

Аннотация

Герасимов Николай Александрович: Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола фрезерного станка центра «Формула Станок».

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ, Тольятти, 2020 г.

Данная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола фрезерного станка центра «Формула Станок». Работа разделена на 6 разделов. В первом разделе проводится анализ исходных данных. Во втором разделе проектируется технологический маршрут обработки заготовки и осуществляется расчет технологических операций. В третьем разделе уделено особое внимание проектированию специального автоматизированного станочного приспособления. В четвертом разделе рассматриваются вопросы проектирования режущего инструмента. Пятый раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технического объекта. В шестом разделе ведется расчет экономической эффективности.

Пояснительная записка состоит из 68 страниц. Графическая часть включает 7 чертежей формата А1.

Abstract

As a result of the final qualification work, the technological process of manufacturing the screw drive of the rotary table of the milling machine of the center "Formula machine" was designed.

In the course of the work, we analyzed the initial data. By the method of economic comparison, the stamping method of obtaining a blank was chosen. Based on the annual production program and the weight of the part, the average production type is selected. Next, the methods for processing the surface of the part are selected. Based on these methods, the technological route was developed and the plan for manufacturing the part was drawn up.

To secure the workpiece on the milling machine, a vise design with an automated pneumatic drive has been developed. The introduction of this device reduces the auxiliary operation time that is spent on the installation and removal of the workpiece.

The end mill design has been developed for the same milling operation. In this paper, it is proposed to use a hard alloy as the material of the cutting part of the cutter instead of high-speed steel. Also apply a wear-resistant coating to the cutting part of this tool. These measures will increase the durability period of the cutter by 2 times.

The paper analyzes the safety and cost-effectiveness. The economic calculation of the completed measures showed the effectiveness of the decisions made.

Содержание

Введение.....	8
1 Анализ исходных данных.....	9
1.1 Служебное назначение детали	9
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия ...	9
2 Разработка технологической части работы.....	12
2.1 Определение типа производства.....	12
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	14
2.4 Определение припусков.....	15
2.5 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	24
3.1 Анализ исходных данных.....	24
3.2 Определение точности закрепления заготовки	25
3.3 Определение моментов, возникающих при обработке и сил резания.....	26
3.4 Определение зажимного усилия	27
3.5 Определение диаметра поршня привода.....	29
4 Проектирование режущего инструмента.....	30
4.1 Выбор инструментального материала.....	31
4.2 Определение конструктивных элементов рабочей части фрезы.....	31
4.3 Патентный поиск	33
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	45
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	45
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	46

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	47
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	48
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	50
6 Экономическая эффективность работы.....	52
Заключение.....	56
Список используемых источников	57
Приложение А. Маршрутные карты.....	60
Приложение Б. Операционные карты.....	67

Введение

Одним из видов кинематических пар зацепления в механизмах машиностроения является червячная передача. Червячные передачи служат для преобразования вращательного движения звеньев при скрещивающихся осях их вращения. Они применяются в передачах сравнительно небольшой мощности для кратковременно работающих устройств, имеющих значительные перерывы в работе, при необходимости обеспечения низкой шумности работы передачи и обеспечения плавности работы.

Достоинствами червячной передачи являются: возможность реализации большого передаточного отношения в одной паре при достаточно малых габаритах; наличие эффекта самоторможения ведомого червячного колеса; плавность хода и бесшумность работы.

По направлению передачи мощности различают два режима работы червячной передачи: режим, при котором вращающий момент передается от червяка к колесу, называемый обычно двигательным режимом, режимом прямого хода или прямого потока мощности; режим, при котором вращающий момент передается от червяка колесу, называемый обратным режимом, тормозным или режимом обратного потока мощности. [1]

По характеру работы в обратном режиме червячные передачи подразделяются на несамотормозящиеся, то есть в которых возможна передача движения от червяка колесу, и на самотормозящиеся, в которых невозможно вращение червяка от колеса, что позволяет выполнять механизм с такой передачей без тормозного устройства. [1]

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола фрезерного станка центра «Формула Станок» заданного качества с наименьшими затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Червяк входит в состав поворотного стола фрезерного станка. Деталь служит для восприятия и передачи крутящего момента двух скрещивающихся валов. Он воспринимает вращение имеющимся в конструкции шпоночным пазом, а передает поверхностями модульной резьбы.

1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия

Выполним нумерацию всех поверхностей детали и сделаем их систематизацию по назначению (рисунок 1).

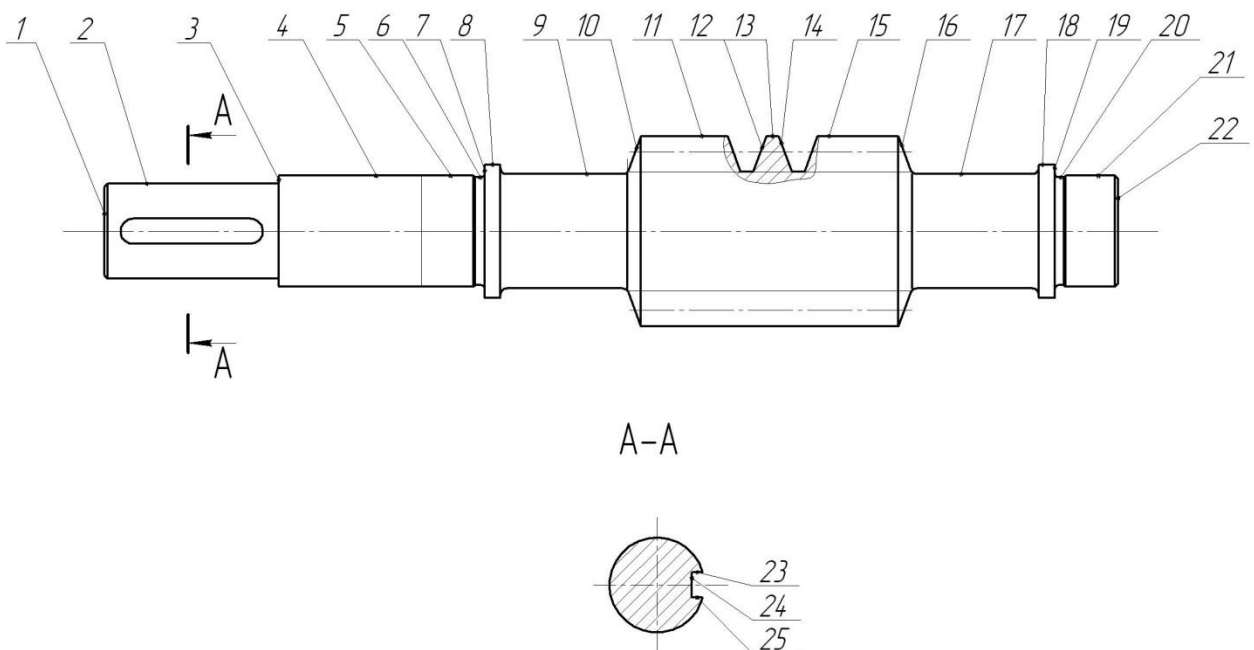


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

Исполнительными червяка являются поверхности 12, 14, 23 и 25.

Основными конструкторскими базами являются поверхности 5, 19 и 21.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются поверхности 21 и 24.

Деталь работает в условиях действия относительно низких скоростей и переменной нагрузки. Такие условия работы червяка определяют требования к его изготовлению: шероховатости и точности поверхностей, а также их прочности.

Материалом детали является сталь 45 ГОСТ 1050-88. [2]

Основными физико-механическими свойствами стали 45 являются σ_B , равная от 600 до 820 МПа, твердость, которая равна от 180 до 250 единиц по шкале НВ.

Деталь достаточно проста по конструкции, доступ к поверхностям для измерения и обработки достаточно прост, конструкцией предусмотрены технологические канавки для выхода инструмента, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности самой детали.

К достоинствам червячных передач относят высокую плавность и бесшумность работы; отсутствие ударов при зацеплении; большие передаточные числа; возможность самоторможения.

К недостаткам таких передач относятся: скольжение профилей зубьев червячного колеса и витков червяка; повышенное изнашивание и нагрев, склонность к заеданию; низкий КПД (в пределах 0,7-0,9); необходимость применения дорогих антифрикционных материалов.

Минимальное передаточное отношение для червячных передач – до 1/330, наиболее применяемые значения $i = 1/8 \dots 1/80$, мощность на червяке может приниматься до 200 кВт (при длительной работе – до 50 кВт). [1]

«Вид цилиндрической червячной передачи определяется видом рабочей поверхности витков червяка, то есть винтовой поверхности с постоянным шагом, которая может быть линейчатой и нелинейчатой. Линейчатые винтовые поверхности образуются при винтовом движении прямой линии, а нелинейчатые – при винтовом движении любой заданной

кривой (в отличие от линейчатых они ни в одном из сечений не имеют прямых линий)». [1]

Наибольшее распространение получили линейчатые винтовые поверхности, являющиеся наиболее технологичными в изготовлении. Применяются линейчатые винтовые поверхности для червяков: архимедова, конволютного и эвольвентного. Такие названия червяки получили по виду кривых, получаемых в сечении витков червяка плоскостью, перпендикулярной его оси.

В данном разделе проанализировано служебное назначение детали, проведена классификация поверхностей и определены исполнительные поверхности, а также основные и вспомогательные конструкторские базы. Также здесь проведен анализ материала, из которого сделана деталь. Эти данные необходимы для проектирования технологического процесса.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства

Выбор типа производства в нашем случае будем осуществлять в зависимости от двух показателей: годовой программы выпуска и массы изделия. В задании обозначена годовая программа равная 5000 штук, а масса детали равна 2,8 кг.

Исходя из вышеуказанных показателей, принимаем тип производства – среднесерийный. [4]

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [4]

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса. Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно». [4]

2.2 Выбор метода получения заготовки

В нашем случае целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку.

Масса заготовки при штамповке равна 5,25 кг., при заготовке-прокате масса равна 9,5 кг., а масса детали составляет 2,8 кг.

Определим стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [5].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (1)$$

где $E_H = 0,15$; $C_c = 0,495$; $C_K = 1,085$. [5]

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ (руб./кг.)}$$

Определим стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [5].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{шт}} = 0,15$; $k_T = 0,9$; $k_C = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_n = 1,0$. [5]

Тогда

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ (руб.)}$$

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [5].

$$C_{\text{шт}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{шт}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{шт}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{шт}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{шт}} = 5,25$; $q = 2,8$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [5]

Тогда

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 5,25 + 0,6578(5,25 - 2,8) - (5,25 - 2,8)0,0144 = 3,0017 \text{ (руб.)}$$

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [5].

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{пр}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{пр}} - q), \quad (4)$$

где $Q_{\text{пп}} = 9,5; q = 2,8; C_{\text{отх}} = 0,0144$. [5]

Тогда

$$C_{\text{ин}} = 0,1219 \cdot 9,5 + 0,6578(9,5 - 2,8) - 0,0144(9,5 - 2,8) = 5,4688 \text{ (руб.)}$$

Наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Взаимное влияние технологических переходов может привести к тому, что приобретенное качество по какому-либо показателю на предыдущем переходе при неправильной последовательности переходов будет утеряно при достижении качества по другим показателям на последующих переходах. Поэтому последовательность технологических переходов и операций оказывает большое влияние как на достижение заданного качества детали, так и на эффективность решения этой задачи».

[15]

Для качественного изготовления поверхностей 1,22 с параметрами Ra равно 10, IT равно 14 необходим следующий набор методов обработки: центральная-подрезная операция.

Для качественного изготовления поверхностей 2,11,15 с параметрами Ra равно 2,5, IT равно 8 необходим следующий набор методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для качественного изготовления поверхностей 3,6,8,9,10,12,16,17,18,20 с параметрами Ra равно 10, IT равно 14 необходим следующий набор методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для качественного изготовления поверхности 4 с параметрами Ra равно 10, IT равно 9 необходим следующий набор методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для качественного изготовления поверхностей 5,21 с параметрами Ra равно 0,32, IT равно 6 необходим следующий набор методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое, полирование.

Для качественного изготовления поверхностей 23,25 с параметрами Ra равно 5, IT равно 9 необходим следующий набор методов обработки: фрезерование.

Для качественного изготовления поверхности 24 с параметрами Ra равно 10, IT равно 11 необходим следующий набор методов обработки: фрезерование.

2.4 Определение припусков

Рассчитаем припуски на обработку поверхности с диаметром $35k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм. [6]

Технологический маршрут изготовления этой поверхности состоит из: точения чернового и чистового, термообработки, шлифования чернового и чистового и полировки.

Исходные данные: диаметр равен $35^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм; длина поверхности 16,5 мм; шероховатость поверхности 0,32 мкм.

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [5] \quad (5)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004 \text{ (мм)}.$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,225^2 + 0,025^2} = 0,626.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,010^2 + 0^2} = 0,040.$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{(\Delta_4)^2 + \varepsilon_5^2} = 0,01 + \sqrt{0,008^2 + 0^2} = 0,018$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). \quad (7)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,626 + 0,5(0,9 + 0,25) = 1,201.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,040 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,072.$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(Td_4 + Td_5) = 0,018 + 0,5(0,025 + 0,016) = 0,039.$$

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметры на каждый переход (мм).

$$d_{5\min} = 35,002.$$

$$d_{5\max} = 35,018.$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2Z_{5\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,018 = 35,054.$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_5 = 35,054 + 0,016 = 35,070.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 35,070 + 2 \cdot 0,040 = 35,150.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 35,150 + 0,025 = 35,175.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 35,175 + 2 \cdot 0,125 = 35,425.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 35,425 + 0,100 = 35,525.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 35,525 \cdot 0,999 = 35,489.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,489 + 0,062 = 35,551.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 35,551 + 2 \cdot 0,263 = 36,077.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,077 + 0,250 = 36,327.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 36,327 + 2 \cdot 0,626 = 36,953.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 36,953 + 0,900 = 37,853.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (8)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(37,853 + 36,953) = 37,403.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,327 + 36,077) = 36,202.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(35,551 + 35,489) = 35,520.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(35,525 + 35,425) = 35,475.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(35,175 + 35,150) = 35,163.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(35,070 + 35,054) = 35,062.$$

$$d_{cp5} = 0,5(d_{5\max} + d_{5\min}) = 0,5(35,018 + 35,002) = 35,010.$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max}. \quad (9)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5. \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (11)$$

$$2Z_{\min} = 36,953 - 35,018 = 1,935.$$

$$2Z_{\max} = 1,935 + 0,900 + 0,016 = 2,851.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(1,935 + 2,851) = 2,393.$$

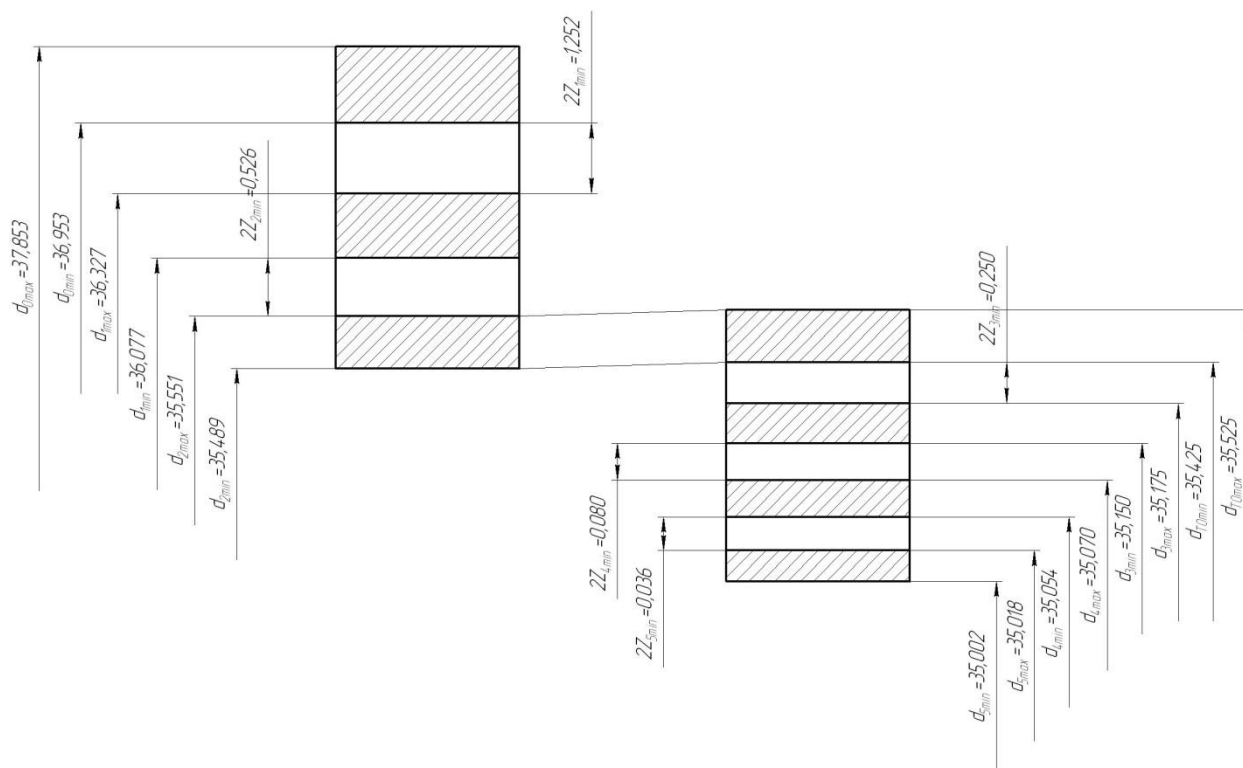


Рисунок 2 - Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность диаметром $35k6_{+0,002}^{+0,018}$.

2.5 Расчет режимов резания

2.5.1 Расчет режимов обработки на операцию 005 Центровально-подрезная.

Переход 1.

«Глубина резания» $t = 2,5$ мм. [7]

«Подача» $S_0 = 0,3$ мм/об. [7]

«Скорость резания». [7]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (12)$$

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ м/мин. [7]

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

«Частота вращения». [7]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 36} = 1592 \text{ мин}^{-1}.$$

$n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$, так как принимаем частоту при сверлении.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 630}{1000} = 71,2 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{18}{189} = 0,10 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [7] \quad (13)$$

где $L_{II} = 1$ мм; $L_D = 0$ мм.

Тогда $L = 10 + 1 + 0 = 11$, мм.

«Стойкость» [7]

$$T_P = T_M \cdot \lambda, \quad (14)$$

где $\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1; T_M = 60$ мин.

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача» $S_0 = 0,2$ мм/об. [7]

«Скорость резания» [7]

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

где $V_{TAB} = 15; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95$. [7]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [7]

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 10,6} = 321, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем инструмент с износостойким покрытием TiN, тогда $n = 630$ мин⁻¹.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,6 \cdot 630}{1000} = 21, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [7]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{11}{126} = 0,09, \text{ мин.}$$

Переход 3.

«Глубина резания» $t = 2,0$ мм. [7]

«Подача» $S_0 = 0,3$ мм/об. [7]

«Скорость резания». [7]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ м/мин. [7]

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

«Частота вращения». [7]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 30,3} = 1891, \text{ мин}^{-1}.$$

$n_\phi = 630$ мин⁻¹, так как принимаем частоту при сверлении.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,3 \cdot 630}{1000} = 59,9, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{30}{189} = 0,16, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,10 + 0,09 + 0,16 = 0,35, \text{ мин.}$$

2.5.2 Расчет режимов обработки на операцию 030 Шпоночно-фрезерная.

«Глубина резания» $t = 4,0$ мм. [7]

«Подача» $S_z = 0,025$ мм/зуб. [7]

Найдем подачу на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (16)$$

где $z = 4$ – число зубьев фрезы.

Тогда $S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10$, мм/об.

«Скорость резания» [7]

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, \quad (17)$$

где $D = 8; t = 4,0; S_0 = 0,1; C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$ мин. [7]

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (18)$$

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [7]

Отсюда $K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$.

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [7]

$$n = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1648, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1500}{1000} = 37,7, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1500 = 150, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

где $n_{\text{отв}} = 1$; $L_{\text{рх}} = 50$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 50}{150} = 0,33 \text{ мин.}$$

2.5.3 Выбор режимов обработки на операцию 035 Резьбофрезерная черновая.

Скорость резания и подача на зуб фрезы

$$V = 30 \text{ м/мин}; S_z = 0,05 \text{ мм/зуб. [7]}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{1,2}{n_3} = 1,2 \frac{\pi \cdot d_H}{S_z \cdot z \cdot n}. \quad (19)$$

«Частота вращения». [7]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25,1, \text{ м/мин.}$$

Тогда

$$T_0 = 1,2 \frac{3,14 \cdot 60}{0,05 \cdot 18 \cdot 80} = 3,1, \text{ мин.}$$

2.5.4 Расчет режимов обработки на операцию 050 Цетрошлифовальная.

«Скорость резания» $V = 35$ м/с. [7]

«Частота вращения заготовки» [7]

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 10,6} = 1051, \text{ об/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}, \quad (20)$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [7]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

2.5.5 Расчет режимов обработки на операцию 080 Полировальная.

«Скорость резания» $V = 35$ м/с. [7]

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 35} = 227, \text{ об/мин.}$$

«Основное время». [7]

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (21)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 0,36; K_3 = 0,82$. [7]

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 35 \cdot 15,5 = 1703, \text{ мм}^2.$$

$$T_0 = 10^{-2} \frac{1703}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,08, \text{ мин.}$$

3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

3.1 Анализ исходных данных

«Частая смена объектов производства, связанная с нарастанием темпов технологического процесса в эпоху научно-технической революции, требует от технологической науки и практики создание конструкций и систем приспособлений, метода и расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих неуклонное сокращение сроков подготовки производства. Сегодня в серийном, мелкосерийном, многономенклатурном производстве необходимо использовать специализированные, быстропереналаживаемые и обратимые системы приспособлений, все более широко применять систему универсально сборных приспособлений и так далее». [8]

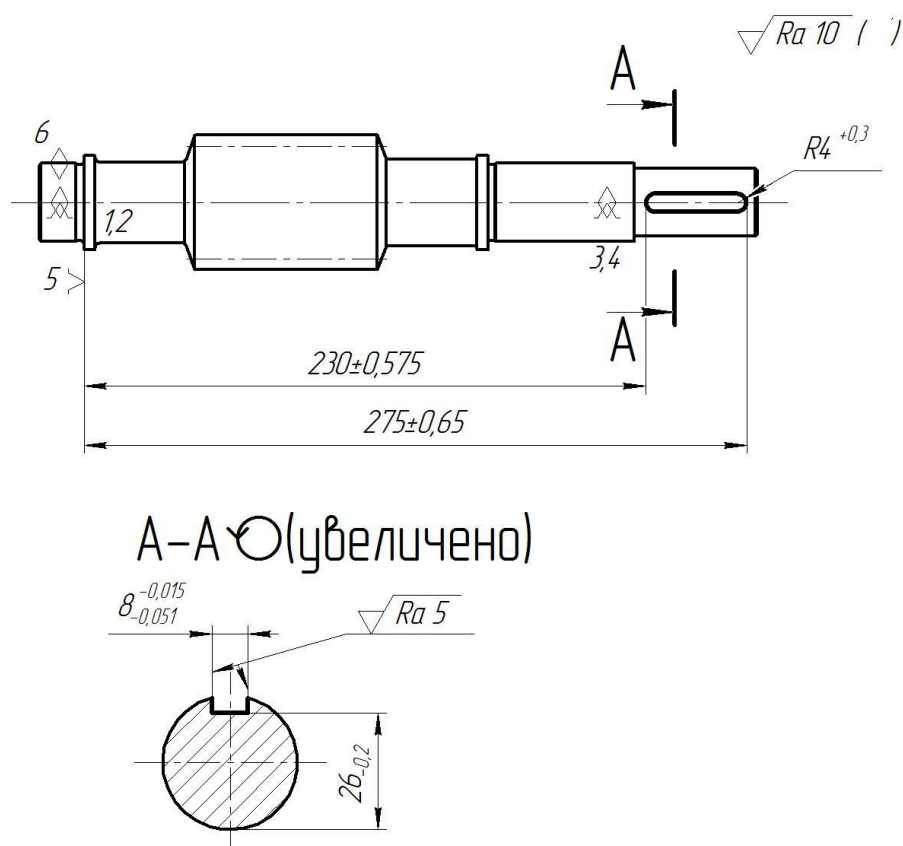


Рисунок 3 - Эскиз операции

На шпоночно-фрезерной операции делается шпоночный паз фрезой концевой. На рисунке 3 представлен эскиз операции. Для базирования заготовки на станке спроектируем автоматизированное зажимное приспособление для этой операции.

Зажимным приспособлением являются тиски. Нами предлагается автоматизировать это приспособление пневматическим приводом.

3.2 Определение точности закрепления заготовки

При закреплении вала в призмах измерительными базами могут являться следующие поверхности для размера h (рисунок 4).

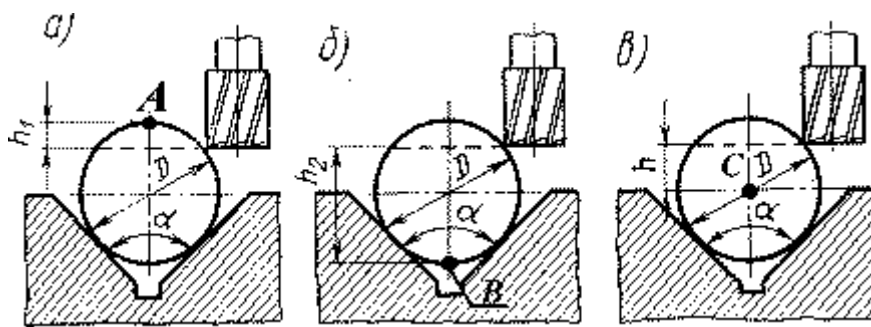


Рисунок 4 – Схема закрепления вала в призмах

На рисунке показана схема установки вала в призму для обработки в размер $h(h_1; h_2; h_3)$.

В нашей призме угол базирования заготовки равен 90 градусов. Это соответствует схеме измерения (б), поэтому погрешность базирования определим так:

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_{\Delta} \frac{\left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)}{2}. \quad (21)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,62 \cdot \frac{\left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} - 1\right)}{2} = 0,013$$

3.3 Определение моментов, возникающих при обработке и сил резания

Окружная сила резания при обработке фрезерованием рассчитывается по формуле:

$$P_x = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (22)$$

где $t = 4$; $C_p = 68$; $s = 0,05$; $B = 8$; $D = 8$; $x = 0,86$; $y = 0,74$; $q_p = -0,86$. [8]

Тогда

$$P_x = 68 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 8^1 \cdot 8^{-0,86} = 32,7 \text{ Н.}$$

При врезании сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (23)$$

где $t = 4$; $C_p = 68$; $s = 0,025$; $B = 8$; $D = 8$; $x = 0,86$; $y = 0,74$. [8]

Тогда

$$P_z = 68 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,025^{0,74} \cdot 8^1 \cdot 8^{-0,86} = 32,7 \text{ Н}$$

Найдем суммарную величину сил резания.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (24)$$

$$P = \sqrt{32,7^2 + 32,7^2} = 46,2 \text{ Н.}$$

3.4 Определение зажимного усилия

Для составления расчетной схемы установим направления вероятного поворота или перемещения детали под воздействием моментов резания и сил резания и определим величины проекций этих сил на вектор направления перемещения.

$$\begin{aligned}\Sigma x &= 0; \Sigma M_x = 0 \\ \Sigma y &= 0; \Sigma M_y = 0 \\ \Sigma z &= 0; \Sigma M_z = 0\end{aligned}\quad (25)$$

Увеличим эту силу, применив коэффициент надежности.

Рассчитаем силу зажима при данной схеме.

$$P_3 = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P \cdot \quad (26)$$

Перемещение заготовки возможно лишь под действием силы, превышающей P_3 (рисунок 5).

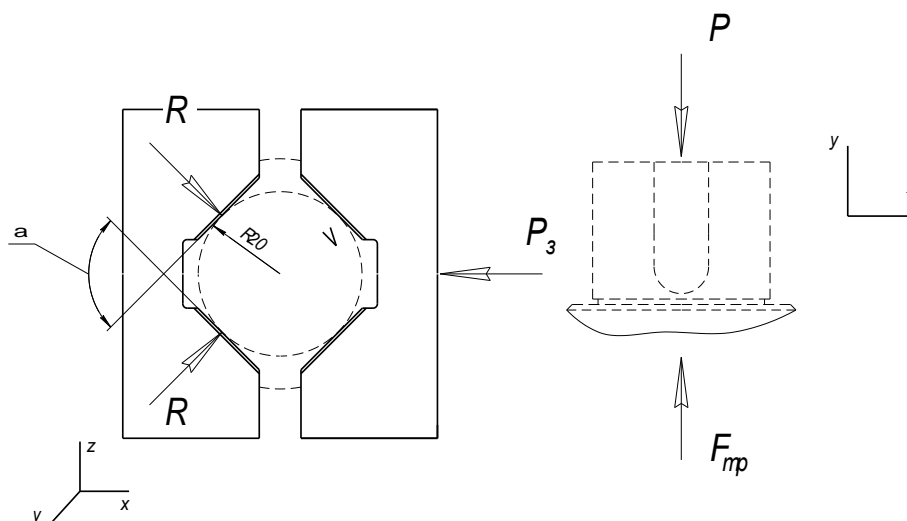


Рисунок 5 - Воздействие сил на деталь при фрезеровании

Рассчитаем коэффициент надежности закрепления.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (27)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,15; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,2; K_6 = 1,5$ [9],

подбираемые исходя из условий обработки.

Тогда

$$K = 1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,7.$$

Тогда:

$$P_3 = \frac{2,7 \cdot \sin 45^\circ}{0,1} \cdot 46,2 = 882, \text{ Н.}$$

Схема зажима заготовки в проектируемом приспособлении представлена на рисунке 6.

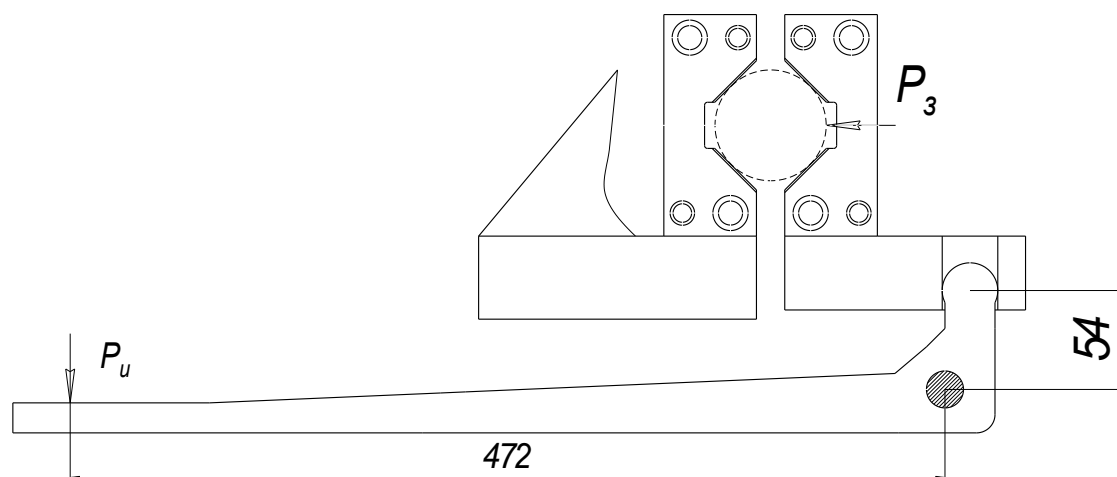


Рисунок 6 - Схема закрепления

Исходя из равенства моментов найдем P_u .

$$P_u \cdot L_1 = P_3 \cdot L_2. \quad (28)$$

Тогда

$$P_u = \frac{P_3 L_2}{L_1} = \frac{882 \cdot 0,054}{0,472} = 101, \text{ Н.}$$

3.5 Определение диаметра поршня привода

Для пневмоцилиндра

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D+d)^2}{16} \cdot p. \quad (29)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{16P_u}{\pi p}} - d. \quad (30)$$

Подставляя исходные значения получим

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 101}{3,14 \cdot 0,4}} - 20 = 172, \text{ мм.}$$

Для унификации приспособления принимаем диаметр поршня цилиндра равным 250 мм.

Рассчитаем усилие на штоке.

$$P_u = \frac{3,14 \cdot (0,25 + 0,02)^2}{16} \cdot 0,4 = 580, \text{ Н.}$$

Полученные данные вносим в конструкцию привода приспособления.

4 Проектирование режущего инструмента

На шпоночно-фрезерной операции делается шпоночный паз фрезой концевой. На рисунке 7 представлен эскиз операции.

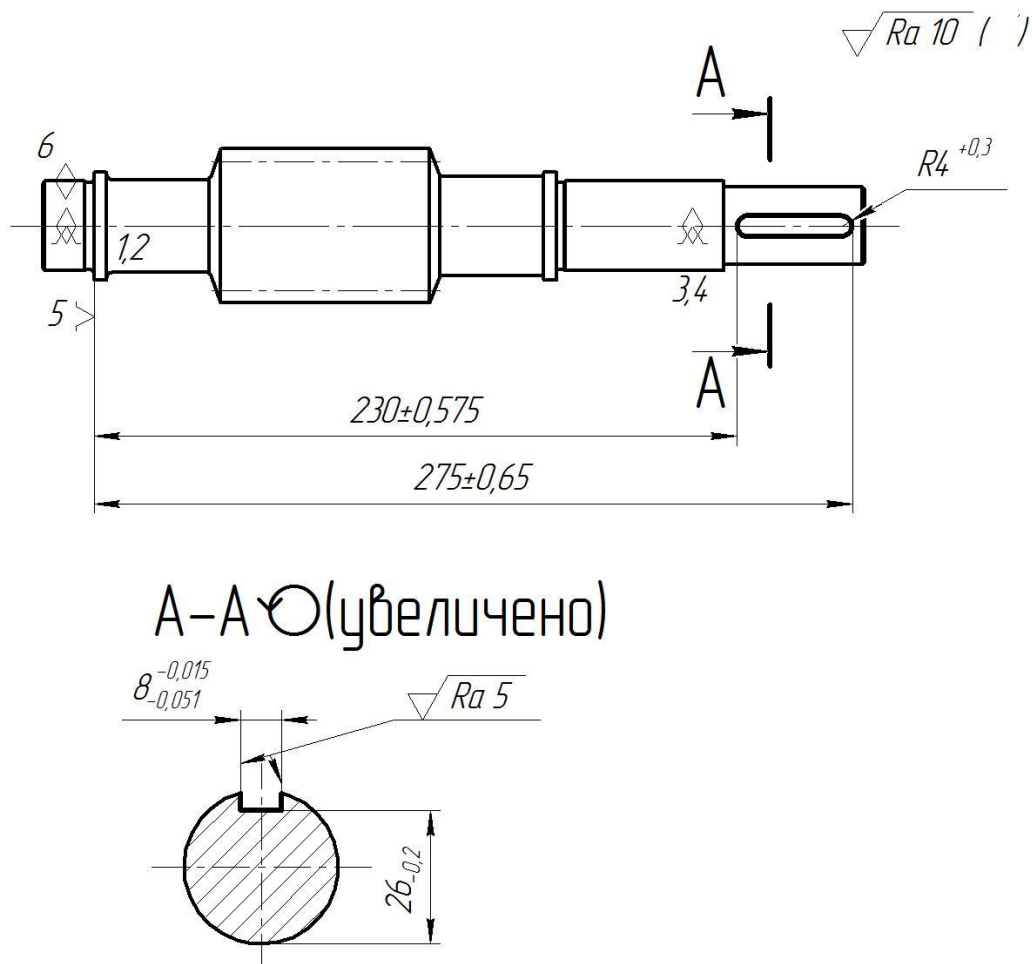


Рисунок 7 - Эскиз шпоночно-фрезерной операции

«Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерованием в большинстве случаев обрабатываются плоские или фасонные поверхности. Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. Фреза представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или торцовой поверхности. Главное движение придается фрезе, движение подачи обычно придается обрабатываемой заготовке, но может придаваться и инструменту – фрезе». [10]

«По геометрии (исполнению) фрезы бывают: цилиндрические, торцевые, червячные, концевые, конические и другие». Виды фрез по обрабатываемому материалу: дерево, сталь, чугун, нержавеющая сталь, закаленная сталь, медь, алюминий, графит. Материал режущей части – быстрорежущая сталь, твердый сплав, металлокерамика, массив кардной проволоки. В зависимости от типа зубьев фрезы бывают цельные, сварные и сборные».[10]

4.1 Выбор инструментального материала

Для разрабатываемой фрезы концевой при фрезеровании детали из стали 45 с σ_B равно 180 МПа в качестве инструментального материала принимаем твёрдый сплав Т5К10. [11]

4.2 Определение конструктивных элементов рабочей части фрезы

Исходя из радиуса скругления отверстия и ширины шпоночного паза принимаем диаметр фрезы равным 8 мм.

«В концевой фрезе различают крепежную часть (хвостовик), шейку и рабочую часть». [10]

Длину фрезы определим по формуле

$$L = l_1 + l + l_2. \quad (31)$$

При проектировании фрез с диаметром от 10 до 30 мм длину режущей части рассчитывают по формуле

$$l_1 = 4 \cdot d. \quad (32)$$

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32, \text{ мм.}$$

Определим длину шейки фрезы:

$$l = 4 \cdot \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right). \quad (33)$$

$$l = 4 \cdot \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{8} \right) = 12,7, \text{ мм.}$$

Принимаем l равно 12 мм.

Величину диаметра шейки фрезы принимаем равную величине диаметра режущей части фрезы, поэтому диаметр шейки равен 8 мм.

Тогда по формуле (31)

$$L = 32 + 12 + 60 = 112, \text{ мм.}$$

Твердосплавные концевые фрезы диаметра режущей части не более 10 мм изготавливаются с цилиндрическим хвостовиком.

Определим число зубьев фрезы.

$$z = (0,1 \dots 1,3)d, \quad (34)$$

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot 8 = 0,8 \dots 10,4.$$

Принимаем число зубьев равное 4.

Для выполнения равномерной обработки на цилиндрической части зубья должны иметь стружечную канавку наклоном от 30 до 45 градусов.

Принимаем ω равно 30 градусов.

«Стружка, поднимаясь вверх по винтовым канавкам, удаляется из обрабатываемого паза. Направление канавок не должно совпадать с направлением вращения шпинделя станка при обработке пазов и уступов – это обеспечивает лучший отвод стружки». [10]

Для обработки стальных заготовок передний угол назначается равным от 15 до 30 градусов. Принимаем γ равным 15 градусов.

4.3 Патентный поиск

С современным увеличением потребности в улучшенной эффективности резания существует необходимость в более длительном сроке службы режущего инструмента, чем было доступно до сих пор. Соответственно, требованием к свойствам материалов режущего инструмента, которое становится даже более важным, является то, что должны быть улучшены износостойкость и стойкость к разрушению, связанные со сроком службы режущего инструмента. Для того чтобы получить улучшения указанных свойств, используется режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором стопка чередующихся слоев пленок покрытий наносится на основу. [16]

В современном резании режущий инструмент подвергается воздействию более заметного увеличения скорости, подачи и глубины резания. Соответственно, более часто встречается случай, что трещины, которые появляются на поверхности режущего инструмента благодаря нагрузке, прикладываемой к границам резания в процессе резания, достигают основ, или трещины, которые появляются в основах благодаря резким изменениям температуры границ резания, проникают в слои покрытия, давая в результате разрушение режущего инструмента.

Изобретение [16] разработано для решения указанных проблем. Поэтому задачей настоящего изобретения является создание режущего инструмента с износостойким покрытием с большим сроком службы, который имеет улучшенную стойкость к разрушению без какого-либо снижения износостойкости.

Авторами изобретения [16] были проведены исследования по увеличению срока службы режущего инструмента с износостойким покрытием. Авторами изобретения было тогда установлено, что стойкость к разрушению может быть улучшена без появления снижения износостойкости улучшением конфигураций слоев и составов слоев

покрытия. Как результат было реализовано увеличение срока службы режущего инструмента с износостойким покрытием.

В частности, изобретение [16] может быть обобщено следующим образом.

Режущий инструмент с износостойким покрытием содержит основу и слой покрытия, расположенный на поверхности основы, причем слой покрытия содержит первую слоистую структуру и вторую слоистую структуру, при этом первая слоистая структура имеет структуру, в которой два или более видов слоев с различными составами периодически уложены, причем средняя толщина слоя каждого из слоев составляет 60-500 нм, а вторая слоистая структура имеет структуру, в которой два или более видов слоев с различными составами периодически уложены, причем средняя толщина слоя каждого из слоев составляет от 2 нм до менее 60 нм, при этом слои, составляющие первую слоистую структуру, и слои, составляющие вторую слоистую структуру, содержат, по меньшей мере, один элемент, выбранный из группы, состоящей из металлов, включая, по меньшей мере, один элемент металла, выбранный из Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si, Sr, Y, Sn и Bi; и соединения, содержащие, по меньшей мере, один из указанных элементов металла и, по меньшей мере, один элемент неметалла, выбранный из углерода, азота, кислорода и бора.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором первой слоистой структурой является чередующаяся слоистая структура, содержащая два вида слоев с различными составами, уложенными с чередованием в два или более слоев.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором второй слоистой структурой является чередующаяся слоистая структура, содержащая два вида слоев с различными составами, уложенными с чередованием в два или более слоев.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором слой покрытия имеет структуру, содержащую первую слоистую структуру и вторую слоистую структуру, уложенные с чередованием и непрерывно в два или более слоев.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором (T_1 - T_2) составляет 20-996 нм, при этом T_1 представляет собой среднее значение периодов укладывания в первой слоистой структуре, а T_2 представляет собой среднее значение периодов укладывания во второй слоистой структуре.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором слои, составляющие первую слоистую структуру, и слои, составляющие вторую слоистую структуру, каждая содержат, по меньшей мере, один элемент, выбранный из группы, состоящей из металлов, включая, по меньшей мере, два элемента металла, выбранных из Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si, Sr, Y, Sn и Bi; и соединения, содержащие, по меньшей мере, два из указанных элементов металла и, по меньшей мере, один элемент неметалла, выбранный из углерода, азота, кислорода и бора.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором элементы металла, присутствующие в слоях, составляющих первую слоистую структуру, являются идентичными среди слоев, составляющих первую слоистую структуру, и содержат один или более элементов металла, имеющих различие в абсолютном значении 5% или более между его соотношением относительно общего количества элементов металла, присутствующих в одном слое, составляющем первую слоистую структуру, и соотношением идентичного элемента металла относительно общего количества элементов металла, присутствующих в слое, составляющем первую слоистую структуру, который является смежным с одним слоем.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором элементы металла, присутствующие в слоях, составляющих вторую

слоистую структуру, являются идентичными среди слоев, составляющих вторую слоистую структуру, и содержат один или более элементов металла, имеющих различие в абсолютном значении 5% или более между его соотношением относительно общего количества элементов металла, присутствующих в одном слое, составляющем вторую слоистую структуру, и соотношением идентичного элемента металла относительно общего количества элементов металла, присутствующих в слое, составляющем вторую слоистую структуру, который является смежным с одним слоем.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором один слой, составляющий первую слоистую структуру, содержит один или более элементов металла, отличающихся от элемента или элементов металла, присутствующих в слое, составляющем первую слоистую структуру, который является смежным с одним слоем.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором средняя общая толщина слоя всего слоя покрытия составляет 0,22-12 мкм.

Режущий инструмент с износостойким покрытием, в котором средняя толщина первой или второй слоистой структуры составляет 0,2-6 мкм.

Режущий инструмент с износостойким покрытием по изобретению [16] имеет превосходные износостойкость и стойкость к разрушению с достижением более длительного срока службы режущего инструмента, чем было возможно до сих пор.

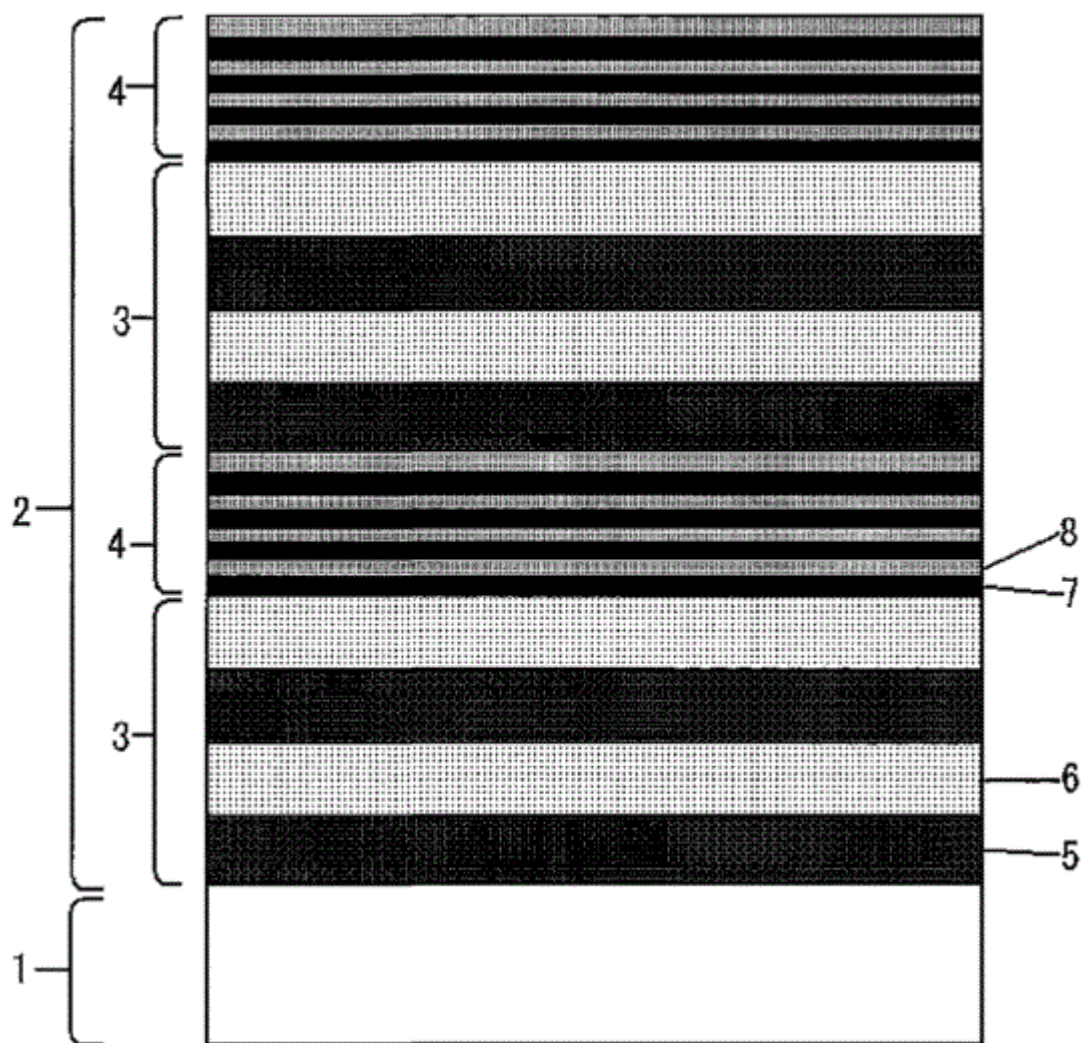


Рисунок 8 - Секционная структура режущего инструмента с износостойким покрытием

На рисунке 8 представлен пример схематического вида, показывающий секционную структуру режущего инструмента с износостойким покрытием.

Режущий инструмент с износостойким покрытием по изобретению [16] содержит основу и слой покрытия, расположенный на поверхности основы. Основы в изобретении [16] специально не ограничиваются и могут использоваться любые основы режущего инструмента с износостойким покрытием. Их примеры включают в себя цементированные карбиды, керметы, керамики, спеченные нитриды кубического бора, спеченные алмазы и высокоскоростные стали. В

частности, основы из цементированного карбида являются более предпочтительными благодаря превосходным износостойкости и стойкости к разрушению.

Износостойкость имеет тенденцию к снижению, если средняя общая толщина слоя всего слоя покрытия в режущем инструменте с износостойким покрытием составляет менее 0,22 мкм. Снижение стойкости к разрушению имеет тенденцию быть вызванным, если средняя общая толщина слоя всего слоя покрытия превышает 12 мкм. Поэтому, предпочтительно, что средняя общая толщина слоя всего слоя покрытия составляет 0,22-12 мкм. В частности, средняя общая толщина слоя всего слоя покрытия составляет, более предпочтительно, 1,0-8,0 мкм.

Как описано выше, слой покрытия в режущем инструменте с износостойким покрытием содержит отдельную первую слоистую структуру и отдельную вторую слоистую структуру. Каждый из слоев, составляющих первую слоистую структуру, содержит, по меньшей мере, один элемент, выбранный из группы, состоящей из металла, включая, по меньшей мере, один элемент металла, выбранный из Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si, Sr, Y, Sn и Bi; и соединений, содержащих, по меньшей мере, один из указанных элементов металла и, по меньшей мере, одного элемента неметалла, выбранного из углерода, азота, кислорода и бора. Такие слои показывают превосходную износостойкость.

В частности, более предпочтительно, что слои, составляющие первую слоистую структуру, содержат, по меньшей мере, один элемент, выбранный из группы, состоящей из металлов, включая, по меньшей мере, два элемента металла, выбранных из Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si, Sr, Y, Sn и Bi; и соединений, содержащих, по меньшей мере, два из указанных элементов металла и, по меньшей мере, одного элемента неметалла, выбранного из углерода, азота, кислорода и бора. Указанная конфигурация вводит твердость. Отдельные примеры металлов или соединений для образования составляющих слоев в первой слоистой

структуре включают в себя $(Al_{0,50}Ti_{0,50})N$, $(Al_{0,60}Ti_{0,40})N$, $(Al_{0,67}Ti_{0,33})N$, $(Al_{0,67}Ti_{0,33})CN$, $(Al_{0,45}Ti_{0,45}Si_{0,10})N$, $(Al_{0,45}Ti_{0,45}Y_{0,10})N$, $(Al_{0,50}Ti_{0,30}Cr_{0,20})N$, $(Al_{0,50}Ti_{0,45}Nb_{0,05})N$, $(Al_{0,50}Ti_{0,45}Ta_{0,05})N$, $(Al_{0,50}Ti_{0,45}W_{0,05})N$, $(Ti_{0,90}Si_{0,10})N$ и $(Al_{0,50}Cr_{0,50})N$.

В слое покрытия в режущем инструменте с износостойким покрытием первая слоистая структура имеет структуру, в которой два или более видов слоев, включая любой из указанных металлов или соединений, предпочтительно, укладываются один поверх другого, причем каждый слой имеет среднюю толщину слоя 60-500 нм. Указанная слоистая структура, имеющая отдельную периодичность, содержит два или более видов слоев с различными составами. Для предотвращения проникновения трещин и для получения улучшенной стойкости к разрушению, предпочтительно, что указанные слои с различными составами укладываются с чередованием в два или более слоев.

В изобретении [16] толщина минимальной единицы, при повторении которой получается стопка, описывается как «период укладывания». На рисунке 8 представлен пример схематических видов, иллюстрирующий секционную структуру режущего инструмента с износостойким покрытием изобретения [16]. Когда, например, стопка состоит из повторения слоя A1 (5), слоя B1 (6), слоя C1 и слоя D1, имеющих различные составы, в порядке слой A1 → слой B1 → слой C1 → слой D1 → слой A1 → слой B1 → слой C1 → слой D1 → ... от основы 1 к поверхности слоя 2 покрытия, общая толщина слоя от слоя A1 по слой D1 определяется как «период укладывания». В том случае, когда стопка состоит из повторения слоя A1 (5) и слоя B1 (6), имеющих различные составы, в порядке слой A1 → слой B1 → слой A1 → слой B1 → слой A1 → слой B1 → ... от основы 1 к поверхности слоя 2 покрытия, «период укладывания» показывает общую толщину слоя A1 и толщину слоя B1.

В случае конфигурации, в которой слои, имеющие различные составы и повторяющуюся среднюю толщину слоя 60-500 нм,

укладываются с указанной выше периодичностью, предотвращается проникновение в основу трещины, которая появляется на поверхности слоя покрытия в процессе использования режущего инструмента с износостойким покрытием. В частности, такая трещина, которая достигает первой слоистой структуры, обусловлена разрастанием в направлении, параллельном границе раздела между слоями с различными составами. Преимущественно указанный эффект дополнительно улучшается, когда выполнена чередующаяся слоистая структура, в которой два вида слоев, имеющих различные составы, укладываются с чередованием в два или более слоев. В частности, первая слоистая структура представляет собой, предпочтительно, чередующуюся слоистую структуру, в которой слой A1 и слой B1 с различными составами укладываются с чередованием в два или более слоев в порядке слой A1 → слой B1 → слой A1 → слой B1 → ... от основы 1 к поверхности слоя покрытия.

Что касается каждого из слоев, составляющих первую слоистую структуру в слое покрытия в режущем инструменте с износостойким покрытием, любая средняя толщина слоя каждого слоя, которая составляет менее 60 нм, дает в результате снижение эффекта предотвращения проникновения трещины в основу. С другой стороны, стойкость к разрушению снижается, если средняя толщина слоя превышает 500 нм. Таким образом, средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих первую слоистую структуру, находится в пределах от 60 нм до 500 нм. Более предпочтительно, средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих первую слоистую структуру, находится в интервале 60-250 нм.

Если средняя толщина первой слоистой структуры является меньше 0,2 мкм, первая слоистая структура имеет такое небольшое число повторений периодического укладывания слоев с различными составами, что первая слоистая структура имеет тенденцию к снижению эффекта

подавления проникновения трещин в основу. С другой стороны, любая средняя толщина, превышающая 6 мкм, дает увеличение остаточного напряжения сжатия в целостности слоя покрытия, и, соответственно, слой покрытия имеет тенденцию к разделению или разрушению, а именно тенденцию показывать плохую стойкость к разрушению. Таким образом, средняя толщина первой слоистой структуры составляет, предпочтительно, 0,2-6 мкм.

Вторая слоистая структура по изобретению [16] имеет структуру, в которой два или более видов слоев, включая любой из указанных металлов или соединений, периодически уложены один поверх другого, причем каждый слой имеет среднюю толщину слоя от 2 нм до менее 60 нм. Указанная слоистая структура, имеющая отдельную периодичность, содержит два или более видов слоев с различными составами. Для обеспечения высокой твердости и получения улучшенной износостойкости, предпочтительно, чтобы вторая слоистая структура была чередующейся слоистой структурой, в которой указанные слои с различными составами укладываются с чередованием в два или более слоев.

Во второй слоистой структуре, подобно описанному выше, толщина минимальной единицы, при повторении которой получается стопка, описывается как «период укладки».

В случае конфигурации, в которой слои, имеющие различные составы и повторяющуюся среднюю толщину слоя от 2 нм до менее 60 нм, укладываются с указанной выше периодичностью, вторая слоистая структура в режущем инструменте с износостойким покрытием приобретает высокую твердость с достижением улучшения износостойкости. Преимущественно указанный эффект дополнительно улучшается, когда выполнена чередующаяся слоистая структура, в которой два вида слоев, имеющих различные составы, укладываются с чередованием в два или более слоев. В частности, вторая слоистая

структура представляет собой, предпочтительно, чередующуюся слоистую структуру, в которой слой A2 и слой B2 с различными составами укладываются с чередованием в два или более слоев в порядке слой A2 → слой B2 → слой A2 → слой B2 → ... от основы к поверхности слоя покрытия.

Если средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих вторую слоистую структуру, является меньше 2 нм, появляется трудность формирования слоя с однородной толщиной. Если средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих вторую слоистую структуру, составляет 60 нм или более, твердость снижается, вызывая снижение износостойкости. Кроме того, такая вторая слоистая структура имеет небольшое отличие в толщине слоя от первой слоистой структуры с тем результатом, что она является твердой с полным достижением эффекта подавления проникновения трещин в основу, побуждая трещину разрастаться в направлении, параллельном границе раздела между первой слоистой структурой и второй слоистой структурой. Таким образом, средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих вторую слоистую структуру в настоящем изобретении, находится в пределах от 2 нм до менее 60 нм. С вышеуказанной точки зрения, средняя толщина слоя каждого из слоев, составляющих вторую слоистую структуру, предпочтительно, составляет 5-30 нм.

Если средняя толщина второй слоистой структуры является меньше 0,02 мкм, вторая слоистая структура имеет такое небольшое число повторений периодического укладывания слоев, что улучшение твердости не может быть получено. С другой стороны, любая средняя толщина второй слоистой структуры, превышающая 6 мкм, дает увеличение остаточного напряжения сжатия во второй слоистой структуре, и, соответственно, слой покрытия имеет тенденцию к разделению или разрушению, а именно тенденцию показывать плохую стойкость к

разрушению. Таким образом, средняя толщина второй слоистой структуры составляет, предпочтительно, 0,02-6 мкм.

Слой покрытия в режущем инструменте с износостойким покрытием может быть получен любыми способами без ограничения. Например, способ физического осаждения, такой как способ ионного осаждения, способ ионно-дугового осаждения, способ осаждения распылением или способ ионного смешения могут использоваться для формирования слоев, таких как вышеуказанные первая слоистая структура и вторая слоистая структура, на основе. В частности, способ ионно-дугового осаждения является более предпочтительным благодаря превосходной адгезии между слоем покрытия и основой.

Основы, переработанная в виде режущего инструмента, помещается в реакционный сосуд устройства физического осаждения и внутри реакционного сосуда получается вакуум при вакуумировании до давления 1×10^{-2} Па или ниже. После создания вакуума температура основы повышается до 200-800°C нагревателем, расположенным в реакционном сосуде. После нагревания аргон-газ вводится в реакционный сосуд с повышением давления до 0,5-5,0 Па. В атмосфере аргона-газа при давлении 0,5-5,0 Па к основе подводится напряжение смещения от -200 до -1000 В и ток 5-20 А пропускается через вольфрамовую нить, расположенную в реакционном сосуде, в результате с обработкой поверхности основы ионной бомбардировкой аргона-газа. После обработки поверхности основы ионной бомбардировкой вакуум доводится до давления 1×10^{-2} Па или ниже.

Далее реакционный газ, такой как газообразный азот, вводится в реакционный сосуд для увеличения давления внутри реакционного сосуда до 0,5-5,0 Па. К основе подводится напряжение смещения от -10 до -150 В и источники осаждения металла в соответствии с компонентами металла соответствующих слоев испаряются при дуговом разряде с образованием в результате слоев на поверхности основы. В том случае, когда два или

более видов отдельно размещенных источников осаждения металла испаряются одновременно при дуговом разряде и слои для составления первой слоистой структуры и второй слоистой структуры формируются при вращении вращающегося стола, на котором закреплена основа, толщина слоя соответствующих слоев для составления первой слоистой структуры и второй слоистой структуры может регулироваться путем регулирования скорости вращения вращающегося стола, несущего основу, в реакционном сосуде. Когда два или более видов источников осаждения металла испаряются с чередованием при дуговом разряде с формированием слоев для составления первой слоистой структуры или второй слоистой структуры, толщина слоя соответствующих слоев для составления первой слоистой структуры или второй слоистой структуры может регулироваться путем регулирования времени дугового разряда для соответствующих источников осаждения металла.

Толщина соответствующих слоев покрытия в режущем инструменте может измеряться при анализе секционной структуры таким устройством, как оптический микроскоп, сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) или трансмиссионный электронный микроскоп (ТЭМ). Средняя толщина слоя каждого из слоев может быть получена путем измерения толщины каждого слоя по отношению к поперечному сечению, взятому из 3 или более участков приблизительно на 50 мкм от края резки поверхности, противоположной источнику осаждения металла к центру поверхности, и расчета среднего значения полученных толщин слоя.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе ВКР проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали «червяк». Оценку будем вести согласно методике [17].

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика производственного процесса изготовления детали червяк заключается в представлении основных характеристик усовершенствованных операций технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же все необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик технического объекта собраны в таблицу 1.

Таблица 1 – «Технологический паспорт технического объекта» [17]

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 СОЖ - Литол
Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок 692Д	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 СОЖ – Литол

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В данном разделе приводится идентификация профессиональных рисков – производственно-технологических и эксплуатационных рисков. Это вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении детали червяк. Результаты исследования этих факторов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [17]
1	2	3
Токарная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок токарный ТС1625Ф3 с ЧПУ и автоматической загрузкой
Фрезерная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Шпоночно-фрезерный станок 692Д

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали червяк. Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [17]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [17]	«Средства индивидуальной защиты работника» [17]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противозумные, наушники, резиновый коврик

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [14]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ	Пожары, связанные с воспламенением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

Для обеспечения пожарной безопасности в ходе изготовления детали червяк были выбраны организационно-технические мероприятия и технические средства обеспечения пожарной безопасности. Все они соответствуют нормативным документам в области пожарной безопасности по состоянию на 2016 год, таким как Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. Все собранные данные анализа представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [17]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители ручные, ящики с песком	Пожарные машины, пожарные лестницы	Оборудование автоматического тушения пожара	технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, рукавные разветвления, ящики с песком	Респираторы, противогазы, пожарные карабины	Пожарные лопаты, багры, ломы, топоры, вёдра, комплекты диэлектрические	Автоматические оповещатели

Таблица 6 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [17]

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Технологический процесс изготовления детали червяк	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках; обучение действиям при возникновении пожара и	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие пожарной сигнализации,

1	2	3
	правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	наличие первичных средств для тушения пожаров

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали червяк. Выявлены и проанализированы негативные экологические факторы реализуемого технического процесса, а так же меры по их снижению и/или устранению. Все данные анализа соответствуют нормативным документам РФ. Результаты анализа представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [17]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [17]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [17]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали «червяк»	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ; Шпоночно-фрезерный станок 692Д	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 8 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [17]

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали «червяк»
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования; многоступенчатая сортировка отходов; соблюдение правил хранения отходов и периодичности их вывоза; переработка металлических отходов

В ходе выполнения работы нами проанализирована безопасность и экологичность внесенных изменений в технологический процесс изготовления детали «червяк».

Проведена идентификация профессиональных рисков, которые могут возникнуть в ходе реализации модернизированного технологического процесса, предложены методы и средства необходимые для снижения этих рисков, предложены мероприятия по пожарной и экологической безопасности на участке механической обработки детали, разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

6 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «червяк». Эти изменения касаются шпоночно- фрезерной операции. На этой операции предложено в качестве оснастки использовать автоматизированное зажимное приспособление - тиски, вместо универсального, действующего вручную. Также предлагается использовать твердосплавный инструмент вместо инструмента из быстрорежущей стали, что увеличивает его стойкость и снижает вспомогательное время фрезерной операции.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [18] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 7.

Как видно из рисунка 9, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «фланец» на 2,56 руб., что составит 2,9 %.

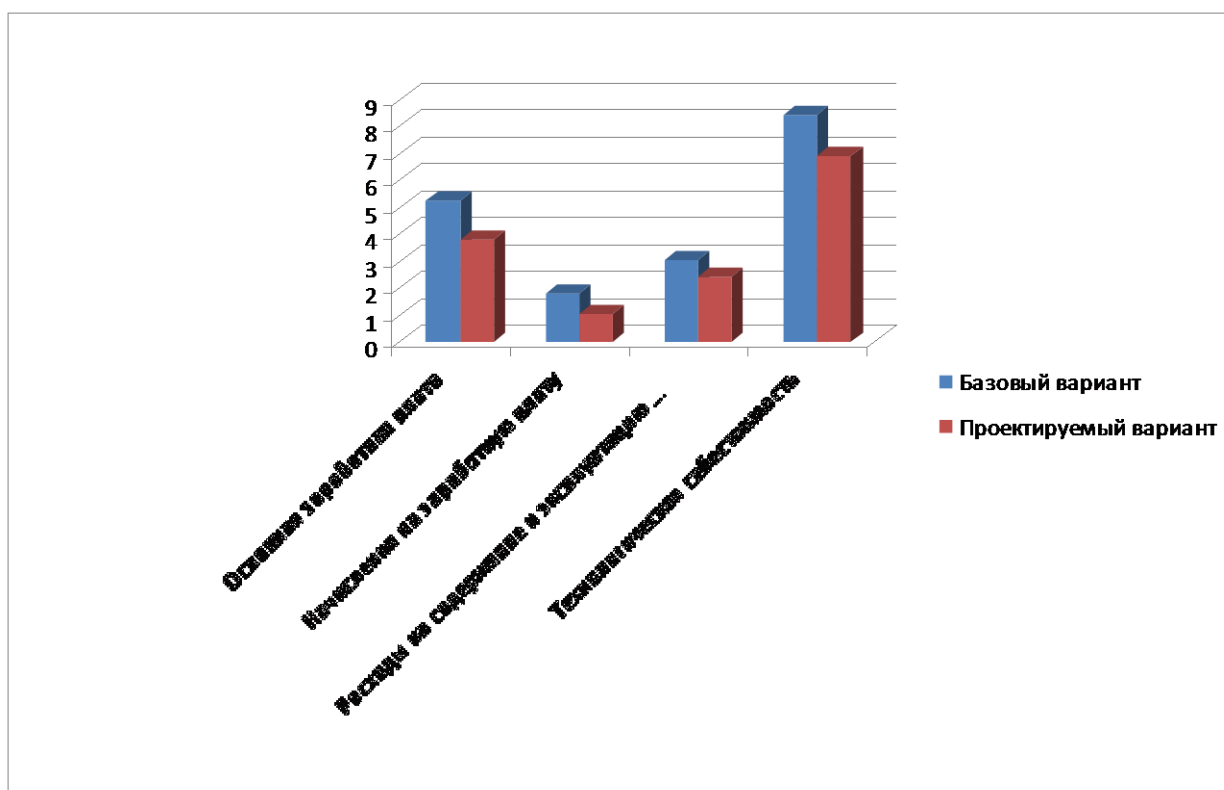


Рисунок 9 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 88,12 рублей, а для проектируемого – 85,56 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость в проектируемом варианте меньше, чем в базовом. Эта разница составляет 2,9% или 2,56 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 16080,50 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«червяк» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 38724,74 рублей. На рисунке 10 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

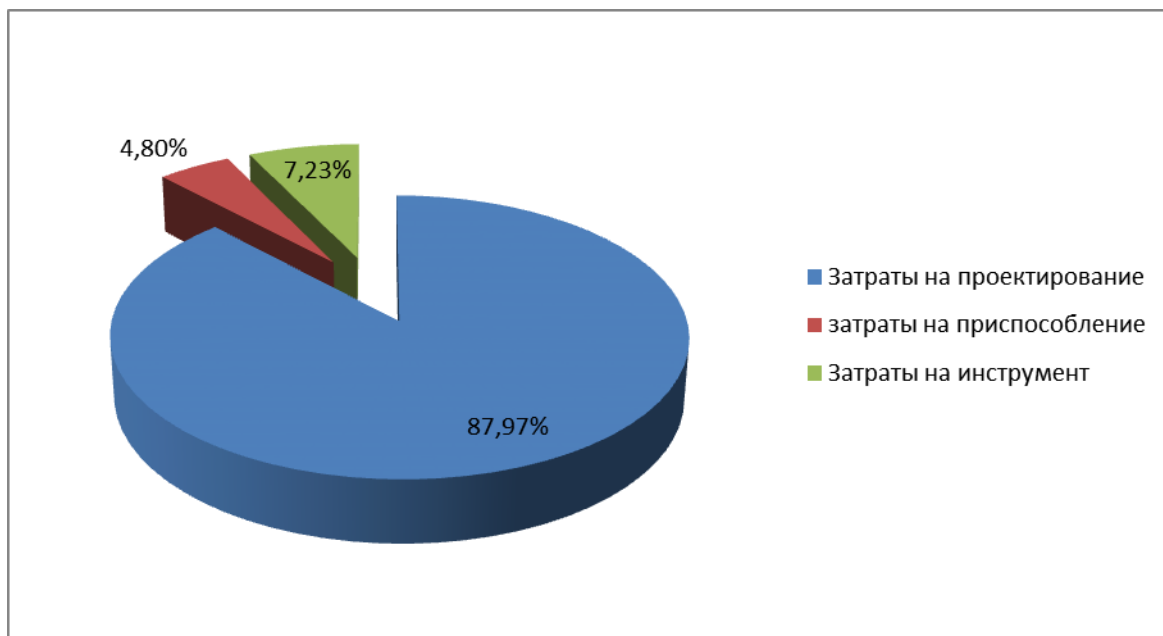


Рисунок 10 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 10, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 87,97 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	26363,72
Интегральный экономический эффект, руб.	2396,70
Индекс доходности, руб. / руб.	1,14

Анализируя, представленные в таблице 9, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 2396,70 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,14 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 14 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола фрезерного станка центра «Формула Станок». Технологический процесс оснащен современными средствами и оборудованием.

В ходе выполнения работы нами были проанализированы исходные данные, где проведен анализ работы детали, выполнена классификация поверхностей, проанализированы свойства материала детали. Методом экономического сравнения в качестве метода получения заготовки выбрана штамповка. Сравнивали два варианта получения заготовки, а именно штамповка и прокат. Исходя из годовой программы выпуска и массы детали, выбран среднесерийный тип производства. Далее выбраны методы обработки поверхностей детали. Основываясь на этих методах, разработаны технологический маршрут и составлен план изготовления детали.

Для закрепления заготовки на станке фрезерной операции разработана конструкция тисков с автоматизированным пневматическим приводом. Внедрение этого приспособления дает сокращение вспомогательного времени операции, которое затрачивается на установку и снятие заготовки.

Для этой же фрезерной операции разработана конструкция концевой фрезы. В работе предлагается в качестве материала режущей части фрезы вместо быстрорежущей стали применить твердый сплав. Также нанести на режущую часть этого инструмента износостойкое покрытие. Эти мероприятия позволят увеличить период стойкости фрезы в 2 раза.

В работе выполнен анализ безопасности и экономичности. Экономический расчет выполненных мероприятий показал эффективность решений.

Список используемых источников

1. Гуревич Ю.Е. Расчет и основы конструирования деталей машин : в 2-х т. Том 2. Механические передачи : учебник / Ю.Е. Гуревич, А.Г.Схиртладзе. – Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. – 248 с.
2. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. – 85 с.
3. Конструкционные стали и сплавы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с. - Библиогр.: с. 436. - ISBN 978-5-16-105096-5.
4. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
5. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
6. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
7. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
8. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1803-9.
9. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. -

Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат).
- ISBN 978-5-16-006705-6.

10. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебное пособие / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 228 с.

11. Воробьева Г. А. Инструментальные материалы : учебное пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, А.Ф. Леонов, В.К. Ерофеев. — Санкт-Петербург : Политехника, 2016. — 271 с.

12. Вереина Л.И. Металлорежущее технологическое оборудование : учеб. пособие / Л.И. Вереина, А.Г. Ягопольский : под общ. ред. Л.И. Вереиной. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 435 с.

13. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203. - Прил.: с. 204-207. - ISBN 978-5-8259-0768-0.

14. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – 30 с.

15. Таратынов О.В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ : учеб. пособие / О.В. Таратынов, В.В. Клепиков, Б.М. Базров. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 610 с.

16. Патент 2588946 Российская Федерация МПК⁷ В 23 Р 15/08. Режущий инструмент с износостойким покрытием / Асари Сота, Кикуги Масаказу; Тунгалой корпорейшн (Jp). –201507982 заявл. 12.08.2013; опубл. 10.07.2016, Бюл. №19. – 25 с.

17. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Электронный ресурс]: Электрон. учеб.- метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.

18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-методическое пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
19. ГОСТ 2.001-2013. Единая системы конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.
20. Аверченков В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ : монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 151 с.
21. Zlamal, T., Mrkvica, I., Szotkowski, T., & Malotova, S. (2019). The influence of surface treatment of PVD coating on its quality and wear resistant. *Coatings*, 9(7) doi:10.3390/coatings9070439
22. Litvinov, A. E., Buzko, V. U., Balaev, E. Y., & Goryachko, A. I. (2019). Development of a method of applying nanostructured and wear-resistant coatings with high adhesion to the surface of the cutting tool. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 560(1) doi:10.1088/1757-899X/560/1/012187
23. Hovorun, T. P., Pylypenko, O. V., Hovorun, M. V., & Dyadyura, K. O. (2017). Methods of obtaining and properties of wear-resistant coatings ti and N and ti, al and N. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 9(2) doi:10.21272/jnep.9(2).02026
24. Staszuk, M., Pakuła, D., & Tański, T. (2016). Investigation studies involving wear-resistant ALD/PVD hybrid coatings on sintered tool substrates. *Materiali in Tehnologije*, 50(5), 755-759. doi:10.17222/mit.2015.236
25. Kupczyk, M., & Misiak, W. (2005). Tool life of the edges coated with the c-BN+h-BN coatings with different structures during hard machinable steel machining. *Revista De Metalurgia (Madrid), SPEC. VOL.*, 483-487.

Приложение А

Маршрутные карты

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																	
Взам.																	
Любл.																	
Разраб.	Герасимов																
Пров.	Левашкин																
Н. Контр.																	
M01																	
	ПУ										Червяк						
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ							
	-	166	3,0	1		0,56	16		1	5,53							
A	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции												
B	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт.
A01	XX	XX	XX	005	4211	Центровально – подрезная ИОГ ХХХ											
B02	38	1261	0	Центровально-подрезной 2-хст. 2A911-1													
O03	Сверлить центровые отверстия, выдерживая размеры Ø5 ^{+0,3} , 5±0,15, 4,85±0,15, Ø10, 6 ^{+0,43} ; подрезать торцы (поверхности, и 22)																
O04	в размер 320±0,7, обточить поверхность 2, выдерживая размер Ø30, 3-0,25.																
T05	391210 Сверло центровочное Р6М5 Гост 14952-75; ХХХХХХ 4-хгран. пластина ВК8 ГОСТ19051-73.																
T06	393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 393120 калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882 - 77																
A07	XX	XX	XX	010	4233	Токарная черновая с ЧПУ ИОГ ХХХ											
B08	38	1021	5	Токарный патронный с ЧПУ САМАТ-400ХС 1													
O09	Точить поверхность 21, выдерживая размер Ø30, 3-0,25; точить поверхность 19, выдерживая размер 300, 3±0,65; точить																
O10	Поверхность 18, выдерживая размер Ø42, 3-0,62; точить поверхность 17, выдерживая размер Ø36, 3-0,62; точить поверхность 16,																
O11	выдерживая размер 20 ^{±1} ; точить поверхность 15, выдерживая размер Ø60, 3-0,3.																
T12	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 центр утонр. ГОСТ 3889-80; 392190 резец сбор. прох. прас Т15К6 ГОСТ 18878-73;																
T13	393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ166-80; 393120 калибр-пробка для контроля отверстия ГОСТ 3882-78.																
МК																	

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.																						
Взам.																						
Подп.																		2				
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа																
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.						
А01	XX	XX	XX	015	4233	Токарная черновая с ЧПУ ИОТ ХХХ																
Б02	38	1021	5	Токарный патронный с ЧПУ САМАТ-400ХС 1												16045	322	1	1	1	142	1
О03	Точить поверхность 2, выдерживая размер Ø30, 3 ^{-0,25} ; точить поверхность 3, выдерживая размер Ø54,7 ± 0,37; точить поверхность 4,																					
О04	Выдерживая размер Ø35, 3 ^{-0,25} ; точить размер 5, выдерживая размер Ø35, 3 ^{-0,25} ; точить поверхность 7, выдерживая размер																					
О05	119,7 ± 0,455; точить поверхность 8, выдерживая размер Ø42,3 ^{-0,62} ; точить поверхность 9, выдерживая размер Ø36,3 ^{-0,62} ; точить																					
О06	поверхность 10, выдерживая размер 20° ± 1'.																					
Т07	396110 Патрон поводк. ГОСТ 2571-71, 392841 центр упор. ГОСТ 3889-80; 392190 резец сборный прох правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;																					
Т08	393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ166-80; 393120 калибр-пробка для контроля отверстия ГОСТ 3882-78.																					
А09	XX	XX	XX	020	4233	Токарная чистовая с ЧПУ ИОТ ХХХ																
Б10	38	1021	5	Токарный патронный с ЧПУ САМАТ-400ХС 1												16045	322	1	1	1	142	1
О11	Точить поверхность 21, выдерживая размер Ø35, 1 ^{+0,350} _{-0,050} ; выполнить фаску 1х45°, точить канавку (поверхность 20), выдерживая																					
О12	размеры 3 ± 0,125, 45°, R1; R0,5; точить поверхность 19, выдерживая размер 300 ± 0,65; точить поверхность 18, выдерживая размер																					
О13	Ø42 ^{-0,62} ; точить поверхность 17, выдерживая размеры Ø36 ^{-0,62} ; R2; точить поверхность 16, выдерживая размер 20° ± 1';																					
О14	Точить поверхность 15, выдерживая размер Ø60 ^{-0,074} .																					
Т15	396110 Патрон поводк ГОСТ 2571-71; 392841 центр упорн ГОСТ 3889-80; 392190 резец сборный прох правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;																					
Т16	391311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ166-80; 393120 калибр-пробка для контроля отверстия ГОСТ 3882-78.																					
МК																						

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Бзам.	Любл.	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
																					3
А																					
Б																					
А01	XX	XX	025	4233	Токарная чистовая с ЧПУ	ИОТ	XXX														
Б02	38	1021	5		Токарный патронный с ЧПУ САМАТ-400ХС	1	16045	322	1	1	1	1	142	1							
О03					Точить поверхность «, выдерживая размер $\varnothing 30f8^{+0.020}_{-0.033}$, на длину 54 ± 0.37 ; выложить фаску $1 \times 45^\circ$; точить поверхность 3,																
О04					выдерживая размер 55 ± 0.37 ; точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 35f9^{+0.025}_{-0.037}$; точить поверхность 5, выдерживая размер																
О05					$\varnothing 35.6^{+0.05}_{+0.03}$; точить канавку (поверхность 6), выдерживая размеры 3 ± 0.125 ; 45° ; R1; R0.5; точить поверхность 7, выдерживая размер																
О06					120 ± 0.435 ; точить поверхность 8, выдерживая размер $\varnothing 42_{-0.02}$; точить поверхность 9, выдерживая размеры $\varnothing 36_{-0.02}$; R2;																
О07					точить поверхность 10, выдерживая размер $20^\circ \pm 1^\circ$.																
Т08	396110	Патрон поводк	ГОСТ 2571-71;	392841	центр уторн	ГОСТ 3889-80;	392190	резец сборный прох правый	Т15К6	ГОСТ 18878-73;											
Т09	391311	Штангенциркуль	ШЦ-III-250-0.05	ГОСТ 166-80;	393120	калибр-пробка для контроля отверстия	ГОСТ 3882-78.														
А10	XX	XX	030	4271	Шпоночно - фрезерная	ИОТ	XXX														
Б11	38	1671	7		Шпоночно-фрезерный станок	692Д	1	19479	322	1	1	1	142	1							
О12					Фрезеровать шпоночный паз (поверхности 23,24, 25), выдерживая размеры 8P9 $^{+0.015}_{-0.031}$; $26_{-0.2}$; R4 $^{+0.3}$; 5 ± 0.15 ; 45 ± 0.31 .																
Т13	396180	Приспособление для фрезерования;	391820	Фреза концевая	Т15К6	ГОСТ 9324 - 80.															
Т14	393311	Штангенциркуль	ШЦ-III-150-0.05	ГОСТ 166-80;	XXXXXX	Спец. шаблон;	392841	Центр уторный	ГОСТ 13214-79												
А15	XX	XX	035	4274	Резьбофрезерная черновая	ИОТ	XXX														
Б16	38	1673	0		Резьбофрезерный станок	KV - 240	1	17985	322	1	1	1	142	1							
МК																					

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.																	
			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
																			4
Обозначение документа																			
А цех Уч. РМ Опер. Код, наименование операции Код, наименование оборудования СМ Проф. Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт Тпз. Тшт.																			
Б Код, наименование оборудования																			
О01 Фрезеровать резьбу (поверхности 12, 13, 14), выдерживая размеры $m=5\text{мм}$; $\beta=20^\circ$; направление витка – правое, Ø50.36 _{-0.25} .																			
Т02 391810 Фреза резьбовая Т15К6 ГОСТ 1336 – 77. ХХХХХ Спец. шаблон; 392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79																			
А03 ХХ ХХ ХХ 040 4274 Резьбофрезерная чистовая ИОГ ХХХ																			
Б04 38 1673 0 Резьбофрезерный станок КУ – 240 I 17985 322 I I I 142 I																			
О05 Фрезеровать резьбу (поверхности 12, 13, 14), выдерживая размеры $m=5\text{мм}$; $\beta=20^\circ$; направление витка – правое, Ø50.06 _{-0.062} .																			
Т06 391810 Фреза резьбовая Т15К6 ГОСТ 1336 – 77. ХХХХХ Спец. Шаблон; 392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79																			
А07 ХХ ХХ ХХ 045 5030 Термическая ИОГ ХХХ																			
Б08 ХХ ХХ ХХ Х Установка ТВЧ																			
А09 ХХ ХХ ХХ 050 4143 Центрошлифовальная ИОГ ХХХ																			
Б10 38 1300 I Центрошлифовальный станок 3923 I 19630 322 I I I 142 I																			
О11 Шлифовать центровые отверстия, с 2-х сторон, удерживая размер 60°.																			
Т12 397130 Круг I 6·10·2 24А F40 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52871 – 2007; ХХХХХ Спец. шаблон.																			
А13 ХХ ХХ ХХ 055 4236 Круглошлифовальная черновая с ЧПУ ИОГ ХХХ																			
МК																			

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Годп.															
			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
А			Обозначение документа														
Б			Код, наименование оборудования														
Б01	38	1311	1	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	1	16045	322	1	1	1	1	1	142	1			
О02	Шлифовать поверхность 21 в размер $\varnothing 35,1^{+0,050}_{+0,028}$, на длину $15,5 \pm 0,215$.																
Т03	396310	Патрон мембранный хулачковый; 397130 Круг 1 259'25'76,2 24А F40 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52871 – 2007;															
Т04	394630	Прибор активного контроля БВ 6060-УНВ 40 ГОСТ 8517-80; 392841 Центр уморный ГОСТ 13214-79															
А05	XX	XX	060	4236	Круглорозшлифовальная черновая с ЧПУ ИОТ ХХХ												
Б06	38	1311	1	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	1	16045	322	1	1	1	1	142	1				
О07	Шлифовать поверхность 4 в размер $\varnothing 35^{+0,050}_{-0,030}$; шлифовать поверхность 5 в размер $\varnothing 35,1^{+0,050}_{+0,028}$ на длину $16,5 \pm 0,215$.																
Т08	396310	Патрон мембранный хулачковый; 397130 Круг 1 259'25'76,2 24А F40 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52871 – 2007;															
Т09	394630	Прибор активного контроля БВ 6060-УНВ 40 ГОСТ 8517-80; 392841 Центр уморный ГОСТ 13214-79															
А10	XX	XX	065	4236	Круглорозшлифовальная чистовая с ЧПУ ИОТ ХХХ												
Б11	38	1311	1	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	1	16045	322	1	1	1	1	142	1				
О12	Шлифовать поверхность 21 в размер $\varnothing 35^{+0,079}_{+0,024}$ на длину $15,5 \pm 0,125$.																
Т13	396310	Патрон мембранный хулачковый; 397130 Круг 1 259'25'76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52871 – 2007;															
Т14	394630	Прибор активного контроля БВ 6060-УНВ 40 ГОСТ 8517-80; 392841 Центр уморный ГОСТ 13214-79															
МК																	

Продолжение приложения А

Дубл.		Взам.		Глобл.		Код, наименование операции		Обозначение документа								
цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Пз.	Тшт.	
А01				XX	XX	XX	085	4196	Полировальная	ИОГ	XXX					
Б02				38	1337	3	Шлифовально-полировальный станок 3E881	1	18873	322	1	1	118	1		
О03				Полировать поверхность 21 в размер Ø35к6 ^{+0,015} _(+0,002) на длину 16.5 ± 0,215.												
Т04				396310 Патрон мембранный кулачковый; 392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79; 397130 Круг полировальный 300 30 76 25 АМ28 КВ												
Т05				ГОСТ 51967 – 2002; 394630 Прибор активен. Контр.БВ 6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80; 392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79												
А06				XX	XX	XX	090	0125	Моечная	ИОГ	XXX					
Б07				Х74306		Проходная моечная машина										
О08				Очистить поверхность детали												
А09				XX	XX	XX	095	0220	Контрольная	ИОГ	XXX					
Б10				Х92122		Контрольный стол										
О11				Контролировать 50% размеров детали												
МК																
															7	

Приложение Б

Операционные карты

Дубл.	Взам.	Подп.	ТГУ, Кафедра ОТМП			Червяк	020
Разраб. Герасимов Лебашкин				ВКР			Лист 1
Проверил							
Исполн.							

А (увел.ч.)

The drawing shows a worm gear with the following specifications:
 - Main diameter: $\phi 60_{-0,074}^{+0,074}$
 - Addendum diameter: $\phi 75_{-0,087}^{+0,025}$
 - Pitch diameter: $\phi 42_{-0,62}^{+0,62}$
 - Root diameter: $\phi 36_{-0,62}^{+0,62}$
 - Face width: $3 \pm 0,125$
 - Addendum: $R1$
 - Fillet radius: $R0,5$
 - Chamfer angle: 45°
 - Chamfer diameter: $\phi 36$
 - Lead-in chamfer: $0,5 \times 45^\circ$
 - Lead-in angle: $20 \pm 1^\circ$
 - Total length: $280 \pm 0,65$
 - Length to main diameter: $240 \pm 0,575$
 - Length to pitch diameter: $245 \pm 0,575$
 - Length to root diameter: $275 \pm 0,65$
 - Addendum length: 159^*
 - Surface finish: $Ra 5$

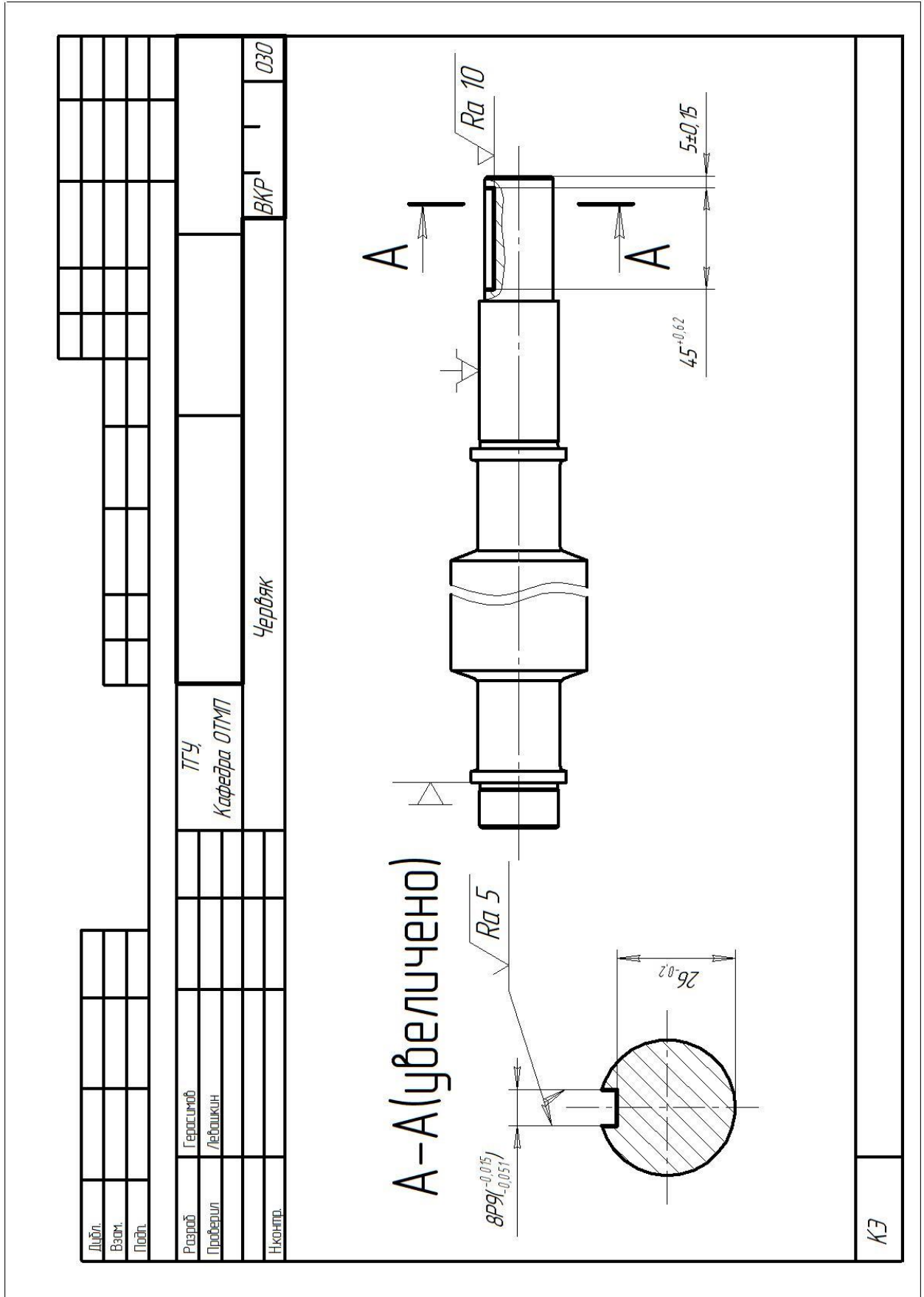
КЭ

Продолжение приложения Б

ГОСТ 3 118-92

Формат 1

		Цех				Уч.	Р.М.	Опер.	
Дробл.									
Взам.									
Полп.									
Резерв								Листов 1	Лист
Правделл									
Иконпр.								020	
Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Токарная чистовая с ЧПУ		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		166	3,0	φ60x320		5,53	1
Обработка инструмента ЧПУ		Обозначение программы	То	Тб	Твз	Тшп	СОХ		
Токарный с ЧПУ САМАТ-400ХС		-	0,77	0,59	10	1,36	5% Укринал		
P			0 или B	L	+	+	S	n	V
01			мм			мм	мм/об	об/мин	м/мин
02	1. Установить и снять заготовку								
03	396110.XXXX Патрон трехшлицевой; XXXXX.XXXX Упор откидной.								
04	Точить поверхность 21, выдерживая размер φ35,179 ^{+0,002} _{-0,087} ; выполнить фаску 1x45°;								
05	точить поверхность 20, выдерживая размеры 3±0,125, 45°, R1, R0,5; поверхность 19, выдерживая размер 300±0,65;								
06	точить поверхность 18, выдерживая размер φ42 ^{+0,062} ; поверхность 17, выдерживая размеры φ36 ^{+0,042} , R2;								
07	точить поверхность 16, выдерживая размер 20 ⁰ ±1°; точить поверхность 15, выдерживая размеры φ60 ^{+0,074} .								
08									
09		1	60	300	0,28	1	0,3	1250	165
10	392104.XXXX Резец контурный правый с пластиной T15K6; 392104.XXXX Резец контурный левый с пластиной T15K6;								
11	392104.XXXX Резец канавочный P6M5; 393111.XXXX ШЦ-II-350-01; 393120.XXXX12/ Калибр-скоба.								
12									
	OK								



Продолжение приложения Б

Дubl.		Взам.		Лист		Листов 1		Лист	
Резароб		Левашкин		Кафедра ОТМП		Червяк		Опер. 030	
Проверил									
Исполн.									
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД	
Фрезерная с ЧПУ		Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71		30		166		30	
Обработка, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То		Тб		Тшп	
Шпоночно-фрезерный 692Д		-		0,77		0,59		1,36	
P		ПМ		L		S		n	
01				мм		мм/об		об/мин	
02									
T		396110.XXXX Тиски гидрозажимные, XXXXXX.XXX Фреза концевая Т5К10, XXXXXX.XXXX(1) Калибр-пробка.							
03									
P		2. Фрезеровать шпоночный паз (поверхности 23,24,25), выдерживая размеры 8P9 ^{+0,015} _{-0,051} , 26 ^{+0,3} _{-0,2} , R4 ^{+0,3} _{-0,2} , 5±0,15, 45±0,31.							
04		1		8,0		45		4,0	
P								0,025	
05								1600	
06									
P									
T									
08									
P									
09									
T									
10									
P									
11									
12									
OK									