулачка (размер от Т-образной направляющей до шпоночного паза для посадки сменного кулачка) и погрешности размера сменного кулачка, получается пять размерных

параметров. Если принять метод обеспечения точности равных допусков получается около 5 мкм на звено. Технологически сложно, но можно это сделать, особенно для размеров кулачков.

Принимаем погрешность патрона 0,026 мм.

Спроектированный патрон используется на токарных операциях для установки заготовки вала.

Разработанный патрон устанавливается на посадочную фланцевую часть шпинделя станка. Его установка происходит по базовой пластине 7, которая фиксируется на шпинделе при помощи винтов 16. На базовой пластине 7 винтами 15 фиксируются корпус патрона со всеми его элементами.

Соединитель 8 для установки тяги, проходит через отверстие в базовой пластине 7. На нем при помощи винтов 14 закрепляется центровик 6. Он зацепляется с постоянными кулачками 4. Они зафиксированы в корпусе патрона и перемещаются по радиальным пазам. На этих кулачках устанавливаются сменные кулачки 2, форма которых подбирается под конфигурацию зажимаемой заготовки. Установка в радиальном направлении происходит по промежуточной рифленой пластине 3, которая при помощи шпонки 19, зафиксирована на постоянном кулачке 4. Для обеспечения точности движения постоянного кулачка 4, защиты внутренностей патрона от попадания грязи и стружки, центральное отверстие со стороны заготовки закрывается крышкой 5. Оно фиксируется на корпусе патрона 1 при помощи винтов 12. Для создания радиальной нагрузки, препятствующей смещению кулачков в радиальном направлении, используется противовес 9, в виде втулки в радиальном отверстии корпуса патрона 1. За счет рычага 11 противовес взаимодействует с постоянным кулачком 4. Для обеспечения заданного осевого поджима используется регулировочный винт 10. Для обеспечения безопасности работы используется защитное кольцо, которое винтами крепится на корпус патрона 1.

Патрон работает следующим образом. С учетом формы заготовки, выбранные сменные кулачки 2 крепятся в заданном положении на рифленной проставке 3 винтами 13. Давление в гидравлическом приводе создается в правой полости и тяга (не показана), перемещает соединитель 8 вместе с центровиком 6 влево. Зафиксированная в осевом направлении кулачковая часть скользит по радиальному пазу и смещается в радиальном направлении к заготовке, производя ее фиксацию. После зажима заготовки начинается вращение патрона. Противовес 9 за счет центробежных нагрузок начинает смещаться в радиальном направлении от оси вращения. Это приводит к тому, что рычаг 11, поворачиваясь по часовой стрелке, давит своим укороченным концом на уступ постоянного кулачка 4, производя стабилизацию силы зажима. Причем, она прямо пропорциональна частоте вращения патрона. Это приводит к более стабильной силе зажима и снижению погрешности обработки. Обеспечивается надежное закрепление заготовки, в том числе, при высокоскоростном точении.

3.2 Проектирование инструмента

Для повышения стойкости резцов используют покрытия режущей части. Два основных направления совершенствования современных покрытий заключаются в усложнении их структуры. Это может быть основано на многослойных структурах или модификации отдельных составляющих, например, за счет наноструктурирования. Оба направления могут объединяться [22].

Отдельное направление - нанокompозитные покрытия. Методы нанесения этих покрытий самые разнообразные, также как и состав. Могут использоваться хром, медь, серебро для легирования в составе нитридов. Для нанесения таких составов используют метод импульсного распыления в магнитном поле. Также могут применяться нитриды алюминия, титана, бора, кремния, никеля, гафния, в том числе наноструктурированные. Метод

нанесения – осаждение из газовой фазы. Причем комбинации этих нитридов самые разные. Применяют и для штамповочной оснастки. Эксплуатационные параметры, включая стойкость к окислению и коррозии, увеличивается. Режимы нанесения, в том числе обороты заготовки, приводят к формированию слоев толщиной от 10 нм. Размеры толщины покрытий изменяются в разных исследованиях от 3 до 500 нм [24].

Причины более высоких эксплуатационных свойств различных инструментов для разных составов и технологий нанесения разные. Это может быть препятствие для кислорода в виде карбида кремния.

Размер толщины слоя влияет комплексно на разные свойства инструмента. При уменьшении толщины слоя снижается коэффициент трения, повышается твердость.

Для твердого точения закаленной инструментальной стали использовались инструменты с покрытием толщиной более 500 нм. Наноструктурное покрытие $(\text{Ti,Al,Cr})\text{N}$ отличается высокой красностойкостью [23].

Такой же результат использования того же покрытия с размером слоя 10-30 нм при фрезеровании закаленной стали.

В целом многослойные покрытия отличаются более высокой износостойкостью чем однослойные. Стабилизируется износ режущей части.

Например, трехслойное покрытие $(\text{Ti,Al,Si})\text{N}-(\text{Ti,Si})\text{N}-(\text{Ti,Al})\text{N}$, имеет большое преимущество с двухслойным при твердом точении закаленной стали.

Для нанесения покрытий могут использоваться методы катодного вакуумно-дугового осаждения. Для разных материалов используются различные скорости вращения стола с изделием. Чем больше скорость вращения, тем тоньше слой.

Сравнение покрытий $\text{Ti} - (\text{Ti,Al})\text{N}$ без указания толщины; $\text{Ti} - \text{TiN} - (\text{Ti,Al,Si,Cr})\text{N} - 80$ нм; $\text{Ti} - \text{TiN} - (\text{Ti,Al,Si,Cr})\text{N} -$ толщиной 40 нм. Микротвердость и адгезия выше для последних двух покрытий.

На рисунках 7 – 10 утолщенная пунктирная резец без покрытия; утолщенная – покрытие Ti - (Ti,Al)N; основная линия - Ti – TiN - (Ti,Al,Si,Cr)N – 80 нм; двойная пунктирная Ti – TiN - (Ti,Al,Si,Cr)N – толщиной 40 нм.

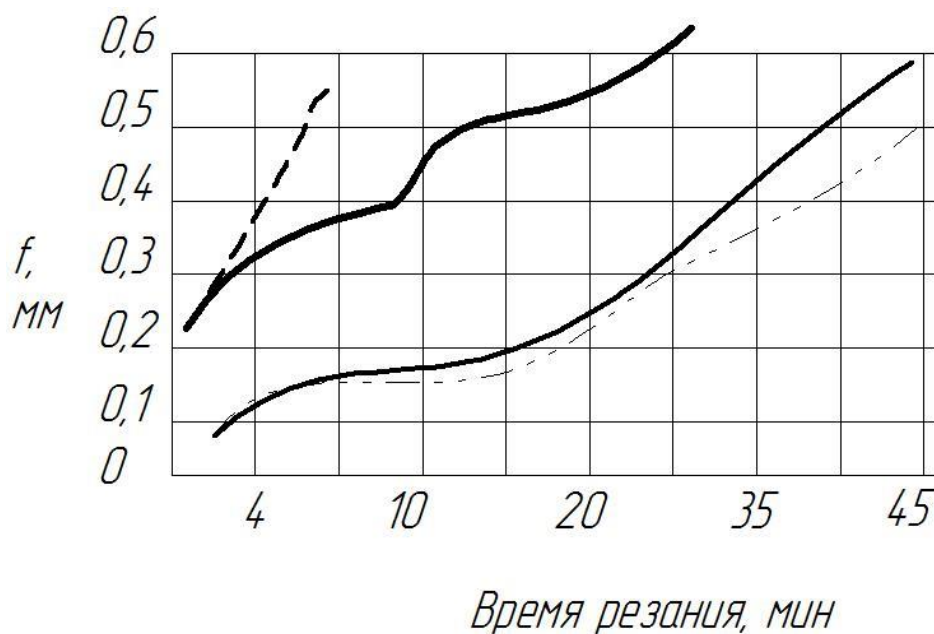


Рисунок 7 – Зависимость износа от времени резания при скорости резания 100 м/мин, подаче 0,11 мм/об и глубине резания 0,5 мм

Механические и режущие свойства инструментов с Ti-TiN. Исследовались покрытия (Ti,Al,Cr,Si)N с различной толщиной нанослоев (40 и 80 нм). В результате проведенных исследований установлено, что если механические свойства этих покрытий (микротвердость и прочность сцепления с подложкой), исследованные при комнатной температуре, не выявили заметных различий, то режущие свойства инструментов с такими покрытиями явно различаются.

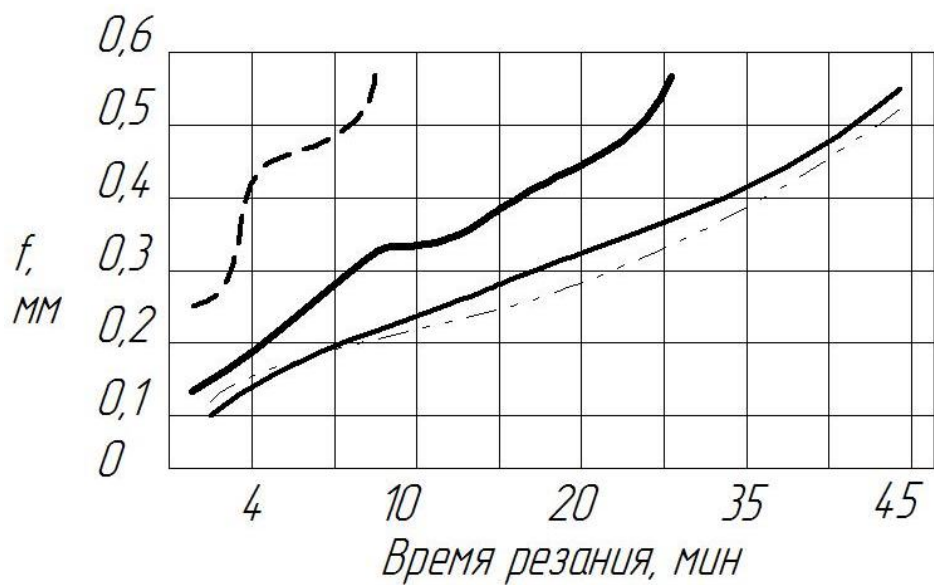


Рисунок 8 – Зависимость износа от времени резания при скорости резания 150 м/мин, подаче 0,11 мм/об и глубине резания 0,5 мм



Рисунок 9 – Зависимость износа от времени резания при скорости резания 200 м/мин, подаче 0,11 мм/об и глубине резания 0,5 мм

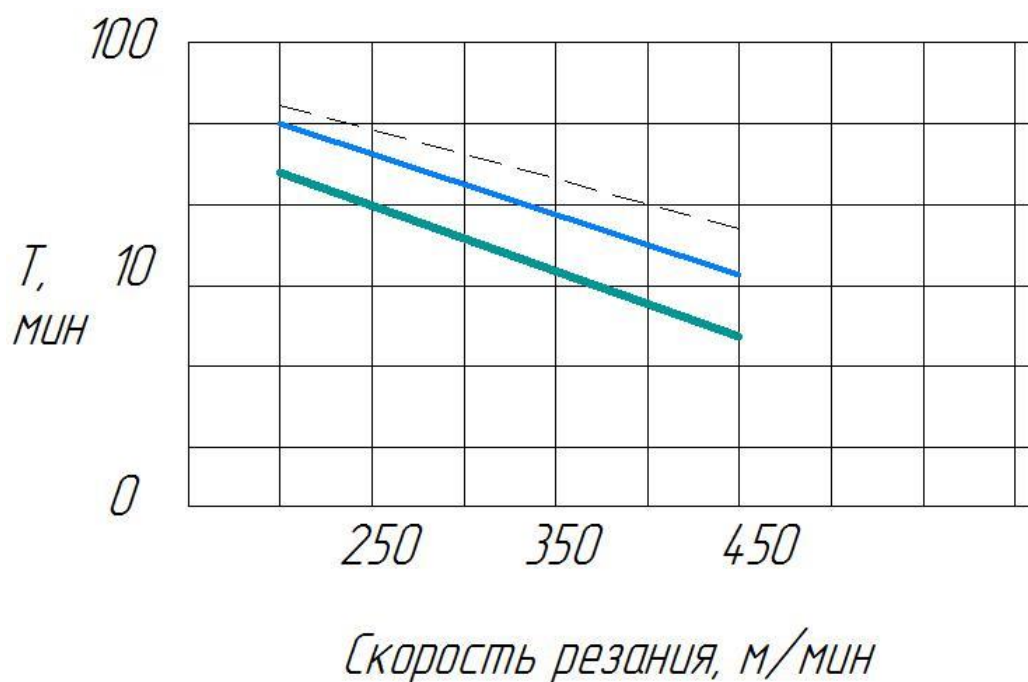


Рисунок 10 – Зависимость стойкости от скорости резания

С ростом скорости резания разница в стойкости инструмента растет. Инструмент с покрытием, характеризующимся более тонкими нанослоями (40 нм), показал наибольшую стойкость при всех изученных скоростях резания (100, 150 и 200 м/мин). Исследования микроструктуры поверхностных слоев изношенного инструмента выявили более активное растрескивание у инструментов с покрытиями, характеризующимися более толстыми нанослоями (80 нм). При этом исследованные инструменты с многослойными композиционными покрытиями показали значительно более высокую стойкость как по сравнению с инструментами без покрытия, так и с инструментами с однослойным покрытием Ti-(Ti,Al)N.

Выводы по разделу

Спроектирован клиновой патрон с инерционным противовесом для токарной операций. Спецификации в таблицах Б.1 приложения Б и в таблице В.1 приложения В. Спроектирован резец для высокопроизводительной обработки.

4 Экологичность и безопасность проекта

В разделе по методическим указаниям [3] разрабатываются мероприятия по обеспечению соответствия технологического процесса изготовления ступенчатого вала требованиям по охране труда и экологичности.

Объект анализа – технология изготовления вала ступенчатого из материала 40ХНМА. Заготовка штамповка массой 16,8 кг.

Технологические операции соответствуют типовому техпроцессу изготовления вала.

Для обеспечения требований безопасности технологические операции должны быть проанализированы на наличие вредных и опасных факторов, последствия от их действий. С учетом этого анализа необходимо предложить меры по борьбе с ними.

Так как материал заготовки 40ХНМА, обработка лезвийная и абразивная с использованием охлаждения СОЖ, образуется металлическая пыль и стружка: Вдыхание этих частиц может привести к серьезным респираторным заболеваниям. При попадании в легкие она может вызвать различные болезни. Токсичные испарения могут вызывать интоксикацию.

Перемещение металлических изделий, работа механизмов, оборудования, транспорта создает шум. Его длительное воздействие на работника может привести к снижению или даже к потере слуха. Шум может иметь разную интенсивность и длительность. На заготовительной стадии, где есть ударные воздействия на заготовку, последствия будут сильнее. Но даже умеренный уровень шума может быть вредными при длительном воздействии. Длительное действие шума вызывает стресс и связанные с ним заболевания, включая гипертонию.

Работающие механизмы имеют определенную неуравновешенность. Процесс резания по своему характеру является динамическим. Все это приводит к вибрациям. Их воздействие на организм работающих может

привести к развитию вибрационной болезни. Это состояние характеризуется онемением, покалыванием, болезненными ощущениями и потерей силы в руках. Длительные нарушения опорно-двигательного аппарата также могут быть вызваны вибрациями.

Непосредственный контакт с СОЖ привести к кожным заболеваниям, таким как дерматит и экзема. Вдыхание паров этих веществ может вызвать проблемы с дыханием и раздражение дыхательных путей.

Заготовка тяжелая (около 15 кг). Ее перемещение приводит к физическому напряжению. Повторяющиеся действия и плохая эргономика рабочего места могут привести к травмам опорно-двигательного аппарата.

На участке есть печи для нагрева штамповок, проведения закалки, моечная машина с сушильной камерой. Они создают вокруг повышенную температуру. Работа в таких условиях может привести к тепловому удару и различным заболеваниям. Это может быть особенно опасно в плохо вентилируемых помещениях, где отсутствует достаточная циркуляция воздуха. Поэтому обязательно должна быть правильно организована вентиляция производственного участка (естественная и приточно-вытяжная).

С учетом требований по охране труда на производственном участке предлагаются следующие меры. На рабочих местах с обрабатывающими станками применяются комплексные способы борьбы вредными факторами.

Нормативы по чистоте воздуха на рабочем месте регулируются СанПиНом 2.2.4.548-96 "Санитарно-эпидемиологические требования к микроклимату производственных помещений" и СанПиНом 2.2.4.1294-03 "Гигиенические требования к качеству воздуха рабочей зоны". Для удаления металлической пыли, взвешенной в воздухе стружки и испарений применять вытяжные системы. Их установка с системами очистки воздуха помогает удалить вредные пыль, стружку и испарения из рабочей зоны. Комбинированные системы приточно-вытяжной вентиляции используются для создания потока свежего воздуха и удаления вредных частиц.

Кроме обеспечения циркуляции воздуха необходимо очищать его. Использование фильтров и сепараторов помогает задерживать и удалить все частицы из воздуха. Фильтры устанавливаются в системах вытяжной вентиляции. Они предотвращают попадание пыли в окружающую среду.

СОЖ приводит к токсичным испарениям и создает экологические проблемы при утилизации. С другой стороны, использование этих специальных средств помогает уменьшить попадание пыли и стружки в воздух во время обработки на станках.

Обязательным условием обеспечения безопасности труда является защитная экипировка. Работники-операторы, занятые на обрабатывающих станках, должны быть снабжены средствами индивидуальной защиты. К ним относят респираторы, защитные очки, наушники, перчатки и специальную одежду. Все это помогает предотвратить попадание пыли, стружки и испарений на кожу и дыхательные пути работника, снизить нагрузку на слух, обеспечить электробезопасность, защитить от травм.

Эффективность применения указанных мер борьбы с вредными факторами зависят от конкретных условий работы и типа используемых станков. Для пресса на заготовительном участке необходим виброизолирующий фундамент, для металлорежущих станков – вибрационные опоры. Для защиты от шума необходимо использовать шумопоглощающие покрытия, как стен, так и самого оборудования.

Обязательным условием обеспечения безопасности труда является обучение и инструктаж. Работники (операторы станков и вспомогательный персонал) должны быть обучены и информированы о мерах безопасности, связанных с работой в производственном помещении. Они должны знать о возможных опасностях, а также о том, как правильно использовать средства индивидуальной защиты.

Технологическое оборудование использует электромеханические приводные системы. Соблюдение электробезопасности является обязательной составляющей для защиты работников от опасных ситуаций.

Работники, занятые в области обслуживания и эксплуатации электрических систем, проходят обучение и инструктаж по безопасному использованию электрического оборудования и средств защиты от поражения током. Программа обучения включает изучение правил эксплуатации, процедур работы с электрическими приборами, меры предосторожности и процедур действий в случае аварийных ситуаций.

Работники должны использовать соответствующие средства защиты, такие как диэлектрические перчатки, очки и защитную одежду.

Электрическое оборудование должно проходить регулярные проверки и обслуживание для обнаружения и устранения потенциальных неисправностей. Ответственные специалисты должны осуществлять осмотр и испытания электроустановок, контролировать состояние изоляции и, при необходимости, проводить ремонт.

Все технологическое оборудование на участке должно иметь системы заземления, должны применяться электрические защитные устройства, такие как предохранители и устройства защитного отключения (УЗО), что помогает предотвратить короткое замыкание и повреждение оборудования.

На рабочих местах с электрическими установками следует установить соответствующие предупреждающие и информационные знаки, чтобы предупредить работников о потенциальных опасностях и указать на меры предосторожности.

Регулярные плановые проверки электрического оборудования и систем электропитания помогают выявить проблемы и неполадки, а также своевременно внести необходимые коррективы для поддержания электробезопасности.

На производственном участке для обработки вала должны соблюдаться меры пожарной безопасности. Это необходимо для предотвращения возгорания зданий и имущества, защиты работников. Для этого используют типовые мероприятия.

В производственном подразделении должен быть разработан и регулярно обновляем план эвакуации, который определяет маршруты эвакуации, средства пожаротушения и места сбора. Персонал должен быть обучен правильным действиям при возникновении пожара, включая оповещение о пожаре, использование средств пожаротушения и проведение эвакуации.

На объектах промышленного производства должны быть установлены соответствующие средства пожаротушения, такие как огнетушители, пожарные гидранты, стационарные автоматические пожарные системы и системы автоматического оповещения. Они должны находиться в доступном месте, обозначены соответствующими знаками и поддерживаться в рабочем состоянии.

Системы пожарной безопасности, такие как автоматические пожарные сигнализации, системы дымоудаления и пожарные гидранты, должны подвергаться регулярным инспекциям и техническому обслуживанию.

На производственных площадках необходимо контролировать и предотвращать источники возгорания, такие как горение открытого пламени, электрические короткие замыкания, перегрев оборудования. Для этого требуется правильное хранение и обращение с легковоспламеняющимися веществами, соблюдение правил безопасности при выполнении работ на заготовительном этапе и при термообработке (используются печи с нагревом до 1000о С) , регулярная проверка электрооборудования.

В нашем производстве необходимо использовать ряд мер по обеспечению экологических требований и защите окружающей среды.

Для снижения энергопотребления, кроме технологических решений в виде оптимизации режимов обработки, необходимо использование современных систем обогрева и вентиляции воздуха.

Развитие системы контроля выбросов включает установку датчиков и мониторинговых систем для отслеживания концентрации вредных веществ в воздухе и сточных водах.

Утилизация твердых отходов – это в первую очередь сбор, сортировка и переработка стружки. Это реализуется в рамках рециклинга материалов.

Проводится защита водных ресурсов за счет использования систем очистки сточных вод перед их сбросом в водоемы. Это делается для обеспечения соответствия максимально допустимым нормам выбросов вредных веществ в водные объекты.

Выводы по разделу

В данном разделе были предложены и описаны меры по обеспечению безопасности и экологичности процесса изготовления многоступенчатого вала, которые направлены на снижение травмоопасности, обеспечение экологических норм и соблюдение требований по электрической безопасности.

5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления детали «входной вал коробки». 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 11).

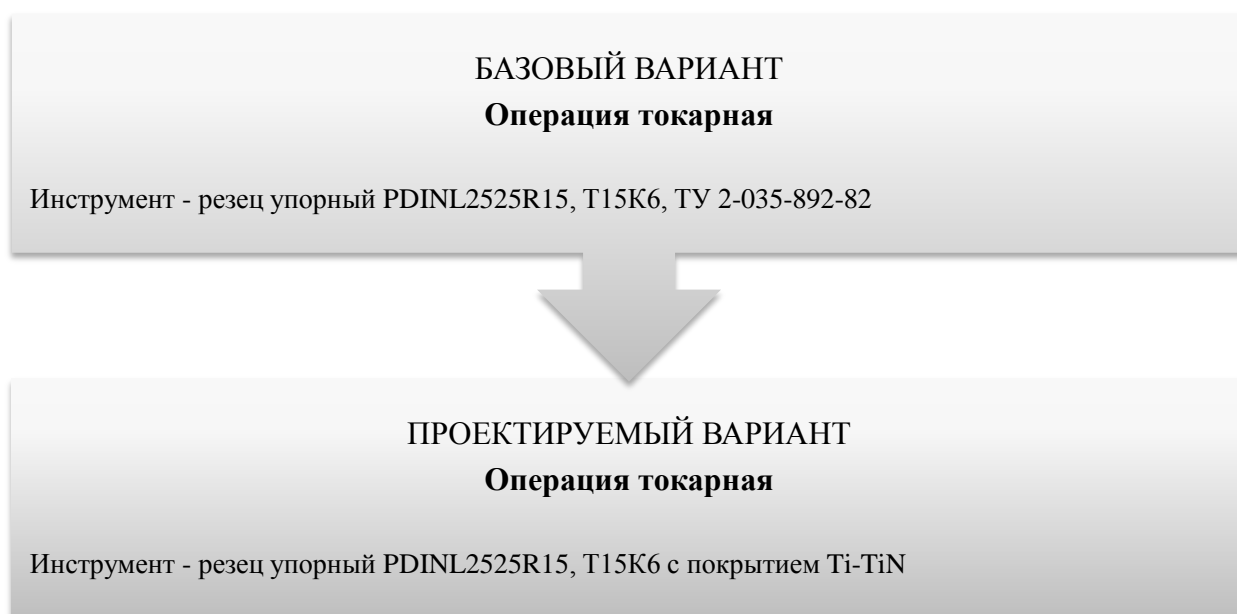


Рисунок 11 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 11, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции, за счет сокращения количества переходов. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали «входной вал коробки» на 0,92 минуты.

На основе описанных изменений, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 12.



Рисунок 12 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 12, 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 13.

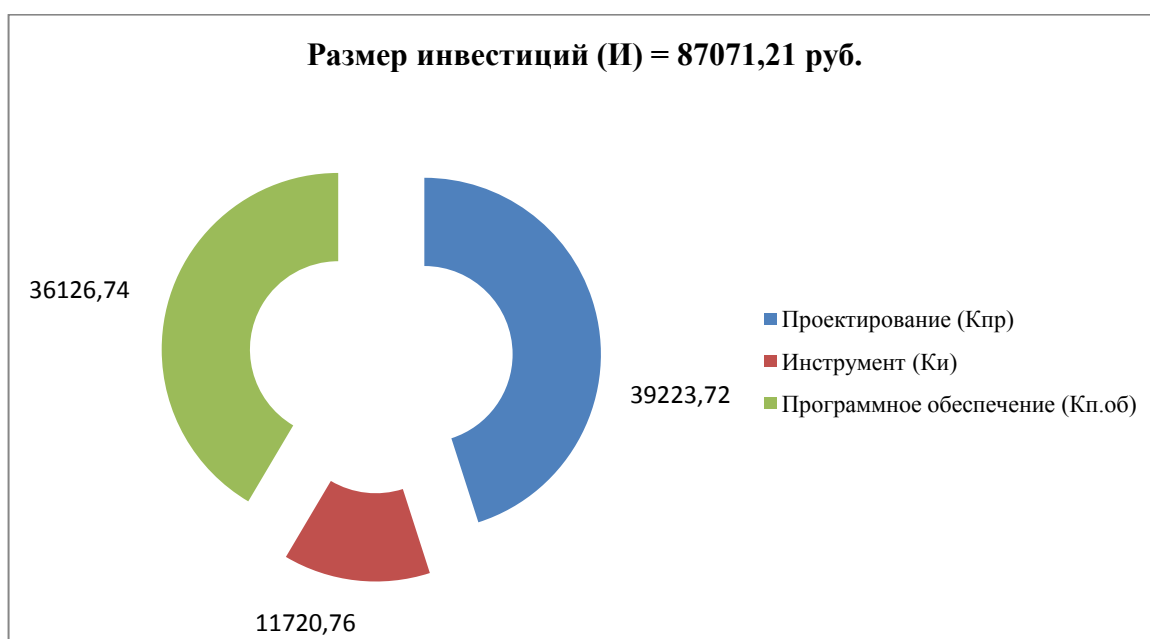


Рисунок 13 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Как видно из рисунка 13, самую весомую долю в инвестициях занимают затраты на проектирование ($K_{ПР}$), которые составляют 45,05 % всех затрат в производство. Это обосновывается трудоемкостью выполняемых работ при проектировании изменений. Следующая значимая величина затрат, это программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$), которые составляют 41,49 % 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 статья затрат «затраты на инструмент», имеет долю 13,46 %, что тоже существенно влияет на итоговый размер инвестиций.

Значения срока окупаемости можно рассчитать по формуле (31) (32), а экономический эффект определяется по формуле (33). Формулы и название условных обозначений этих показателей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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	$T = \frac{I}{P_{ЧИСТ}} \quad (31)$	где « $P_{ЧИСТ}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.; C_1 и C_2 – себестоимость изготовления до и после совершенствования, соответственно, руб.; $K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [6]
	$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot P_T \cdot (1 - K_{НАЛ})} \quad (32)$	
Экономический эффект	$\text{ЭЭ} = \left(\sum_1^T P_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (33)$	где « E – процентная ставка на капитал; t – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета» [6]

Рассчитаем по представленным в таблице 3 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 ($П_r = 5000$ шт.), рассчитаем срок окупаемости и экономический эффект.

$$T = \frac{87071,21}{(231,15 - 202,5) \cdot 5000 \cdot (1 - 0,2)} = \frac{87071,21}{114600} = 0,76 = 1 \text{ год.}$$

$$ЭЭ = \left(114600 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,15)^1} \right) \right) - 87071,21 = 12580,96 \text{ руб.}$$

Выводы по разделу

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 12580,96 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

Изменения в оснащении технологических операций процесса изготовления зубчатого колеса планетарного редуктора отражены в технологической и конструкторской документации на листах графической части и в приложениях.

Заключение

Годовое производство пятиступенчатого вала, входящего в конструкцию цилиндрического редуктора, составляет 5000 деталей. Проект технологического процесса его изготовления успешно выполнен. Рабочий чертеж был разработан в соответствии со сборочным чертежом редуктора после анализа служебного назначения и условий работы детали. В результате анализа особенностей работы каждой поверхности были выбраны соответствующие технические требования. При анализе технологичности были выявлены проблемные места, требующие дополнительной проработки при разработке технологии, включая выбор методов обработки и используемого оборудования. Исходная заготовка была спроектирована, и в результате сравнительного анализа выбрана штамповка, несмотря на небольшой перепад диаметров. Базовая технология была проанализирована с точки зрения обеспечения производительности, снижения материалоемкости, повышения точности и качества обработанной поверхности. Технологический процесс изготовления вала включает типовые переходы, необходимые для достижения высокой точности по 6 качеству. Типовая технология была изменена для обеспечения концентрации технологических переходов, выполняемых на станках с числовым программным управлением. Высокопроизводительная обработка достигается за счет совмещения переходов, правильно выбранной схемы установки, реализуемой с помощью разработанного приспособления с механизированным приводом зажима. Дополнительный эффект по обеспечению производительности и точности обработки достигается за счет использования измененного режущего инструмента. Все технологические решения сопровождаются необходимыми расчетами и обоснованиями, включая меры по обеспечению экологичности технологических операций и охраны труда на рабочих местах. Предложенные изменения технологии обоснованы экономическими расчетами.

Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
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. 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.

8. 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)

9. 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.

10. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / И. В. Шрубченко, Т. А. Дуюн, А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 271 с. – (Высшее образование. Бакалавриат). – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1874272> (дата обращения: 19.04.2024). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM". – ISBN 978-5-16-110678-5. – Текст : электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1874272>

11. Прис Н. М. Конструкторско-технологические методы обеспечения заданных параметров точности в машиностроении : учебное пособие для вузов / Н. М. Прис, А. Г. Схиртладзе, В. П. Пучков. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 363 с. : ил. – Прил.: с. 310-363. – Библиогр.: с. 307-309. – ISBN 978-5-94178-450-9 : 698-18. – Текст : непосредственный.

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. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / В. Н. Андреев, А. Н. Афонин, В. Ф. Безъязычный [и др.] ; под ред. А. С. Васильева, А. А. Кутина. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Инновационное машиностроение, 2018. - 817 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-6040281-8-6. - ISBN 978-5-6040281-7-9(т. 2) : 10073-00. - Текст : непосредственный.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

23. High-speed clamping Mechanism of the CNC lathe with Compensation of Centrifugal Forces T. Alquraana, Yu. Kuznetsov, T. Tsydyb, International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.081

24. Effect produced by thickness of nanolayers of multilayer composite wear-resistant coating on tool life of metal-cutting tool in turning of steel AISI 321 // Alexey A. Vereschakaa, Sergey Grigorieva, Nikolay N. Sitnikov, Jury I. Bublikov and Andre D.L. Batakoda Moscow

25. Lan, Qixin, Chen Binqiang, Yao Bin, He Wangpeng Unsupervised Deep Transfer Learning Model for Tool Wear States Recognition. – 2023. doi:10.1007/978-981-99-5847-4_20

26. Liu Yayun, Zhang Kedong, Zhu Qi, Wang Chuanyang. (). Effect of nano-micro-textures on the enhancement of tool wear resistance in green ceramics processing. International Journal of Applied Ceramic Technology. – 2023. - 10.1111/ijac.14513.

27. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1												
Дуол.												
Взам.												
Глоп.												
									3	1		
Разраб.	Костылев А.А.											
Проверил	Распоргуев Д.А.											
Утвердил	Логинов Н.Ю.											
Н. контр.	Распоргуев Д.А.											
Вал выходной												
М 01	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71											
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ		
М 02		кз	14,1	1	17	0,7	Круг	80x500	1	16,8		
А	Цех	Уч.	Т.РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа	
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гшт.
А03	000	2171	Штамповка объемная									
Б04									1	1	1	
А05	005	4269	Фрезерно-центровальная									
Б06	Фрезерно-центровальный станок МРТ2											
А07	07	2	010	4114	Токарная							
Б08	Токарный станок с ЧПУ IRONMAC ITX-408 HCNC											
А09	07	2	015	4114	Токарная							
Б10	Токарный станок с ЧПУ IRONMAC ITX-408 HCNC											
А11	020	4271	Шпоночно-фрезерная									
Б12	Консольный вертикально-фрезерный станок 6Р13Ф3-01											
А13	025	4214	Вертикально-сверлильная									
Б14	Сверлильный станок 2М112											
А15	030	5030	Закалка									
Б16									1	1	1	
МК	Маршрутная карта											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 3.1118-82										Форма						
Дупл.	Взам.	Тисл.																
Тисл.	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Глз	Тшт.	Н. расх.		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Обозначение кода														
A01			035	4143	Центрошлифовальная													
B02					1										1	1		
A03	07	2	040	Торцеуглошлифовальная														
B04					1										1	1		
A05	07	2	045	Круглошлифовальная														
B06					1										1	1		
A07	07	2	050	0125	Промылека													
B08					4										1	1		
A09	07	2	055	0200	Контроль													
B10																		
O11																		
T12																		
T13																		
T14																		
O15																		
T16																		
T17																		
МК	Маршрутная карта																	

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3												
Дубл. Взам. Любл.												1
Разраб.	Костылев А.А.											1
Проверил	Расторгуев Д.А.											1
Утвердил	Логинев Н.Ю.											1
Н. контр.	Расторгуев Д.А.											1
Наименование операции												
Токарная		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры		010
Токарная		Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71		кз		14,1		80Х500				МЗ
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То		Тв		Т шт.		СОЖ		1
Токарный станок с ЧПУ ИРОНМАС ИТХ-408 HСNC												
P			ПИ	L	t	l	s	n	v			
T01	Центр ГОСТ 13214-79											
T02	Гидравлический токарный патрон											
O03	1. Установить и закрепить заготовку											
O04	2. Точить наружную поверхность начерно											
T05	PDINL2525R15 Резец T15K6 TY 2-035-892-82											
P06		80	355	2,5	1	0,598	421	105,8				
O07	3. Раскрепить деталь в центрах переустановить в центра и закрепить.											
T08	Хомут											
O09	4. Точить наружную поверхность начерно											
T10	PDINL2525R15 Резец T15K6 TY 2-035-892-82											
P11		80	205	2,5	1	0,598	387	97,3				
12												
13												
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3														
Дубл.														
Взам.														
Губл.														
													2	1
Разраб.	Вал выходной													
Проверил														
Утвердил														
Н. контр.														
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД							
Токарно-винторезная	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71	кг	14,1	14,1	80x500	16,8	010							
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Гв	Г пз.	Гшт.	СОЖ								
Токарный станок с ЧПУ ICOMMAC IТХ-408 HСNC		4,2	2	25	7,3									
Р	PI	D или B	L	t	l	s	n	v						
T01	Центр ГОСТ 13214-79													
T02	Гидравлический токарный патрон													
O03	1. Установить и закрепить заготовку													
O04	2. Точить наружную поверхность начисто													
T05	PDINL2525R15 Резец T15K6 TY 2-035-892-82													
P06	-	80	355	0,4	1	0,33	904	298						
O07	3. Раскрепить деталь в центрах, переустановить в центра													
T08														
O09	4. Точить наружную поверхность начисто													
T10	PDINL2525R15 Резец T15K6 TY 2-035-892-82													
P11	-	80	205	0,4	1	0,33	904	298						
O12	5. Точить канавку													
T13	035-2126-1191 Резец T14K8 OCT 2И10-7-84													
OK	Операционная карта													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дуол. Бзам. Тлоол.	ГОСТ 3.1404-86 Форма									
	PI	D или B	L	t	i	s	n	v		
P										2
P01										010
O02	6. Нарезать резьбу									
T03	2660-0005 Резец T15K6 ГОСТ 18885-73									
P04	-	60	55	0,5	6	2	426	85		
05		38	35	0,5	4	2	712	85		
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
OK	Операционная карта									

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ДЮЛ. ВЗАМ. ТИПОЛ.		ГОСТ 3.1105-84 ФОРМЕ									
											4
											010

Карта эскизов

КЭ

Приложение Б
Спецификация патрона

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
	A1					<i>Документация</i>			
							<i>Сборочный чертеж</i>		
							<i>Детали</i>		
					1	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.001	Корпус	1	
					2	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.002	Кулачок сменный	3	
					3	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.003	Вставка промежуточная	3	
					4	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.004	Кулачок постоянный	3	
					5	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.005	Крышка	1	
					6	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.006	Центровик	1	
					7	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.007	Крышка	1	
					8	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.008	Тяга	1	
					9	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.009	Противовес	3	
					10	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.010	Винт заглушка	3	
					11	24.ВКР.ОТМП.121.65.00.011	Рычаг	3	
						<i>Стандартные изделия</i>			
				12		Винт 2 М12 х 0,5-6д х 23.58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3		
				13		Винт 2 М12 х 0,75-6д х 78.58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3		
				14		Винт 2 М14 х 0,5-6д х 52.58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3		
				15		Винт 2 М14 х 1-6д х 62.58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3		
					24.ВКР.ОТМП.121.65.00.000.СП				
				Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
				Разраб.	Костылев А.А.				
				Проб.	Расторгуев Д.А.				
				Н.контр.	Расторгуев Д.А.				
				Утв.	Логинов Н.Ю.				
						Патрон поводковый			
						Лит.	Лист	Листов	
							1	2	
						ТГУ, ИМ ТМдо-2001а			

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16		Винт 2 М16 х 1-6d х 54.58.35X.01 ГОСТ Р 11738-84	3	
		17		Шпонка 2-14 х 14 х 32 ГОСТ 23360-78	3	
					24.ВКР.ОТМП.121.65.00.000.СП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

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

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение В
Спецификация резца

Таблица В.1 – Спецификация резца

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 Стр. №	Перв. измен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
						<i>Документация</i>		
	A1				24.ВКР.ОТМП.121.70.00.000СБ	Сборочный чертёж. Сборочный чертёж		
						<i>Детали</i>		
					1 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.001	Корпус	1	
					2 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.002	Пластина режущая	1	
					3 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.003	Пластина опорная	1	
					4 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.004	Прихват	1	
					5 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.005	Винт	1	
					6 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.006	Опора	1	
				7 24.ВКР.ОТМП.121.70.00.007	Втулка	1		
					24.ВКР.ОТМП.121.70.00.000.СП			
				Изм./Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	
				Разраб.	Костылев А.А.			
				Проб.	Расторгуев Д.А.			
				И.контр.	Расторгуев Д.А.			
				Утв.	Логинов Н.Ю.			
					<i>Резец упорный</i>			
						Лит.	Лист	Листов
								1
						ТГУ, ИМ ТМдо-2001а		
						Формат А4		

Не для коммерческого использования

Копировал