

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки)
Технология машиностроения
(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления штока привода силовой головки

Студент	<u>Самаркин А.А.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Гуляев В.А.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Виткалов В.Г.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Степаненко А.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Краснопевцева И.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Яценко Н.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

_____ Н.Ю. Логинов
(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления штока привода установки для обточки прутков

Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2017.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления штока привода силовой головки в условиях среднесерийного производства.

В результате выполнения работы было предложено следующее: разработка современной технологии изготовления детали, применимо к условиям среднесерийного типа производства; более совершенный метод получения заготовки из штамповки с точным расчетом припусков аналитическим методом; применение высокопроизводительного оборудования отечественного и импортного производства, например токарного T500 / 1000 фирмы RAIS, центрошлифовального ZS 2000 фирмы HEN-NINGER; применение современной оснастки, оснащенной гидро- и пневмоприводом; применение современного режущего инструмента.

Спроектирован патрон поводковый с центром с механизированным приводом для токарной операции. Спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами фирмы Mitutoyo. По результатам научных исследований предложено применение для режущего инструмента наноструктурированных износостойких вакуумно-плазменных покрытий.

ВКР содержит пояснительную записку в размере 86 страниц, содержащей 22 таблицы, 12 рисунков, и графическую часть, содержащую 7,5 листов.

ABSTRACT

Technological process of manufacturing the rod of the drive of the bar turning machine

Graduation qualification work (bachelor's work). Togliatti. Togliatti State University, 2017.

In the graduation work the issues of developing the technological process of manufacturing the actuator stem for the medium-series production are studied. The aim of the work is to improve the manufacturing process of this part. The key problems are studied in the first part of the work, then possible solutions are introduced.

As a result of the work, the following was proposed: development of modern technology for manufacturing parts, applicable to medium-series production; a more perfect method of obtaining a blank from punching with an accurate calculation of allowances by the analytical method; the use of high-performance equipment of domestic and imported production, for example, RAIS T500 / 1000 lathe machine, and Henninger centre-grinding machine ZS 2000, etc .; the use of modern equipment equipped with hydraulic and pneumatic drive; application of modern cutting tools;

A driver cartridge with a center with a mechanized drive for turning operations was designed. A device designed to control the radial and end-beats with Mitutoyo electronic indicators was developed. Based on the results of scientific research, the use of nanostructured wear-resistant vacuum-plasma coatings for cutting tools is proposed.

The graduation work contains an explanatory note in the amount of 86 pages, containing 22 tables, 12 figures, and a graphic part containing 7.5 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Описание исходных данных.....	6
2 Технологическая часть работы	12
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений	34
4 Научные исследования	41
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	53
6 Экономическая эффективность работы	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЯ	69

ВВЕДЕНИЕ

Одна из самых ключевых отраслей промышленности – это машиностроение. Эта отрасль показывает научно-технический уровень развития страны.

В данной отрасли, на предприятиях, занимающихся непосредственно производством продукции, а также на смежных предприятиях, трудится огромное число трудового населения.

Чтобы успешно развить предприятие, необходимы постоянные инвестиции в инновационное производство, модернизацию производственной базы, применение последних разработок в научной области.

Это дает колоссальный результат – наряду со снижением себестоимости готового продукта, повышении качества еще и возможна конкуренция с мировыми промышленными производствами.

Цель данной работы – разработка технологического процесса изготовления детали требуемого качества в установленном годовой программе количестве с минимальными затратами, с использованием последних достижений в области технологии машиностроения.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Данная деталь является штоком пневмоцилиндра и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи поступательного движения в узле привода силовой головки.

Узел, в состав которого входит данная деталь, приводится на рисунке 1.1

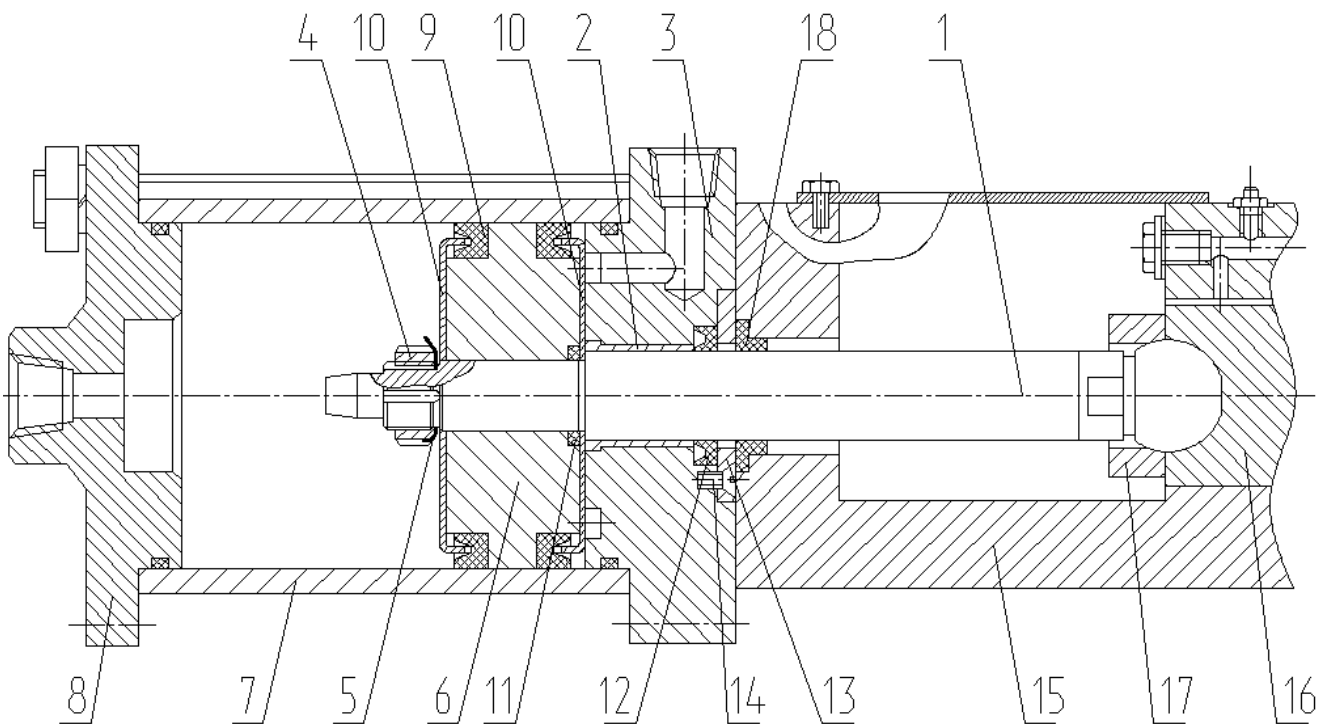


Рисунок 1.1 - Узел, в состав которого входит деталь

Шток 1 (рисунок 1.1) проходит через отверстие втулки 2, установленной в крышке 3 пневмоцилиндра. На конце штока 1 с помощью гайки 4, зафиксированной стопорной шайбой 5, установлен поршень 6. Поршень 6 установлен во втулке 7 пневмоцилиндра, с торцов которой установлены две

крышки 3 и 8, которые стянуты шпильками. На поршне 6 для уплотнения установлены две резиновые манжеты 9, которые фиксируются с помощью шайб 10 и кольцо 11. Для уплотнения в крышке 3 установлена манжета 12, которая фиксируется крышкой 13, которая винтом 14 крепится к крышке 3.

К крышке 3 крепится корпус 15, в котором установлен клин 16. Сферическая головка штока 1 устанавливается в отверстие клина 16 и крепится кольцом 17. В проточке корпуса 15 для уплотнения штока 1 установлена манжета 18.

1.1.2 Анализ материала детали

Материал штока: сталь 40Х по ГОСТ 4543-71.

Характеристики стали 40Х по ГОСТ 4543-71 представлены в таблицах 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 40Х по ГОСТ 4543-71

В процентах

Химический элемент	Обозначение	Процент
Углерод	C	0,36-0,44
Сера	S	0,035, не более
Фосфор	P	0,035, не более
Медь	Cu	0,3, не более
Кремний	Si	0.17-0.37
Молибден	Mo	0,5-0,80
Хром	Cr	0,8-1,2
Кремний	Si	0.17-0.37

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 40Х по ГОСТ 4543-71

Состояние поставки	σ_T	σ_B	δ_5	ψ	КСУ	НВ
	МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	Не более
Пруток	780	980	10	45	59	217
Поковка	360	785	16	40	50	217

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Произведем нумерацию всех поверхностей детали в зависимости от их служебного назначения. Результаты приводим на рисунке 1.2.

Классифицируем поверхности детали:

- исполнительными являются поверхности 17;
- основными конструкторскими базами является поверхности 13;
- вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 3,6,10,12, 13,21;
- свободными поверхностями являются все остальные поверхности

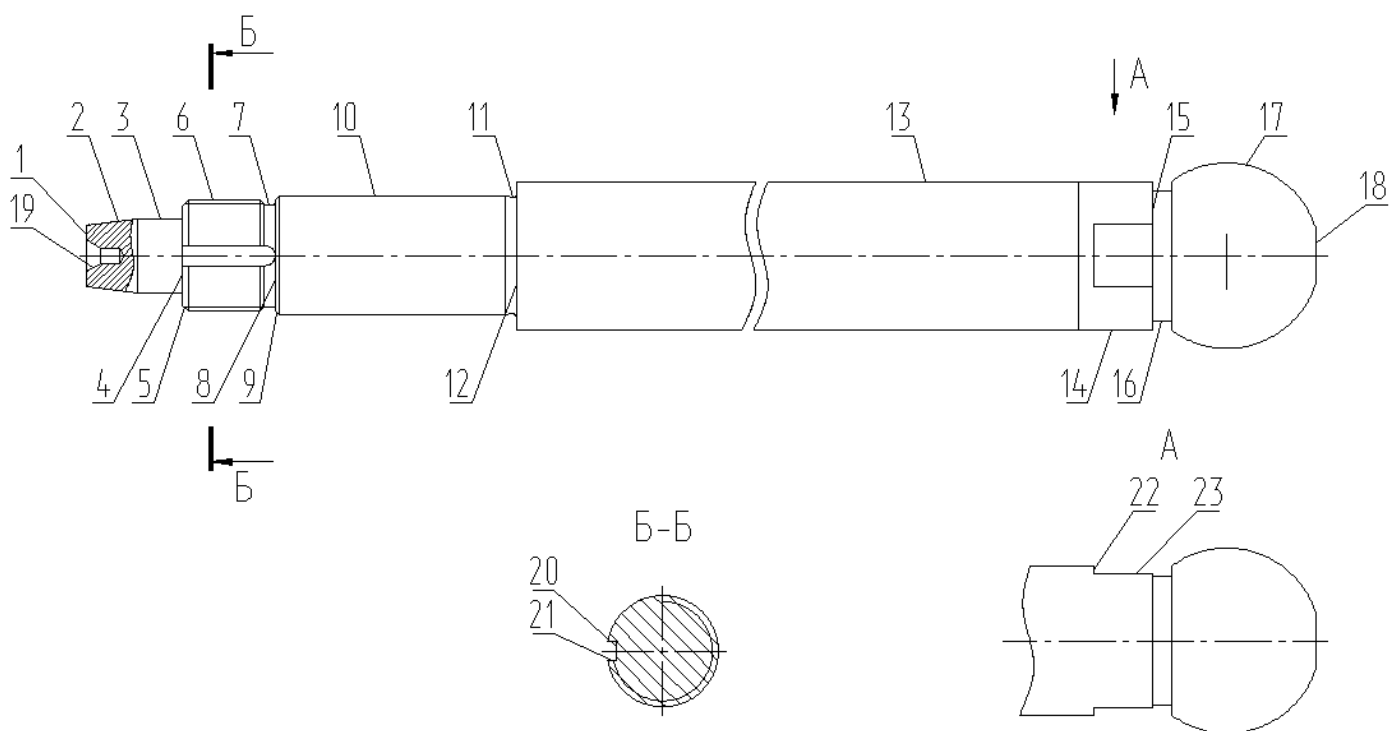


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Исходя из конструкции рассматриваемой детали и ее материала, в качестве заготовки возможно применение проката или штамповки, выбирается далее на основании экономического расчета. Деталь такая, что получается данными

методами без существенных проблем.

Чертеж детали выполнен по всем стандартам, все данные для ее изготовления есть.

На чертеже детали «Шток» присутствует вся необходимая для ее изготовления информация.

Деталь может быть обработана по типовому техпроцессу. Все поверхности имеют удобный доступ для обработки.

Параметры точности, шероховатости, биения нормально обеспечиваются на обычном оборудовании и соответствуют назначению детали.

Доступ к местам обработки и контроля свободный.

Анализируя эти данные, делаем вывод, что конструкция штока является технологичной.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Базовая технология представлена в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Характеристика базового техпроцесса

Операция Номер, наименов. оп.	Средства технического оснащения			Тшт, мин
	Оборудование	Приспособление	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5
Оп005- Заготовительная				
Оп010-Токарная черновая	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной, тв. сплав Т5К10 Резец подрезной, тв. сплав Т5К10 Сверло центровочное, быстрореж. сталь Р6М5	12
Оп015-Токарная чистовая	16К20	Патрон поводковый с центром	Резец проходной тв. сплав Т15К6 Резец подрезной тв. сплав Т15К6 Резец резьбовой тв. сплав Т15К6	14

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5
Оп020-Кругло-лифовальная	3М151	Патрон поводковый с центром. Центр упорный.	Шлифовальный круг	8
Оп025-Фрезерная	6Р11	Тиски	Фреза шпоночная, быстрореж. сталь Р6М5 Фреза концевая, быстрореж. сталь Р6М5	4
Оп030-Слесарная			Шлиф-шкурка, напильник	4
Оп035-Моечная	КММ			0,5
Оп040-Контрольная				
Оп045-Термическая				
Оп050-Токарная	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Сверло центровочное, быстрореж. сталь Р6М5	2
Оп055-Кругло-лифовальная	3М151	Патрон поводковый с центром. Центр упорный.	Шлифовальный круг	9
Оп060-Полировальная	16К20	Патрон поводковый с центром. Центр упорный.	Шлиф-шкурка	12
Оп065-Моечная	КММ			0,5
Оп070-Контрольная				

1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса

Опишем основными недостатками базового техпроцесса:

- заготовка – прокат с большим припуском;
- на токарных операциях неоптимальные режимы резания, большой припуск, большое штучное время;
- оборудование – универсальные низкопроизводительные станки;
- универсальный инструмент с низкой производительностью.
- оснастка не оптимальна – универсальная, с ручным зажимом.

Произведем описание основных задач бакалаврской работы и методом совершенствования технологии:

- рассчитаем припуск на обработку аналитическим методом и спроектировать заготовку с минимальными припусками;
- применим для проектного техпроцесса наиболее оптимальных высокопроизводительных станков, в основном с ЧПУ или полуавтоматы;
- применим современный инструмент;
- выберем современную механизированную и автоматизированную технологическую оснастку;
- спроектируем приспособление для токарной операции;
- спроектируем контрольное приспособление;
- проведем анализ ТП с точки зрения безопасности и экологичности;
- произведем расчет экономического эффекта.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Для разных типов производства существуют разные подходы к дальнейшей разработке техпроцесса.

Согласно рекомендациям [9] исходя из массы детали 3,4 кг, принимая во внимание годовую программу выпуска $N_r = 10000$ шт./год, при этом тип производства принимаем как среднесерийный.

2.2 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

2.2.1 Выбор метода получения заготовки

В качестве заготовки для детали можно выбрать:

- а) штамповку;
- б) прокат.

Определим параметры исходных заготовок:

Масса штампованной заготовки $M_{шт.}$, кг, приблизительно равна:

$$M_{шт.} = M_{дет.} \cdot K_p, \quad (2.1)$$

где $M_{дет.}$ – масса готовой детали, кг;

K_p – коэффициент формы детали, устанавливается по [11, с. 23], $K_p = 1.3$.

$$M_{шт.} = 3.4 \cdot 1.3 = 4.42 \text{ кг}$$

Параметры заготовки будем принимать по ГОСТ 7505-89 [8]:

Оборудование для штамповки - КГШП, нагревать заготовку будем с помощью индукционных нагревателей, принимаем класс точности заготовки Т4 [8, с.28], принимаем группу стали как М2 [8, с.8], принимаем степень сложности заготовки как С1 [8, с. 29].

Массу заготовки из проката $M_{пр.}$ будем определять согласно формуле:

$$M_{\text{пр.}} = V_{\text{пр.}} \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где $V_{\text{пр.}}$ – объем данного проката, мм^3 ;

ρ - плотность материала заготовки из проката, $\text{кг}/\text{мм}^3$.

Так как форма заготовки, принимаемая для изготовления из сортового проката для детали типа тела вращения - цилиндр, у него диаметр $d_{\text{пр.}}$, мм и его длина $l_{\text{пр.}}$, мм будет равна:

$$d_{\text{пр.}} = d_{\text{д.}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (2.3)$$

$$l_{\text{пр.}} = l_{\text{д.}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (2.4)$$

где $d_{\text{д.}}^{\text{max}}$ – диаметр детали, мм;

$l_{\text{д.}}^{\text{max}}$ – длина детали, мм.

$$d_{\text{пр.}} = 50 \cdot 1,05 = 52,5 \text{ мм}$$

$$l_{\text{пр.}} = 400 \cdot 1,05 = 408,0 \text{ мм}$$

По этим данным по ГОСТ стандартное значение будет равно: $d_{\text{пр.}} = 53 \text{ мм}$.

$$l_{\text{пр.}} = 408 \text{ мм}.$$

Произведем определение объема элементов заготовок V , мм^3 формы цилиндра как:

$$V_{\text{ц.}} = \pi \cdot d_{\text{пр.}}^2 \cdot l_{\text{пр.}} / 4 \quad (2.5)$$

$$V_{\text{ц.}} = 3,14 \cdot 53^2 \cdot 408 / 4 = 899667 \text{ мм}^3$$

$$M_{\text{пр.}} = 899667 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 7,06 \text{ кг}$$

В результате произведем выбор размер горячекатаного проката по ГОСТ 2590-2006, точность – обычная В1:

$$\text{Круг} \frac{53 - \text{В1} - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{40\text{X} - \text{ГОСТ } 4543 - 71}$$

2.2.2 Технико-экономический расчет выбора варианта заготовки

Цену детали, полученной из заготовки будем определять согласно формуле [11, с. 24]:

$$C_{\text{дет.}} = C_{\text{заг.}} + C_{\text{мо.}} - C_{\text{отх.}}, \quad (2.6)$$

где $C_{\text{заг.}}$ – базовая цена принятого варианта заготовки, руб.;

$C_{\text{мо.}}$ – цена последующей мех обработки, руб.;

$C_{\text{отх.}}$ – цена отходов при мех обработке, руб.

2.2.2.1 Расчет варианта горячей штамповки

Цену штампованной заготовки будем определять по формуле:

$$C_{\text{заг.штамп}} = C_{\text{баз.}} \cdot M_{\text{шт.}} \cdot K_{\text{т.}} \cdot K_{\text{сл.}} \cdot K_{\text{в.}} \cdot K_{\text{м.}} \cdot K_{\text{п.}}, \quad (2.7)$$

где $C_{\text{баз.}}$ – цена 1 т штампа заготовок, принятая за базу, руб./кг, $C_{\text{б.}} = 11,2$ руб./кг [8, с. 23];

$M_{\text{шт.}}$ – предварительно рассчитанная масса штамповки, кг;

$K_{\text{т.}}$ – данный коэффициент определяется от класса точности штамповки (Т4),

$K_{\text{т.}} = 1.0$ [11, с. 24];

$K_{\text{сл.}}$ – данный коэффициент определяется от степени сложности штамповки (С1), $K_{\text{сл.}} = 0.77$ [11, с. 24];

$K_{\text{в.}}$ – данный коэффициент зависит от диапазона масс, в который входит масса заготовки, $K_{\text{в.}} = 0.89$ [11, с. 24];

$K_{\text{м.}}$ – данный коэффициент зависит от металла заготовки, для стали 40Х принимаем $K_{\text{м.}} = 1.18$ [11, с. 24];

$K_{\text{п.}}$ – данный коэффициент определяет выбранный среднесерийный тип производства, $K_{\text{п.}} = 1.0$ [11, с. 24].

$$C_{\text{заг.штамп}} = 11,2 \cdot 4.42 \cdot 1.0 \cdot 0.77 \cdot 0.89 \cdot 1.18 \cdot 1.0 = 40.03 \text{ руб.}$$

Произведем определение цены мех обработки штампованной заготовки $C_{\text{м.о.}}$, руб., по формуле:

$$C_{\text{м.о.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \cdot C_{\text{уд.}}, \quad (2.8)$$

где $C_{\text{уд.}}$ – удельная стоимость съема 1 кг материала, руб./кг.

Удельная стоимость мех обработки резанием $C_{\text{уд.}}$, руб. равна:

$$C_{\text{уд.}} = C_{\text{с.}} + E_{\text{н.}} \cdot C_{\text{к.}}, \quad (2.9)$$

где $C_{\text{с.}}$ – общие финансовые траты, руб./кг, $C_{\text{с.}} = 14,8$ руб./кг [11, с. 25];

$C_{\text{к.}}$ – капит. финансовые траты, руб./кг, $C_{\text{к.}} = 32,5$ руб./кг

$E_{\text{н.}}$ – показатель норм эффективности ($E = 0,1 \dots 0,2$). Принимает $E_{\text{н.}} = 0,16$.

$$C_{\text{мо.}} = (4.42 - 3.4) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 20.40 \text{ руб.}$$

Цену отходов $C_{\text{отх.}}$, руб., будем определять как

$$C_{\text{отх.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \cdot \Pi_{\text{отх.}}, \quad (2.10)$$

где $\Pi_{\text{отх.}}$ – продажная возвратная цена отходов, руб./кг.

Принимаем эту цену $\Pi_{\text{отх.}} = 0.4$ руб./кг [11, с. 25]

$$C_{\text{отх.}} = (4.42 - 3.4) \cdot 0.4 = 0.41 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{дет.}} = 40.03 + 20.40 - 0.41 = 60.02 \text{ руб.}$$

2.2.2.2 Расчет варианта заготовки, полученной из проката

Цену заготовки, которая получается из сортового проката будем определять по формуле [11, с. 26]

$$C_{\text{пр.}} = C_{\text{м.пр.}} \cdot M_{\text{пр.}} + C_{\text{отрз.}}, \quad (2.11)$$

где $C_{\text{м.пр.}}$ – стоимость металла 1 кг проката в руб./кг; $C_{\text{м.пр.}} = 14$ руб./кг

$C_{\text{отрз.}}$ – стоимость реза проката на мерные заготовки, руб.

$$C_{\text{отрз.}} = \frac{C_{\text{пз.}} \cdot T_{\text{шт.}}}{60}, \quad (2.12)$$

где $C_{пз.}$ – затраты для отрезного станка, руб./ч; $C_{пз.} = 30,2$ руб./ч [11, с. 26];

Выполним расчет $T_{штуч.}$, мин:

$$T_{штуч.} = T_o \cdot \varphi_k, \quad (2.13)$$

где T_o – время обработки основное (машинное), мин;

φ_k – параметр, учитывающий вид оборудования, принимается $\varphi_k = 1,5$.

Основное машинное время для отрезных станков T_o , мин:

$$T_{осн.} = 0,19 \cdot d_{пр.}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где $d_{пр.}$ – размер прутка, мм.

$$T_{осн.} = 0,19 \cdot 53^2 \cdot 10^{-3} = 0.53 \text{ мин}$$

$$T_{штуч.} = 0.53 \cdot 1,5 = 0.80 \text{ мин}$$

$$C_{отрз.} = 30,2 \cdot 0.80 / 60 = 0.40 \text{ руб.}$$

$$C_{пр.} = C_{м.пр.} \cdot M_{пр.} + C_{оз.} = 12 \cdot 7.06 + 0.40 = 85.15 \text{ руб.}$$

Цена мех обработки при этом будет равна:

$$C_{мо.} = (M_{пр.} - M_{дет.}) \cdot C_{уд.} = (7.06 - 3.40) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 73.25 \text{ руб.}$$

Цена отходов при этом будет составлять:

$$C_{отх.} = (7.06 - 3.40) \cdot 0.40 = 1.46 \text{ руб.}$$

$$C_{дет.} = C_{пр.} + C_{мо.} - C_{отх.} = 85.15 + 73.25 - 1.46 = 156.93 \text{ руб.}$$

2.2.3 Сопоставление двух вариантов заготовок

Произведем расчет параметра коэффициента использования металла $K_{и.м.}$, который будет равен [11, с. 28]:

$$K_{и.м.} = M_{дет.} / M_{заз.} \quad (2.15)$$

Тогда при заготовке штамповки: $K_{и.м.} = 3.40 / 4.42 = 0.77$

При заготовке из проката: $K_{и.м.} = 3.40 / 7.06 = 0.48$

Сравнив себестоимости заготовок и $K_{и.м.}$, делаем вывод о том, что

оптимальный вариант получения заготовки – штамповка.

Экономический эффект, $\mathcal{E}_{\text{год}}$, руб., приведенный к годовой программе выпуска, будет равен:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{д.про}} - C_{\text{д.што}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (2.16)$$

где $N_{\text{год}} = 10000$ шт/год - программа производства детали в год.

Подставив имеющиеся данные в формулу (2.16), получим:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (156.93 - 60.02) \cdot 10000 = 969106 \text{ руб.}$$

2.3 Техничко-экономическое обоснование выбора методов обработки поверхностей

Анализируя конструкцию детали, ее точность и шероховатость, произведем определение маршрута обработки ее поверхностей.

Произведем определение способа и вида технологической обработки по каждой из поверхностей детали согласно источникам [5] и [11, с. 32-34].

Произведем назначение промежуточные способов обработки - технологических переходов. Произведем определение показателя трудоемкости на основании [8, с. 32-34]. Определим коэффициент трудоемкости.

Также используем литературу зарубежных авторов: [19] – руководство по современным технологиям обработки материалов – для токарных и сверлильных работ, [21] – технологии механической обработки, [22] – технологии шлифования и отделки

По результатам выбора маршрутов обработки заполним таблицу 2.1.

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер обрабатываемой поверхности	IT	Ra, мкм	Маршруты обработки
1	2	3	4
1, 18	14	6,3	П+ТО
19	8	1,6	Ц+ТО+Шч
4, 5, 7, 8, 9, 11	14	6,3	Т+Тч+ТО

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
2,3	10	2,5	T+Tч+ТО
17	10	3,2	T+Tч+ТО
15, 16	14	6,3	Tч+ТО
6	6g	6,3	T+Tч+Рез+ТО
14	11	1,25	T+Tч+Ш+ТО
10	6	1,25	T+Tч+Ш+ТО+Шч
12	8	2,5	
13	7	0,32	T+Tч+Ш+ТО+Шч+П
20, 21, 22, 23	14	6,3	Ф+ТО
П- подрезка, Ц- центрование, Т- обтачивание черновое, Тч- обтачивание чистовое, Р- резбонарезание, Ф-фрезерование, Ш- шлифование черновое, Шч- шлифование чистовое, П- полирование, То- термообработка			

2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

2.4.1 Определение припусков на обработку и операционных размеров

Выполним расчетно-аналитический расчет на одну из поверхностей - поверхность $\varnothing 32g6 \left(\begin{matrix} 0.009 \\ 0.025 \end{matrix} \right)$

Методика расчета припусков представлена в источниках [3, с. 66] и [6, с. 69].

Внося исходные данные величину микронеровностей Rz и глубину дефектного слоя h, рассчитав суммарные отклонения расположения ρ_0 , определив погрешности установки $\epsilon_{уст}$, мм, вносим эти данные в графы «элементы припуска» таблицы 2.2

По этим данным выполним расчет минимального припуска $2Z_{min}$, мм.

Вносим данные операционных допусков по переходам.

По этим исходным данным определяются величины промежуточных расчетных размеров d_{min}^{i-1} и d_{max}^i

Определим максимальные припуски $2Z_{max}$, мм, и минимальные припуски $2Z_{min}$.

Расчет выполним в программе Microsoft Excel, результаты расчета приводим в таблице 2.2

Таблица 2.2- Расчет припуска

Размеры в миллиметрах

Техноло. переход	Составляющие припуска, мм				2Z min	допуск Td/IT	Размеры предельные, мм		Припуски предельные, мм	
	Rz ⁱ⁻¹	h ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹			d' max	d' min	2Z max	2Z min
	1 пер: Штамповать	0.200	0.200	0.918			-	-	2 T3	37.461
2 пер: Точить начерно	0.050	0.050	0.055	0.500	2.891	0.390 I3	32.960	32.570	4.501	2.891
3 пер: Точить начисто	0.025	0.025	0.037	0.030	0.325	0.100 h10	32.345	32.245	0.615	0.325
4 пер: Шлифовать начерно	0.010	0.015	0.018	0.020	0.184	0.039 h8	32.100	32.061	0.245	0.184
5 пер: Шлифовать начисто	0.005	0.010	0.009	0	0.086	0.016 g6	31.991	31.975	0.109	0.086

По результатам расчетов строим схему, на которой указываем расположение припусков, допусков, операционных размеров. Данные представлены на рисунке 2.1.

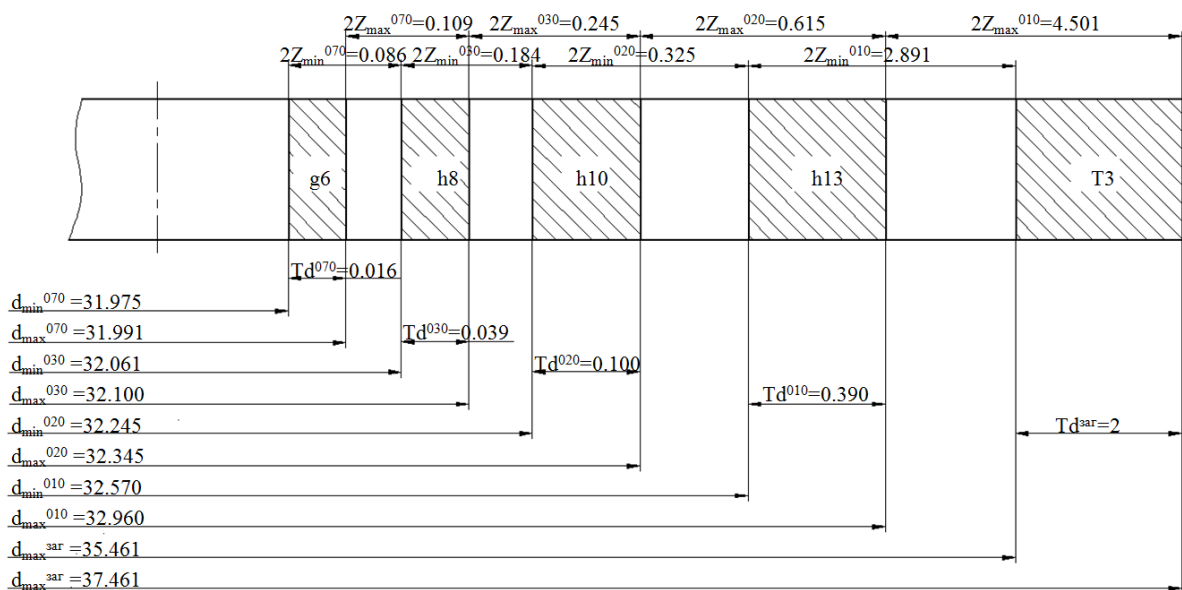


Рисунок 2.1 – Результаты расчетов на шейку $\varnothing 32g6$ $\left(\begin{smallmatrix} +0.009 \\ -0.025 \end{smallmatrix} \right)$

2.4.2 Расчет промежуточных припусков на обработку с помощью табличного метода

Выполним расчет и определение промежуточные припуски на промежуточную обработку всех поверхностей детали табличным методом по источнику [14, с. 191]. Сведем результаты в таблицу 2.7.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку поверхностей штока

Номер, наименование операции, номера обрабатываемых поверхностей	Припуск, определяемый на сторону, мм
Оп005-Центровально-подрезная – 1,18	2,0
Оп010-Токарная черновая – 2,3,4,6,8,10,12,13	1,7
Оп015-Токарная черновая – 17	1,7
Оп020-Токарная чистовая – 2-13	0,35
Оп025-Токарная чистовая – 17	0,35
Оп030-Круглошлифовальная черновая – 10,12,13,14	0,15
Оп070-Круглошлифовальная чистовая – 10,12,13	0,1
Оп075-Полировальная – 13	0,01

2.4.3 Проектирование и расчет штампованной заготовки

Проектирование выполнено в соответствии по ГОСТ 7505-89.

Принимаем оборудование для штамповки: КГШП, принимаем индукционный способ нагрев заготовки.

Принимаем для нашей заготовки: параметр класса точности штамповки – Т4, параметр группы стали – М2, параметр, характеризующий степень сложности – С1, плоскость разъема штампа соответствует конфигурации - П (плоская), при этом исходный индекс будет - 12.

Допуски заготовки принимаем по [5, с. 17].

Примем штамповочный уклон на поверхностях заготовки - не более 5°

Радиусы закругления наружных углов – 2,5 мм, величина остаточного облоя – 0,9 мм, смещение плоскости разъема штампов – 0,7 мм, заусенец по контуру – 3,0 мм, шероховатость – Ra 40 мкм

Эскиз штампованной заготовки приводим на рисунке 2.2

При расчете объема цилиндрические элементы штамповки будем определять по формуле (2.5).

$$V = 3,14/4 \cdot (24^2 \cdot 26 + 34^2 \cdot 25 + 36,4^2 \cdot 64,8 + 44,2^2 \cdot 245,2 + 49,1^2 \cdot 11,8 + 54^2 \cdot 16 + 38,8^2 \cdot 15,2) = 554800 \text{ мм}^3$$

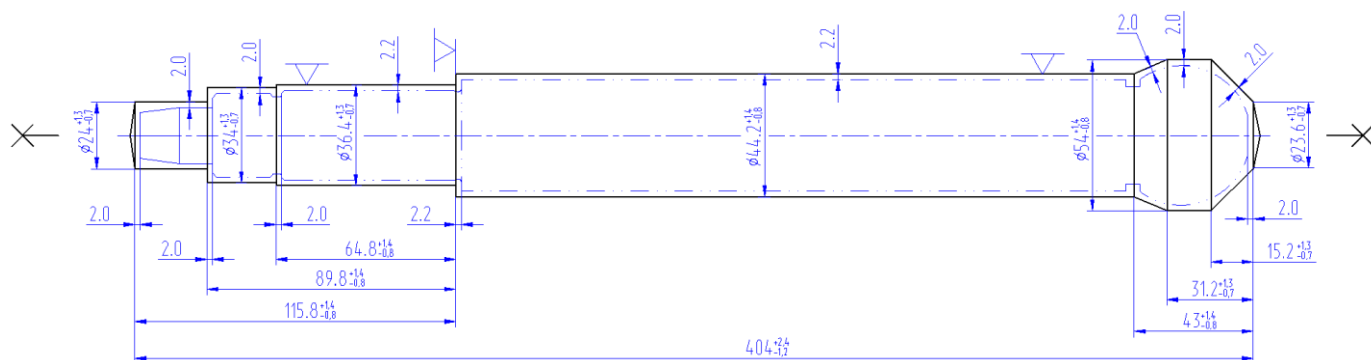


Рисунок 2.2 – Эскиз заготовки

Произведем определение массы штампованной заготовки $M_{\text{зш.}}$, кг по формуле (2.2)

$$M_{\text{зш.}} = V \cdot \gamma = 554800 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,35 \text{ кг}$$

При этом уточняем коэффициент использования материала на рассчитанную заготовку согласно формулы (2.15)

$$\text{КИМ} = 3,4 / 4,35 = 0,78$$

2.5 Разработка технологического маршрута

2.5.1 Разработка схем базирования

Произведем выбор поверхностей для установки заготовки в процессе ее обработки.

Схемы базирования приводим в плане обработки, в графической части данного проекта.

Также номера базовых поверхностей приведены в таблице 2.5

2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Результаты выбора технологического маршрута изготовления детали представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки детали.

№ операции, наименование	№ базовых поверхностей	№ обрабатываемой поверхности	IT	Ra, мкм	Оборудование
000 Заготовительная			16	40	КГШП
Оп005-Центровально- подрезная	10,12,13	1,18 19	13 10	6,3 6,3	2A923
Оп010-Токарная черновая	18,19	2,3,4,6,8,10,12,13	13	12,5	RAIS T500/1000
Оп015-Токарная черновая	1,19	17	13	12,5	RAIS T500/1000
Оп020-Токарная чистовая	18,19	2,3 4,5,7-13 6	10 10 6g	3,2 6,3 6,3	RAIS T500/1000
Оп025-Токарная чистовая	1,19	17	10	3,2	RAIS T500/1000
Оп030- Круглошлифовальная черновая	18,19	13,14 10 12	8 8 9	1,25 1,6 2,5	ОШ- 660.1Ф2-02
Оп035-Фрезерная	1,19	20-23	13	6,3	ГФ5171М
Оп040- Слесарная					4407
Оп045- Моечная					КММ
Оп050-Контрольная					
Оп055-Термическая (закалка, хромирование)					
Оп060-Правильная					ПГ-1000
Оп065- Центрошлифовальная	10,12,13	19	7	1,6	ZS 2000
Оп070- Круглошлифовальная чистовая	18,19	13 10 12	7 6 8	0,63 1,25 2,5	ОШ- 660.1Ф2-02
Оп075-Полировальная	18,19	13	-	0,32	ЗБ890М
Оп080-Моечная					КММ
Оп085-Контрольная					

2.5.3 План обработки детали

На основании предыдущих расчетов произведем разработку плана обработки детали, где указывается основная информация, полученная в результате расчетов: перечень операций, эскиз обработки, промежуточные допуски размеров на обработку по операциям.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

2.6.1 Выбор оборудования

Произведем выбор оборудования. Результаты выбора станков представлены в таблице 2.5

2.6.2 Выбор средств технологического оснащения

Произведем выбор технологической оснастки – приспособлений, режущего инструмента и средств измерения. Результаты выбора технологической оснастки приведены в таблице 2.5.

Выбор оборудования и приспособления производим на основании [15], лезвийного инструмента на основании [15], абразивного – на основании [22] и [23], выбор СОЖ – на основании [20]

Таблица 2.5 - Выбор оборудования и СТО

№ оп., наименование	Оборудование	Технологическая оснастка		
		Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
1	2	3	4	5
Оп005- Центровально- подрезная	Центровально- подрезной п/а 2А923	СНП с самоцентрир. призмами и пневмоприводом по ГОСТ 12195-66	Пластина для подрезки по ГОСТ 19052-80 Т5К10. Сверло центров.е Ø3,15 тип А по ГОСТ 14952-75 Р6М5, покрытие Ti-TiN-TiNCO	Калибр-пробка по ГОСТ 14827- 69 Шаблон по ГОСТ 2534-79
Оп010, Оп015- Токарная черновая	Токарно- винторезный станок с ЧПУ RAIS Т500/1000	Патрон поводков. с центром по ГОСТ 2571-71 Центр ГОСТ 8742- 75. Люнет	Резец-вставка. Пластина 3х гран., Т5К10 $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83	Калибр-скоба по ГОСТ 18355- 73 Шаблон по ГОСТ 2534-79
Оп020, Оп 025- Токарная чистовая	Токарно- винторезный станок с ЧПУ RAIS Т500/1000	Патрон поводков. с центром по ГОСТ 2571-71 Центр вращающ. тип А по ГОСТ 8742-75. Люнет	Резец-вставка. Пластина ромбич., Т15К6 $\varphi=93^\circ$, φ_1 $=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83	Калибр-скоба по ГОСТ 18355- 73 Шаблон по ГОСТ 2534-79

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
Оп030- Круглошлифо вальная черновая	Универсальн ый круглошлиф овальный с ЧПУ ОШ- 660.1Ф2-02	Патрон поводков. с центром по ГОСТ 2571-71 Центр упорн. по ГОСТ 18259-72 Люнет	Шлиф.круг 1 450x30x203 91А F46 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. по ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба по ГОСТ 18355-73 Шаблон по ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
Оп035- Фрезерная	Вертикально -фрезерный станок с ЧПУ ГФ5171М	Приспособл. спец. поворотное с самоцентр. призмами и пневмоприводом по ГОСТ 12195-66	Фреза шпоночная Ø5,3 по ГОСТ 9140-78 P6M5K5, покрыт. Ti-TiN-TiNCO-TiCO Фреза концевая Ø18 Z=6 по ГОСТ 17025-71 P6M5K5, покрыт. Ti-TiN-TiNCO-TiCO	Шаблон по ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка по ГОСТ14827- 69
Оп040- Слесарная	Электрохими ич. станок для снятия заусенцев 4407			
Оп045, Оп080- Моечная	Камерная моечн. машина			
Оп060- Правильная	Пресс ПГ- 1000			
Оп065- Центрошлифо вальная	Горизонтал. двухсторон. станок для ш лифовки центров с ЧПУ ZS 2000 ф. HEN- NINGER	СНП с призмами и пневмоприв. по ГОСТ 12195-66	Шлиф. головка EW10x15 91А F60 М 7 V А 20 м/с по ГОСТ 2447-82.	Шаблон по ГОСТ 2534-73 Приспособление контрольное с индикатором
Оп070- Круглошлифо вальная чистовая	Универсальн ый круглошлиф овальный с ЧПУ ОШ- 660.1Ф2-02	Патрон поводков. с центром по ГОСТ 2571-71 Центр упорн. по ГОСТ 18259-72 Люнет	Шлиф. круг 1 450x30x203 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. по ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба по ГОСТ 18355-73 Шаблон по ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
Оп075- Полировальна я	Ленточно- полировальн ый станок ЗБ890М	Патрон поводков. с центром по ГОСТ 2571-71 Центр упорн. по ГОСТ 18259-72	Лента Паста полировальная	Калибр-скоба по ГОСТ 18355-73 Шаблон по ГОСТ 2534-79 Профилограф

2.7.1 Определение режимов резания с помощью аналитического расчета

Произведем расчет режимов резания на 010 токарную операцию по эмпирическим формулам, т. е. аналитическим методом.

2.5.2.1 Содержание операции

Оп010-Токарная (черновая):

Черновое точение поверхностей с выдержкой размеров: $7^{\circ} \pm 30'$; $\varnothing 20,7_{-0,33}$; $\varnothing 30,7_{-0,33}$; $\varnothing 33,1_{-0,39}$; $\varnothing 40,8_{-0,39}$; $32,55 \pm 0,2$; $278,8 \pm 0,4$; $343,55 \pm 0,45$; $368,55 \pm 0,45$; $380,55 \pm 0,45$

2.5.2.2 Применяемый режущий инструмент

Резец-вставка ($h=25$, $b=25$, $L=125$) с 3-х гранной режущей пластиной, T15K6 $\varphi=97^{\circ}$

2.5.2.3 Применяемое оборудование

Токарный с ЧПУ RAIS T500/1000

2.5.2.4 Определение режимов резания

Припуск на обработку:

$t = 1,7$ мм

Подача на оборот заготовки S , мм/об:

$S = 0.5$ мм/об [15, с.268].

Произведем определение расчётной скорости резания V , м/мин:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.17)$$

где C_U – параметр зависимости от условий точения; $C_U = 350$ [15, с.270];

T – норматив времени работы инструментального материала между перетачиванием, мин; $T = 60$ мин;

t – припуск на обработку, мм;

m, x, y - показатели степеней зависимостей: $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35$, [15, с.270];

K_U – параметр фактической обработки [15,с.282], определяется по формуле;

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.18)$$

где K_{MU} - коэффициент, который определяется в зависимости от качества обрабатываемого материала [15, с.261], определяем по формуле (2.29);

$K_{ПУ}$ - коэффициент, который определяется в зависимости от состояние поверхностей обрабатываемой заготовки; $K_{ПУ} = 1.0$ [15, с.263];

$K_{ИУ}$ - коэффициент, который определяется в зависимости от инструментального материала; $K_{ИУ} = 1,0$ [15, с.263];

$$K_{MU} = K_{Г} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_U}, \quad (2.19)$$

где $K_{Г}$ - показатель характеристики материала по его обрабатываемости; $K_{Г} = 1.0$ [15,с.262];

σ_B – значение предела прочности у стали;

n_U – коэффициент, $n_U = 1.0$ [15,с.262].

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{785}\right)^{1,0} = 0,95.$$

$$K_U = 0,95 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 0,62.$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,62 = 112,6 \text{ м/мин.}$$

Произведем определение частоты вращения шпинделя станка, n , мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

$$\text{Ø}20,7: n_1 = \frac{1000 \cdot 112,6}{3,14 \cdot 20,7} = 1732 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Ø}30,7: n_2 = \frac{1000 \cdot 112,6}{3,14 \cdot 30,7} = 1168 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Ø}33,1: n_3 = \frac{1000 \cdot 112,6}{3,14 \cdot 33,1} = 1083 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Ø}40,8: n_4 = \frac{1000 \cdot 112,6}{3,14 \cdot 40,8} = 878 \text{ мин}^{-1}.$$

Произведем корректирование частоты вращения шпинделя, исходя из паспортных данных станка.

$$n_1 = 1600 \text{ мин}^{-1}; n_2 = 1000 \text{ мин}^{-1}; n_3 = 1000 \text{ мин}^{-1}; n_4 = 800 \text{ мин}^{-1}$$

Выполним пересчет скорости V , м/мин:

$$\text{Ø}20,7: V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20,7 \cdot 1600}{1000} = 104,0 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Ø}30,7: V_2 = \frac{3,14 \cdot 30,7 \cdot 1000}{1000} = 96,4 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Ø}33,1: V_3 = \frac{3,14 \cdot 33,1 \cdot 1000}{1000} = 103,9 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Ø}40,8: V_4 = \frac{3,14 \cdot 40,8 \cdot 800}{1000} = 102,5 \text{ м/мин.}$$

Расчёт сил резания

Произведем определение главной составляющей силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.21)$$

где C_p - коэффициент зависимости параметров обработки на силы резания; $C_p = 300$ [15,с.273];

x, y, n - коэффициенты показателей степени; $x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ [15,с.273];

K_p - коэффициент зависимости от обрабатываемой стали и характеристик инструмента, рассчитывается по формуле:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{gp} \quad (2.22)$$

K_{MP} - коэффициент, который определяется в зависимости от качества

обрабатываемого материала [15,с.264], определяем по формуле:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (2.23)$$

где σ_B - значение предела прочности материала;

n - коэффициент; $n = 0.75$ [15,с.264].

$$K_{MP} = \left(\frac{785}{750}\right)^{0.75} = 1.03;$$

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{r p}$ - показатели учитывают геометрию режущих пластин:

$K_{\phi p}=0,89; K_{\gamma p}=1,0; K_{\lambda p}=1,0; K_{r p} = 0,93$ [15, с.275];

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 103,9^{-0,15} \cdot 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1385 \text{ Н.}$$

Мощность резания N , кВт вычисляем по следующей формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1385 \cdot 104,2}{1020 \cdot 60} = 2,35 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Выполним проверку по мощности электродвигателя привода станка:

$$N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт}; \quad 2,35 < 8, \text{ т. е. по мощности привода станок проходит.}$$

2.5.3 Определение режимов резания с помощью табличного метода

Произведем определение режимов резания с помощью табличного метода по источнику [1]. Расчет будем производить на 070 круглошлифовальную операцию.

2.5.3.1 Содержание операции

070-Круглошлифовальная чистовая:

Чистовое шлифование поверхностей с выдержкой размеров: $\varnothing 32g6; \varnothing 40f7;$
 $278,2 \pm 0,1$

2.5.3.3 Применяемый режущий инструмент

Принимаем Шлиф.круг 1 450x30x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. по ГОСТ Р 52781-2007

2.5.3.2 Применяемое оборудование

На данной операции используется универсальный круглошлифовальный с ЧПУ ОШ-660.1Ф2-02

2.7.2.5 Расчет режимов резания

Срезаемый слой t , мм.

$t = 0,05$ мм.

Скорость перемещения в инструмента в осевом направлении $S_{\text{двойной.ход}}$, мм/двойной ход

$S_{\text{двойной.ход}} = 0,005-0,010$ мм/дв.ход

Выберем для условия окончательного шлифования: $S_{\text{двойной.ход}} = 0,005$ мм/дв.ход

Скорость перемещения инструмента за оборот заготовки (осевая) S , мм/об

$$S = S_{\text{д.шир}} \cdot B_{\text{кр.}}, \quad (2.25)$$

где $S_{\text{д.шир}}$ – подача, выраженная в долях ширины круга,

$B_{\text{кр.}} = 30$ мм – длина режущей кромки круга (при шлифовальном круге 450x30x203)

$S_{\text{д.шир}} = 0,3-0,4$, для наших условий примем значение $S_{\text{д.шир}} = 0,3$

Тогда $S = 0,3 \cdot 30 = 9$ мм/об, по паспорту станка принимается $S = 9$ мм/об

Скорость вращения шлифовального круга, м/с

$V = 35$ м/с

Скорость вращения обрабатываемой заготовки, м/мин

$v_3 = 35$ м/мин

Частота вращения шпинделя обрабатываемой заготовки n , мин⁻¹

При шлифовании Ø32: $n_{31} = 1000 \cdot v_3 / (\pi \cdot d) = 1000 \cdot 35 / (3.14 \cdot 32) = 348$ мин⁻¹

При шлифовании Ø40: $n_{32} = 1000 \cdot 35 / 3.14 \cdot 40 = 278$ мин⁻¹

Корректировать по паспорту станка не надо.

Частота вращения у шпинделя шлифовального круга $n_{\text{шлиф}}$, мин^{-1}

$$n_{\text{шлиф}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3.14 \cdot 450} = 1486 \text{ мин}^{-1}$$

Произведем определение режимы резания на все другие операции технологического процесса, пользуясь источником [1]. Полученные данные занесем таблицу 2.6

Таблица 2.6- Сводная таблица режимов резания

№ оп, наименование	Переход, диаметр обработки	t, мм	S, мм/об	V_t , м/мин	n_t , мин^{-1}	$n_{\text{пр}}$, мин^{-1}	$V_{\text{пр}}$, м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Оп05-Центровально-подрезная	Центров.Ø 3,15	1,57	0,05	11	1112	958	9,4
	Подр торец 24	2,0	0,05	70	928	958	72,2
Оп10-Токарная черновая	Точ.Ø 20,7	1,7	0,5	112,6	1732	1600	104,0
	Точ.Ø 30,7	1,7	0,5	112,6	1168	1000	96,4
	Точ.Ø 33,1	1,7	0,5	112,6	1083	1000	103,9
	Точ.Ø 40,8	1,7	0,5	112,6	878	800	102,5
Оп15-Токарная черновая	Точ.Ø 50,7	1,7	0,5	112,6	707	630	100,3
Оп20-Токарная чистовая	Точ.Ø 20	0,35	0,15	250	3980	2000	125,6
	Точ.Ø 30	0,35	0,25	240	2547	2000	188,4
	Точ.Ø 32,4	0,35	0,25	240	2351	2000	204,1
	Точ.Ø 40,1	0,35	0,25	240	1906	2000	251,8
	Точ.М30x1,5	1,5	1,50	160	1698	1600	150,7
	Точ. канав.Ø 35	2,55	0,15	130	1182	1250	137,3
Оп25-Токарная чистовая	Точ.Ø 50	0,35	0,15	250	1592	1600	251,2
Оп30-Круглошлиф. черновая	Шлиф.Ø 32,1	0,15	0,008*	35	346	346	35
	Шлиф.Ø 39,8	0,15	12	35	280	280	35
Оп35-Фрезерная	Фрез.паз В=5,3	2,5	0,05·2	22	1321	1250	20,8
	Фрез.лыск.	2,0	0,08·6	34	601	630	35,6
Оп70-Круглошлиф. чистовая	Шлиф.Ø 32	0,05	0,005*	35	348	348	35
	Шлиф.Ø 40	0,05	9	35	278	278	35
Оп75-Полировальная	Полир.Ø 40	0,01	-	35	278	250	31,4

*-подача в мм/ход стола

2.7.3 Расчет технологических норм времени

Произведем определение норм штучно-калькуляционного времени $T_{штуч-кальк}$, мин согласно формулы [5, с.101]

$$T_{штуч-кальк} = T_{под-заг}/n_{прогр.} + T_{штуч.} \quad (2.26)$$

где $T_{под-заг}$ – табличные нормативы времени подготовительно-заключительных работ, мин;

$n_{прогр.}$ – величина настроечной партии заготовок, шт., она равна:

$$n_{прогр.} = N \cdot a / D_{раб}, \quad (2.27)$$

где N - программа выпуска деталей, в год;

a - период запуска партии деталей в днях, принимается для нашего случая

$a = 6$;

$D_{раб}$ - рабочие дни

$$n_{прогр} = 10000 \cdot 6 / 254 = 236 \text{ шт.}$$

Произведем расчет норматива штучного времени $T_{шт.}$:

Для операций лезвийной обработки, кроме операций абразивной обработки $T_{шт.}$, мин будет равно [5, с.101]:

$$T_{штуч} = T_{осн} + T_{вспом} \cdot k + T_{об.от} \quad (2.28)$$

где $T_{осн}$ – время основной обработки заготовки, мин;

$T_{вспом}$ – время вспомогательных работ, мин.;

k – серийный показатель.

$T_{об.от}$ - норматив времени, связанный с обслуживанием рабочего места, а также отдыха и личных надобностей, мин.

Для операции абразивной обработки (шлифовальной) $T_{шт.}$, мин будет равно:

$$T_{штуч} = T_{осн} + T_{вспом} \cdot k + T_{технич.} + T_{организац.} + T_{отдых.} \quad (2.29)$$

где $T_{\text{технич.}}$ - норматив времени, связанный с техническим обслуживанием рабочего места станочника, мин, который определяется по формуле (2.30);

$T_{\text{организац.}}$ - норматив времени, связанный с организационным обслуживанием, мин;

$T_{\text{отдых}}$ - норматив времени, связанный с перерывами рабочего для отдыха и личных надобностей, мин.

$$T_{\text{технич}} = T_{\text{осн}} \cdot t_{\text{п}} / T, \quad (2.30)$$

где $t_{\text{п}}$ - норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом, мин;

T - стойкость шлифовального круга, мин.

Определим норматив времени вспомогательного $T_{\text{вспом.}}$, мин:

$$T_{\text{вспом}} = T_{\text{устан.}} + T_{\text{закреп.}} + T_{\text{управл.}} + T_{\text{измер.}}, \quad (2.31)$$

где $T_{\text{устан.}}$ – норматив времени, связанный с установкой и снятием детали, мин;

$T_{\text{закрепл}}$ - норматив времени, связанный с закреплением и откреплением детали, мин;

$T_{\text{управл.}}$ - норматив времени, связанный с приемами управления станком, мин;

$T_{\text{измер.}}$ - норматив времени, связанный с измерением детали, мин.

$$T_{\text{тех}} = T_{\text{о}} \cdot t_{\text{п}} / T, \quad (2.32)$$

где $t_{\text{п}}$ - норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом, мин;

T - стойкость шлифовального круга, мин.

Расчет времени по приведенной методике оформим в виде таблицы 2.7.

Таблица 2.7 - Нормы времени

Операция	T _{осн.}	T _{вспом.}	T _{операт.}	T _{об.от.}	T _{под-заг.}	T _{штуч.}	n	T _{штуч-кальк.}
	МИН	МИН	МИН	МИН	МИН	МИН		МИН
Оп05-Центровально-подрезная	0.250	1.521	1.771	0.106	26	1.877	236	1.987
Оп10-Токарная черновая	0.857	1.388	2.245	0.135	17	2.38	236	2.452
Оп15-Токарная черновая	0.155	1.232	1.387	0.083	17	1.47	236	1.542
Оп20-Токарная чистовая	0.848	1.876	2.724	0.163	21	2.887	236	2.976
Оп25-Токарная чистовая	0.204	1.61	1.814	0.109	17	1.923	236	1.995
Оп30-Круглошлифовальная черновая	1.660	1.376	3.036	0.317	20	3.353	236	3.438
Оп35-Фрезерная	0.414	1.314	1.728	0.103	26	1.831	236	1.941
Оп65-Центрошлифовальная	0.210	1.243	1.453	0.122	19	1.575	236	1.656
Оп70-Круглошлифовальная чистовая	1.294	1.469	2.763	0.277	20	3.04	236	3.125
Оп75-Полировальная	1.354	1.199	2.553	0.264	17	2.817	236	2.889

3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

3.1 Проектирование станочного приспособления

Для разработки станочного приспособления рассмотрим операцию 010, для нее применяется токарный 3-х кулачковый поводковый патрон, выполним его расчет

3.1.1 Расчет усилия резания

Чтобы определить основные характеристика патрона, в качестве исходных данных принимаем главную составляющую силы резания P_z , которая была определена ранее: $P_z = 1385 \text{ Н}$

3.1.2 Расчет усилия зажима

Схема зажима заготовки представлена на рисунке 3.1.

Определим необходимое усилие зажима:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R}, \quad (3.1)$$

где K – гарантированный параметр запаса;

P_z – сила резания, Н;

R_o – радиус, по которому производится обработка, мм;

f – параметр трения на рабочей поверхности кулачка; $f = 0,4$;

R – радиус, по которому производится касания кулачков, мм.

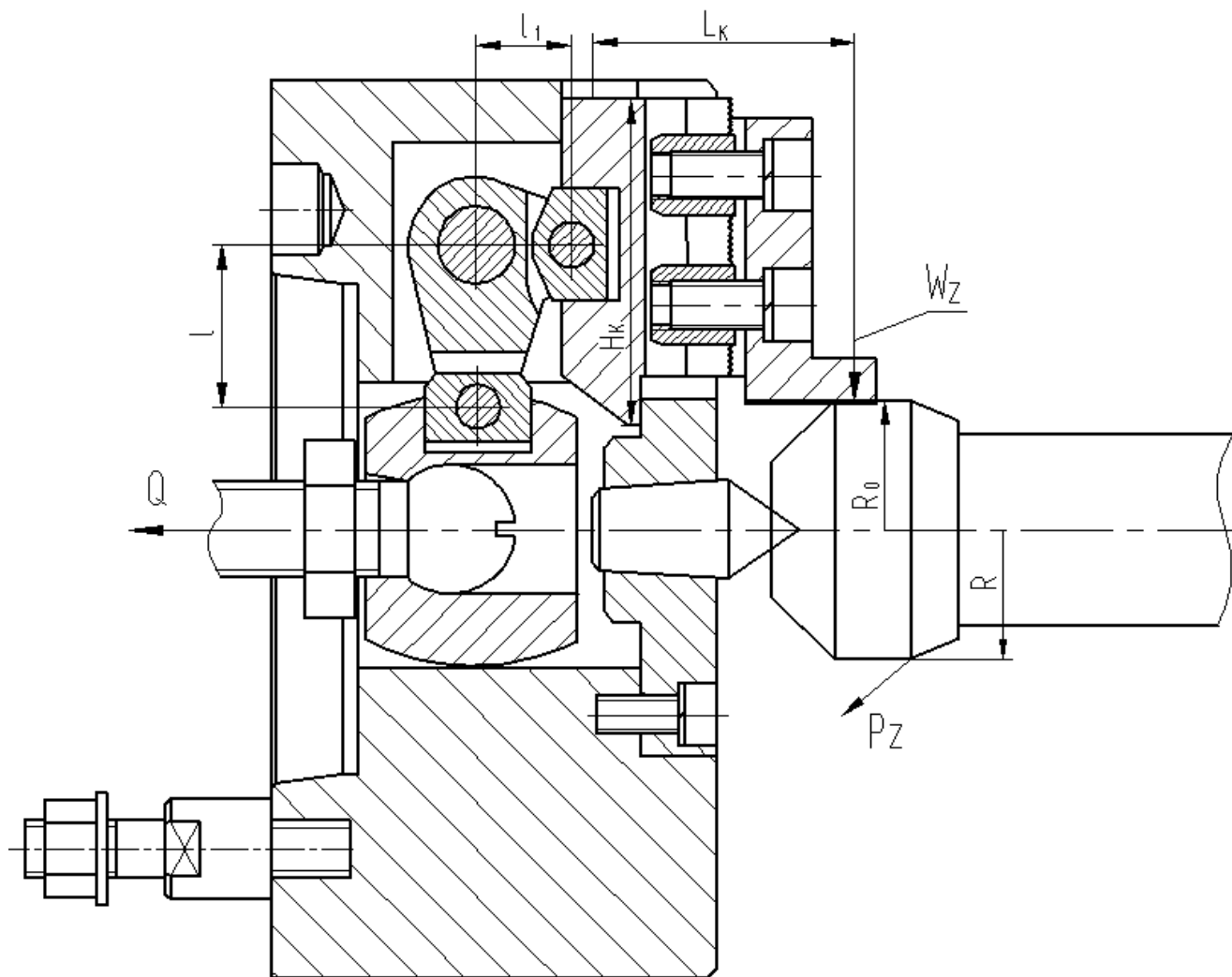


Рисунок 3.1 - Схема приложения сил

Параметр, характеризующий запаса усилия зажима [16,с.382]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 , \quad (3.2)$$

где K_0 - коэффициент гарантированного запаса. $K_0 = 1,5$ [18, с.382];

K_1 - данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при случайных неровностях на обрабатываемых поверхностях заготовки. $K_1 = 1,2$ [18, с.382];

K_2 - данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента. $K_2 = 1,0$ [18, с.383];

K_3 - данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при

прерывистом резании. $K_3 = 1,2$ [18, с.383];

K_4 – данный коэффициент характеризует постоянство сил, которые развивает зажимной механизм приспособления $K_4 = 1,0$ [18, с.383];

K_5 – данный коэффициент характеризует эргономику при немеханизированном зажиме $K_5 = 1,0$ [18, с.383].

K_6 – данный коэффициент учитывается при наличии моментов резания, которые стремящихся повернуть заготовку, которая установлена плоской поверхностью. $K_6 = 1,0$ [18, с.384].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Если $K < 2,5$, принимаем $K = 2,5$.

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 1385 \cdot 54 / 2}{0,4 \cdot 54 / 2} = 8656 \text{ Н.}$$

3.1.3 Определение конструкции зажимного механизма и его расчет

Конструкция зажимного механизма с размерами и действием сил приведена на рисунке 3.1.

Определим величину усилия зажима W_1 , прикладываемой к постоянным кулачкам:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \left(\frac{L_K}{H_K} \right)}, \quad (3.3)$$

где $K_1 = (1,05 \div 1,1)$ – коэффициент, учитывающий силы трения в патроне, определяем по [2, с.153], $K_1 = 1,05$;

f_1 – коэффициент трения, который возникает между корпусом патрона и направляющими постоянных кулачков, $f_1 = 0,1$ [2, с.153];

L_K – длина выхода кулачка из патрона, мм; $L_K = 54$ мм;

H_K – длина контакта кулачка в корпусе патрона, мм; $H_K = 66$ мм.

$$W_1 = 1,05 \cdot \frac{8656}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{54}{66} \right)} = 12074 \text{ Н.}$$

Теперь произведем расчет усилия Q , которое создается силовым приводом

станка:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (3.4)$$

где l_1, l – длины плеч рычага, мм

$$Q = 12074 \cdot \frac{20}{35} = 6899 \text{ Н.}$$

3.1.4 Выбор конструкции и расчет силового привода

Для силового привода патрона примем гидроцилиндр с двухсторонним действием, давлением 2,5 МПа.

Диаметр поршня гидроцилиндра:

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

где p – давление рабочей среды, МПа;

$\eta = 0,95$ - параметр, учитывающий потери в приводе

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{6899}{2,5 \cdot 0,95}} = 63,0 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем $D = 63$ мм.

Ход рычага в месте закрепления (ход кулачков) принимаем 5 мм

Тогда ход штока привода будет определен в зависимости от передаточного отношения плеч рычага, он равен

$$S_{p(Q)} = 5 \cdot \frac{35}{20} = 8.75 \text{ мм, примем } S_{p(Q)} = 9 \text{ мм}$$

3.1.5 Расчет погрешности базирования

Для поводкового патрона с передним жестким центром погрешность,

определяющая базирование заготовки в центрах для линейных размеров будет равна

$$\varepsilon_B = 0,5 IT_{D_{ц}} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{ц} \quad (3.6)$$

где $IT_{D_{ц}}$ – допуск наружного конуса центра, мм;

$\alpha_{ц}$ - половина угла конуса центра

$$\varepsilon_B = 0,5 \cdot 0,08 \cdot \operatorname{ctg} 30 = 0,07 \text{ мм}$$

При самом большом допуске на линейные размеры при обработке на данной операции $T_1 = 0,4 \text{ мм} < 0,07 \text{ мм}$, следовательно, данный патрон обеспечивает точность обработки.

3.1.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления

На основе расчета начертим чертеж приспособления, который представлен в графической части данной бакалаврской работы.

Приспособление состоит из патрона и гидропривода.

Патрон устанавливается на фланец шпинделя и крепится с помощью пальцев, позиция 34 с гайками, позиция 28. Патрон состоит из корпуса, позиция 7, в направляющие которого установлены подкулачники, позиция 13. К подкулачникам с помощью сухарей, позиция 17 винтами, позиция 23 с шайбами, позиция 36 крепятся сменные кулачки, позиция 10. В центральном отверстии корпуса патрона на винте, позиция 2 установлена втулка, позиция 3. В паз подкулачника, позиция 13 и в выточку втулки, позиция 3 входят сухари, позиция 16, установленные с помощью осей, позиция 12 на рычаге, позиция 14. Рычаг, позиция 14 установлен в корпусе патрона на оси, позиция 11, которая фиксируется винтами, позиция 24,26. К корпусу, позиция 7 винтами, позиция 21 крепится фланец, позиция 18 с установленным в нем центром, позиция 19.

Винт, позиция 2 с помощью втулки, позиция 4 соединен с тягой, позиция 15. Тяга, позиция 14 фиксируется на втулке, позиция 2 с помощью штифта, позиция 37.

Тяга, позиция 15 с помощью гайки, позиция 29 соединена со штоком-поршнем, позиция 20 гидроцилиндра.

На тяге устанавливается кольцо, позиция 6, закрепленное винтом, позиция 27. Кольцо, позиция 6 служит для предотвращения биения тяги в отверстии шпинделя станка.

Гидроцилиндр устанавливается на резьбовом конце шпинделя станка и фиксируется с помощью винта, позиция 25.

Гидроцилиндр содержит корпус, позиция 8, к которому винтами, позиция 22 с шайбами, позиция 35 установлена крышка, позиция 9. В гидроцилиндре установлен шток-поршень, позиция 15. Через отверстие штока-поршня, позиция 15 проходит трубка муфты, позиция 1 для подвода масла.

Муфта, позиция 1 установлена в крышке, позиция 9 с помощью гайки.

Для уплотнения в гидроцилиндре установлены уплотнительные кольца, позиция 30,31,32,33.

Для предотвращения ударов штока-поршня о стенки корпуса, позиция 8 и крышки, позиция 9 на нем установлены демпферы, позиция 5.

Патрон работает следующим образом:

Заготовка устанавливается на центре, позиция 19 и поджимается задним центром. При подаче масла в штоковую полость гидроцилиндра шток-поршень, позиция 20 через тягу, позиция 15, втулку, позиция 4 и винт, позиция 2 тянет втулку, позиция 3 влево, рычаги, позиция 14 поворачиваются на оси, позиция 11, сдвигая подкулачники, позиция 13 с закрепленными на них сменными кулачками, позиция 10, которые зажимают заготовку. При подаче масла в поршневую полость гидроцилиндра шток-поршень, позиция 20 отходит вправо, описанный выше цикл происходит в обратном направлении и заготовка разжимается.

3.2 Проектирования контрольного приспособления

3.2.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

После шлифовальной операции 070 происходит промежуточный контроль

биения базовых поверхностей относительно оси центров. Спроектируем приспособление для контроля биения, взяв за основу приспособления для аналогичных деталей.

3.2.2 Описание конструкции приспособления

Начертим чертеж приспособления, который представлен в графической части данной бакалаврской работы.

Приспособление содержит основание, позиция 6, к которому винтами, позиция 4 с шайбами, позиция 12 с помощью гаек, позиция 5 стойки, позиция 8,9 с центрами, позиция 3 и 11. Центр, позиция 11 неподвижный, центр, позиция 3 подпружиненный. Центры крепятся с помощью винтов, позиция 15 с шайбами, позиция 16.

К основанию, позиция 6 винтами, позиция 14 с шайбами, позиция 16 крепится плита, позиция 7. На плиту, позиция 7 устанавливаются индикаторные блоки для контроля биения. Индикаторным блоком, позиция 1 контролируется радиальное биение, блоком, позиция 2 – торцевое биение.

Винтами, позиция 13 к основанию, позиция 6 крепится табличка, позиция 10 с маркировкой обозначения чертежа приспособления, детали, даты.

Приспособление работает следующим образом.

Заготовку устанавливают в центрах. Индикаторный блок, позиция 1 придвигают по плите, позиция 7 вперед до тех пор, пока он вставкой не упрется в контролируемую шейку заготовки. Блок, позиция 2 двигают к валу до тех пор, пока регулировочный винт рычага не упрется в торец заготовки. Заготовку проворачивают на 360° и по показаниям индикатора определяют величину биения шеек и торца относительно оси центров.

В качестве индикаторов для контроля биения мы выбрали электронные индикаторы фирмы Mitutoyo с точностью контроля 0,001 мм.

4 Научные исследования

Произведем выбор методов повышения стойкости быстрорежущего инструмента, которые применяются на фрезерной и центровально-подрезной операции.

Выбор будет проводить как по отечественной литературе, данными из Интернета, так и по зарубежным источникам: [19], [20] и [21].

В результате выбора принимаем метод повышения стойкости наноструктурированными износостойкими вакуумно-плазменными покрытиями на инструменте и деталях машин.

4.1 Наноструктурированные износостойкие вакуумно-плазменные покрытия на инструменте и деталях машин.

Исследованы структура, состав и физико-механические свойства полученных методом вакуумно-дугового осаждения многослойных композиций Ti-TiCO и Ti-TiN-TiNCO-TiCO в зависимости от условий осаждения. Покрытия характеризуются наноструктурой с размерами зерен $15\text{--}50$ нм и развитым рельефом поверхности с шероховатостью $50\text{--}120$ нм. В поверхностном слое покрытий присутствуют карбид и оксиды титана. Соотношение фаз меняется при изменении величины давления реакционного газа. Покрытия обладают твердостью $12\text{--}120$ ГПа, износостойкостью $10^{-6} - 10^{-7}$ мм³/Н·м, коэффициентом трения $0,12\text{--}10,58$. Покрытия, нанесенные на инструмент из быстрорежущей стали и твердых сплавов, повышают его работоспособность в 3 и более раз. Для упрочнения инструмента и деталей машин наиболее эффективно использовать многослойные наноструктурированные покрытия различного состава и многофункционального назначения.

Ключевые слова: покрытие, вакуумно-дуговое осаждение, многослойные наноструктурированные покрытия, структура.

4.1.1 Введение

В настоящее время благодаря своим уникальным свойствам наноструктурированные покрытия успешно используются для упрочнения поверхности изделий и инструмента, подвергающихся одновременному воздействию высоких температур и различных видов износа. Это, прежде всего, режущий и штамповый инструмент, детали авиационных и автомобильных двигателей, газовых турбин и компрессоров.

Наиболее широкие перспективы для получения наноструктурированных покрытий открываются с использованием вакуумно-плазменных технологий, в частности, метода вакуумно-дугового осаждения. Высокая степень ионизации, плотность потока и энергия осаждающихся частиц оказывают существенное влияние на кинетику образования покрытий и позволяют получать высококачественные композиции на основе тугоплавких металлов и их соединений при температурах, не превышающих 500°C. При этом возможно достаточно гибко регулировать плотность плазменного потока и энергию осаждающихся частиц; с высокой степенью точности управлять давлением и составом реакционного газа, степенью фокусировки плазменного потока и его сепарированием от микрокапельной фракции.

В своем развитии износостойкие покрытия прошли этапы от простых однокомпонентных, однослойных, создаваемых на основе металлов и их соединений до многокомпонентных и многослойных, включающих слои как простого, так и сложного состава. Хорошо известно, что уже первыми исследованиями по нанесению на инструмент слоев TiN была показана возможность повышения его стойкости. Началось масштабное использование оборудования и технологий в бывшем СССР, затем в других странах. Однако, как показал опыт, при этом должны неукоснительно соблюдаться несколько требований: правильно выбран материал основы (стали или твердого сплава) высокого качества; проведена соответствующая термическая обработка стали; правильно выполнена заточка лезвия инструмента и обработаны кромки; выполнен весь регламент химической очистки инструмента; соблюдены режимы осаждения покрытия без перегрева инструмента; правильным образом

назначены и выполнены режимы резания для конкретного типа покрытия и обрабатываемого материала; налажен тщательный контроль эффективности использования упрочненного инструмента для возможного корректирования технологического процесса. К сожалению, в 1970–1990-х годах на предприятиях (и на некоторых современных, даже достаточно крупных и использующих вновь приобретенное импортное оборудование) далеко не все из перечисленных требований выполнялись. Это привело к частичной дискредитации метода упрочнения изделий посредством нанесения на них покрытий.

Перспективы создания покрытий с улучшенными характеристиками связаны с использованием новых видов многослойных структур, слои которых выполняют разнообразные функции – адгезионную, барьерную, противоизносную, антифрикционную. Особый интерес представляют многослойные композиции с наноразмерной структурой, т. к. такие покрытия удовлетворяют гамме зачастую противоречивых требований (обеспечение низкого трения, высокой износостойкости, барьерных функций диффузии, тепловым потокам при соблюдении высокой прочности межслойной адгезии и снижении уровня внутренних напряжений). Соединения металлов с кислородом, азотом, углеродом, имеющие высокую температуру плавления и высокую термическую стабильность, по-видимому, станут основными компонентами тонкопленочных материалов будущего, поскольку позволят создавать наноматериалы, стабильно работающие и не меняющие свои свойства в течение всего срока эксплуатации.

Нами разработана серия многослойных, многокомпонентных, наноконпозиционных покрытий толщиной 0,2х3,0 мкм. Варианты структур покрытия представляют собой различные комбинации тонкопленочных слоев или наноконпозиты из тугоплавких металлов, их нитридов, карбидов, карбонитридов, оксикарбонитридов и алмазоподобного углерода.

В работе приводятся результаты исследования структуры, состава и механических свойств двух вариантов металл-азот-углерод-содержащих многослойных покрытий в зависимости от параметров процесса вакуумно-дугового осаждения.

4.2.1 Экспериментальная методика

Разработанные нами покрытия представляют собой многослойные композиции, состоящие из чередующихся слоев Ti-TiCO и Ti-TiN-TiNCO- TiCO. Нанесение покрытий осуществлялось на вакуумной установке УВНИПА-1-001 с использованием стационарного источника вакуумно- дуговой плазмы с катодом из титана, распыляемого в атмосфере реакционных газов (азота и углекислого газа) при пониженном давлении с сепарированием плазменного потока от микро-капельной фракции. Покрытия наносили на подложки из монокристаллического кремния размерами 9x9 мм (для определения химического состава и структуры покрытий) и быстрорежущей стали Р6М5 размерами 20x20 мм (для измерения микротвердости и проведения трибологических исследований). Для проведения промышленных испытаний проводилась упрочняющая обработка режущего металлообрабатывающего инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 и деревообрабатывающего инструмента из твердо го сплава Т04F. Инструмент и подложки подвергались двухстадийной очистке в вакууме: сначала потоком ионов инертного газа (аргона), а затем потоком ионов титана в прерывистом режиме. Такой режим очистки позволяет удалить практически все загрязнения с поверхности, исключить возникновение на ней микродуг, а также избежать перегрева и отпуска режущих кромок инструмента. При этом дополнительно осуществляется нагрев инструмента до 200–400°С, положительно влияющий на адгезию покрытия. Давление газов изменяли в диапазоне 0,02–1 Па. Толщина слоев составляла 0,1–0,5 мкм; общая толщина покрытий – до 2–3 мкм.

Структура, состав покрытий исследовались методами просвечивающей электронной микроскопии (электронный микроскоп JEM-200СХ), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (электронный спектрометр ЭС-2402), энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа (сканирующий электронный микроскоп Philips SEM-515 с приставкой для определения элементного состава Genesis 2000). Морфология поверхности сформированных покрытий изучалась методом атомно-силовой микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе Nanoscope IIIA. Микротвердость покрытий

определялась методом восстановленного отпечатка на твердомере ПМТ-3 с помощью пирамиды Кнупа. Измерение трибологических характеристик покрытий проводилось в режиме сухого трения скольжения на трибометре, работающем по схеме «палец-диск». Скорость вращения образца – 60 об/мин, в качестве контртела использовался шарик радиусом 5,515 мм из стали ШХ-15, нагрузка – 1,0 Н.

4.1.3 Результаты исследования и их обсуждение

Разработанные покрытия имеют высокодисперсную поликристаллическую структуру со средними размерами зерен ~ 15–50 нм (рисунок 4.1).

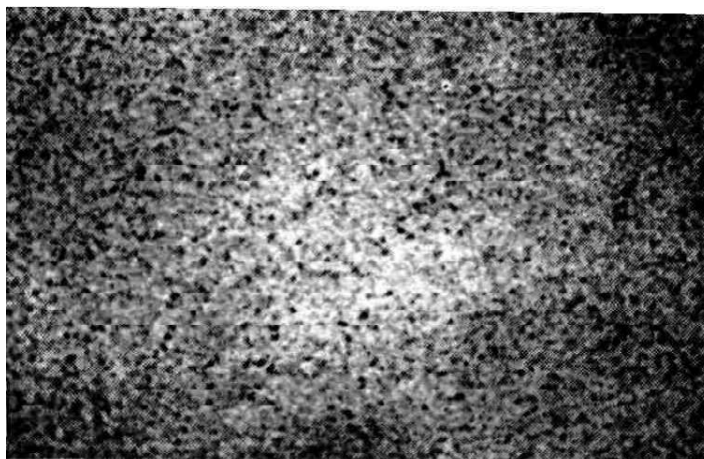


Рисунок 4.1 - Микроструктура покрытий Ti-TiN-TiNCO-TiCO, х 60000

Исследования химического состава поверхностного слоя покрытий показали, что в рентгеновских фотоэлектронных спектрах C1s кроме основной линии с энергией связи $(284,6 \pm 0,1)$ эВ, соответствующей C–C-связям, при разложении спектра на составляющие наблюдаются дополнительные пики (рисунок 4.2, а). Наличие максимума в области 282–283 эВ может указывать на присутствие связей атомов титана с атомами углерода в соединениях типа карбидов, стехиометрического TiC (282,3 эВ) и нестехиометрического TiC_x (283,6 эВ). Максимумы в области энергии связи 286–288 эВ соответствуют связям C–O, C=O и характеризуют образование оксифункциональных групп

углерода (CO , CO_x). Максимум пика $\text{Ti}2p_{3/2}$ (рисунок 4.2, б) приходится на энергию $(458,2 \pm 0,1)$ эВ, который соответствует стехиометрическому TiO_2 . Кроме того, наблюдается четкий максимум в области $(454,5 \pm 0,1)$ эВ, близкий к энергии связи в стехиометрическом карбиде титана TiC . Разложение спектра титана позволяет выделить еще пики в области 456–457 эВ, которые можно отнести к оксидам титана TiO_x , где $x < 2$. Спектры $\text{O}1s$ соответствуют химическому состоянию кислорода в оксидах титана TiO_2 и TiO_x .

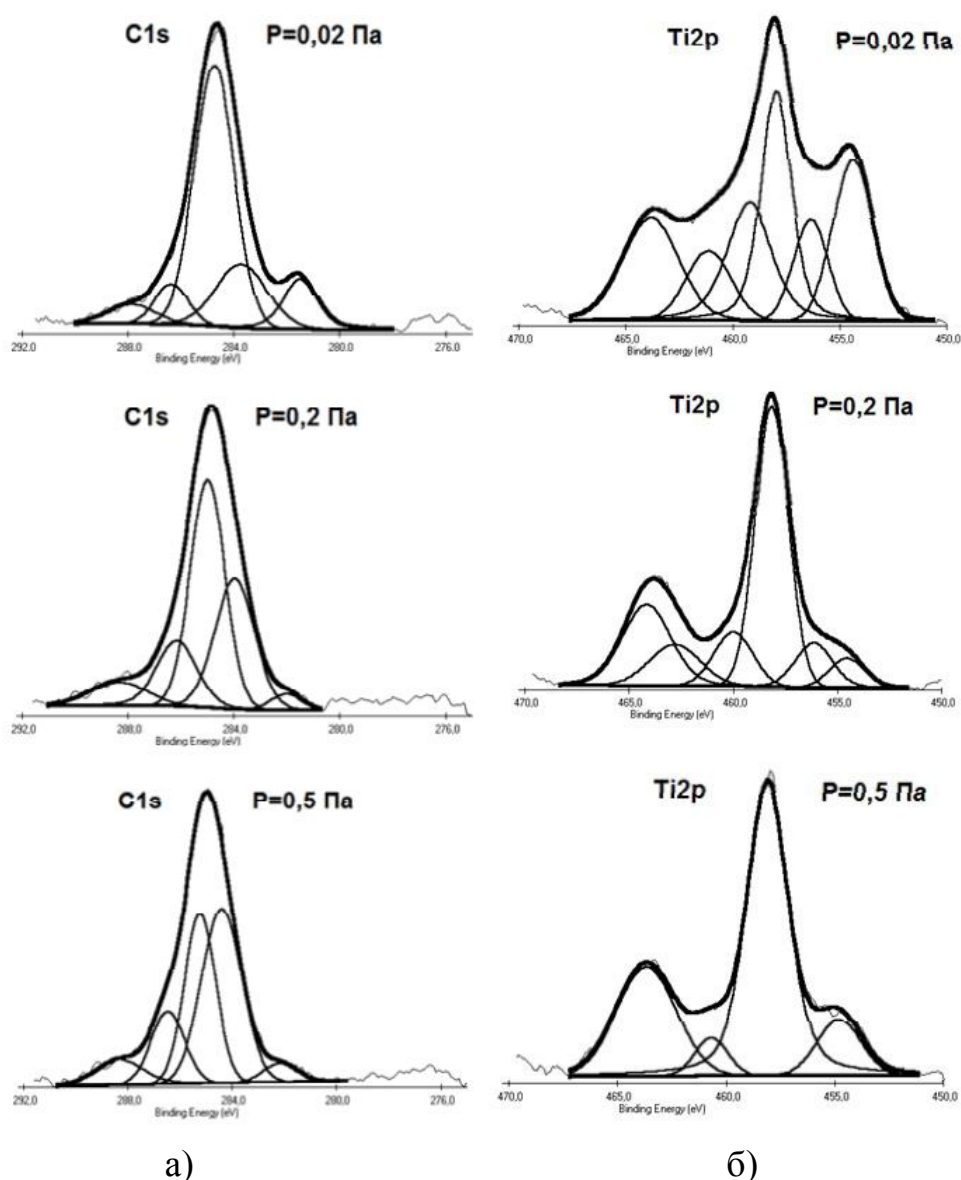


Рисунок 4.2 - Разложение РФЭ спектра $\text{C}1s$ (а) и $\text{Ti}2p$ (б) покрытий Ti-TiCO , полученных при различных давлениях углекислого газа

Соотношение элементов в покрытии практически не меняется при изменении давления реакционных газов (рисунок 4.3, а). Соотношение фаз (карбида и оксидов титана) меняется при изменении величины давления углекислого газа. В зависимости от режимов нанесения доля карбидной фазы составляет 15–30 % для композиции Ti-TiN-TiNCO-TiCO и 6–20 % для композиции Ti-TiCO (рисунок 3, б). С ростом давления реакционного газа от 0,02 до 0,5 Па содержание стехиометрического карбида титана в покрытиях уменьшается (рисунок 4.3, в).

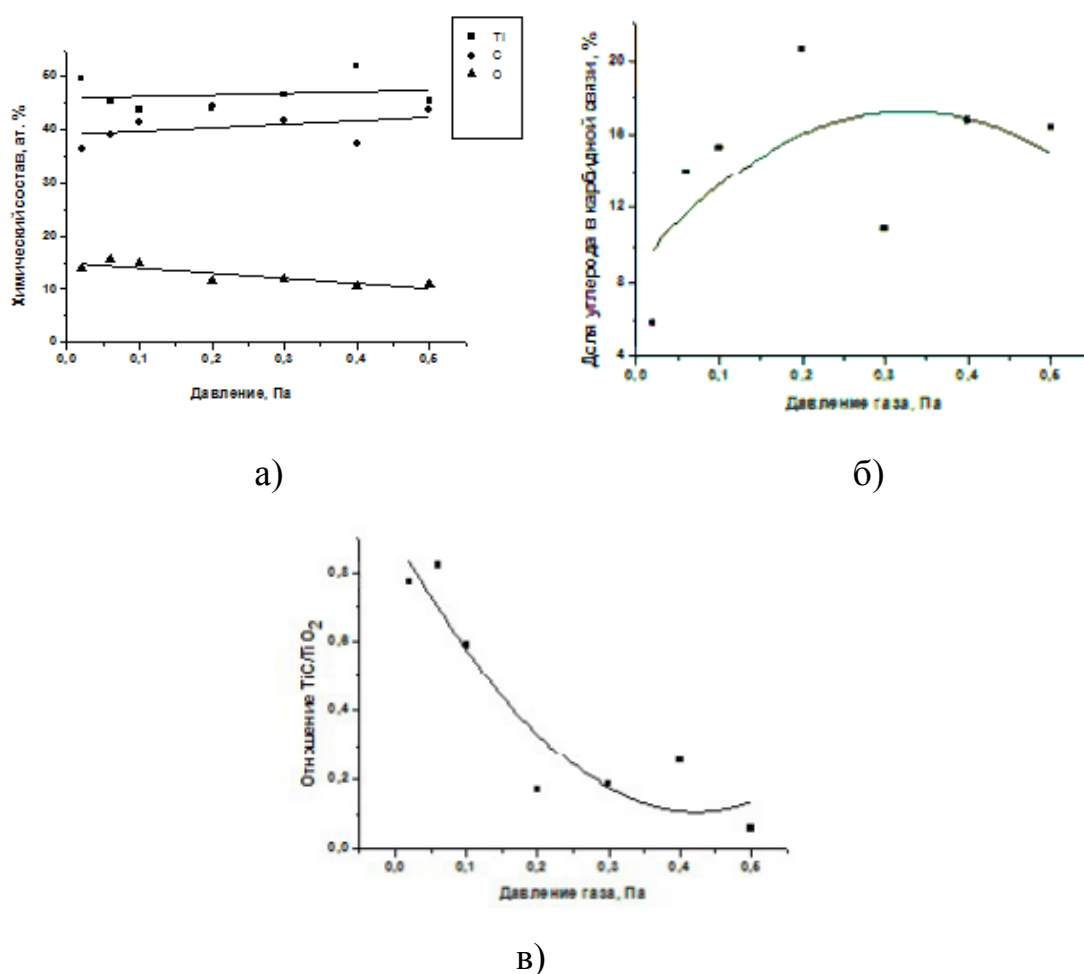


Рисунок 4.3 - Зависимость химического состава (а), доли углерода в карбидной связи (б) и доли стехиометрического карбида углерода в покрытии Ti-TiCO (в) от давления газа.

Исследованные покрытия имеют развитый рельеф поверхности.

Среднеквадратическая шероховатость поверхности составляет 50–120 нм, однако, встречаются участки с более развитым рельефом с шероховатостью 150–230 нм. Возможно, неоднородность рельефа связана с присутствием макродефектов на поверхности и ростом в покрытиях карбидной фазы. Наименьшей шероховатостью ~ 50 нм обладают многослойные композиции, полученные при давлении реакционного газа $\sim 0,2$ – $0,3$ Па.

В зависимости от режимов осаждения микротвердость покрытий составляет 12–20 ГПа. С увеличением доли карбидной фазы в поверхностном слое покрытий их микротвердость возрастает. Наибольшая микротвердость композиции Ti-TiCO наблюдается при давлении углекислого газа 0,2 Па и доле карбидной фазы титана 20,6 ат. %. Максимальная твердость композиции Ti-TiN-TiNCO-TiCO обнаруживается при давлении газа 0,25–0,3 Па и составляет ~ 20 ГПа.

Износостойкость обоих типов покрытий находится в диапазоне 10^{-6} – 10^{-7} мм³/Н·м. Наблюдается зависимость коэффициента трения и износостойкости от параметров осаждения и толщины слоев. С увеличением давления реакционного газа от 0,02 Па до 0,3 Па коэффициент трения уменьшается и достигает минимального значения $\sim 0,1$. Дальнейшее увеличение давления углекислого газа до 1,0 Па приводит к увеличению коэффициента трения до 0,4. Максимальной износостойкостью обладают многослойные композиции Ti-TiN-TiNCO-TiCO, у которых слой TiN в два раза толще слоев TiNCO и TiCO.

При трибологических испытаниях в режиме сухого трения скольжения на ранних стадиях испытаний регистрируется равномерный износ поверхностного слоя. В зависимости от условий осаждения коэффициент сухого трения после выхода на режим достигал значения $\sim 0,12$ – $0,58$ для композиции Ti-TiCO (рисунок 4, а) и $\sim 0,2$ – $0,4$ для композиции Ti-TiN-TiNCO-TiCO (рисунок 4, б), затем не изменялся, что свидетельствовало о стабильности поведения образцов и их высокой износостойкости. На более поздних стадиях испытаний после пути трения 500 м интенсивность износа заметно возрастает, что, по нашему мнению, связано с утонением покрытий и выходом в поверхностные слои структурных микронеоднородностей. Повышенные трибологические характеристики многослойных покрытий, по-видимому, обусловлены формированием в них

структуры с размером элементов 20–50 нм.

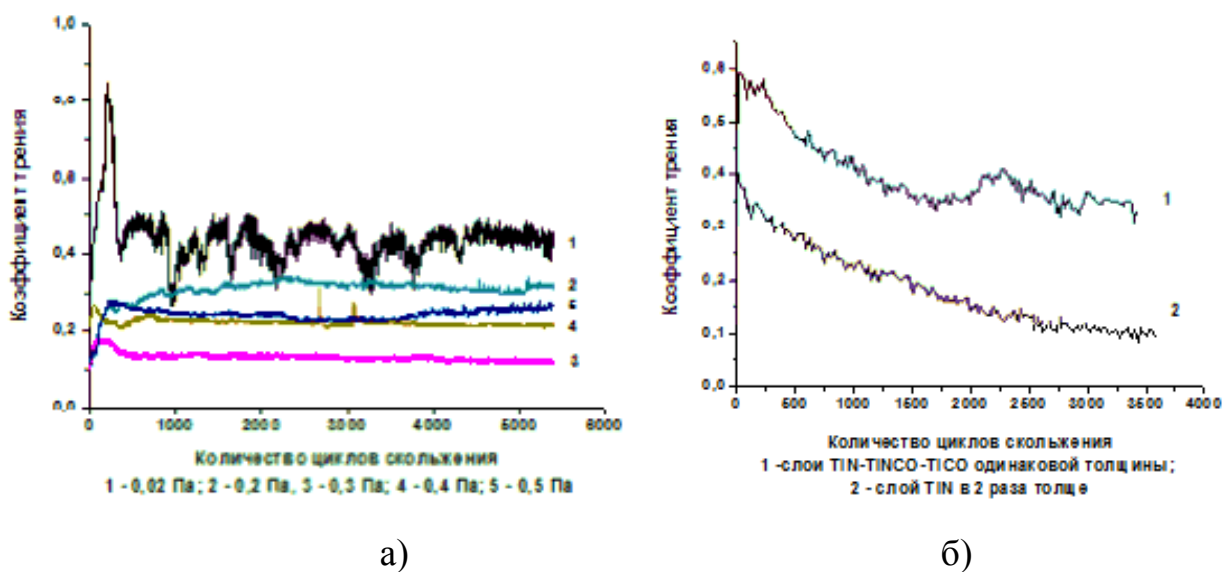


Рисунок 4.4 - Зависимость коэффициента трения от количества циклов скольжения покрытий Ti-TiCO (а) и Ti-TiN-TiNCO-TiCO (б)

4.1.4 Производственные испытания инструмента

Производственные испытания инструмента (рисунок 5) с разработанными покрытиями, проведенные на ряде предприятий Республики Беларусь, в том числе ОАО «ТАИМ» (г. Бобруйск), ОАО «Барановичдрев» и ОАО «Лагуна» (г. Барановичи), подтвердили их высокую работоспособность (таблица 4.1). Из полученных результатов видно, что во всех случаях стойкость инструмента с покрытиями, полученными вакуумно-дуговым осаждением, выше, чем стойкость неупрочненного инструмента. Эксплуатационная стойкость инструмента с покрытием при обработке деталей из стали 35, 40, 40Х возрастает в 3 и более раз. Улучшается качество обработки (отсутствие налипания фрагментов обрабатываемого материала; повышение качества отверстий и фрезеруемых дорожек), уменьшается время обработки, время на переналадку оборудования.



а)



б)

Рисунок 4.5 - Износостойкие покрытия на режущем инструменте для металлообработки (а) и деревообработки (б)

Изучение характера разрушения покрытий после проведения испытаний инструмента позволило установить, что выход инструмента из строя (изнашивание его режущей кромки) происходит за счет его истирания в процессе резания. Инструмент с многослойной композицией Ti-TiN-TiNCO-TiCO имеет наименьший износ режущей кромки. Положительные результаты испытаний обусловлены достаточной адгезией покрытий к инструментальной основе, их высокими микротвердостью, износостойкостью и возможностью целенаправленно формировать многослойные наноструктурированные композиции.

Формирование в покрытиях мелкодисперсной структуры может явиться фактором, сдерживающим зарождение и рост усталостных трещин в объеме материала покрытия. При наноструктурировании поверхностного слоя его прочность будет определяться долей наноструктурной составляющей и средним размером нанозерен. Чем больше доля наноструктурной составляющей и меньше размер нанозерен в покрытии, тем выше его прочность. Кроме того, присутствующий в поверхностном слое покрытия карбид титана повышает твердость и износостойкость системы, а фаза оксида титана обеспечивает стойкость к диффузии кислорода в глубь покрытия.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний инструмента с покрытием

Марка инструмента	Обрабатываемый материал	Количество обрабатываемых деталей на одну единицу инструмента (контрольный образец)	Количество обрабатываемых деталей на одну единицу инструмента (образец с покрытием)	Увеличение срока службы, раз
Метчик M10x1,5, сталь P6M5	сталь 35 ГОСТ 1050-88	230-260	580-600	2,4
Метчик, сталь P6M5	сталь 35 ГОСТ 1050-88	100	300	2-3
Сверло MWS 1400 MB Ø 13 мм, сталь HSS	сталь 40X ГОСТ 4543-71	100	290	3
Сверло MZE 13000 SA Ø 14 мм сталь HSS	сталь 40X ГОСТ 4543-71	100	150	1,5
Резец профильный призматический, сталь P6M5	сталь 40X ГОСТ 4543-71	5000	50000	10
Твердосплавные режущие пластины 13x12x0,5 мм, твердый сплав T04F	Древесина, дверные панели, ель, сосна	100	540	5,4

4.1.5 Выводы

Таким образом, при выбранных условиях проведения процесса вакуумно-дугового осаждения (диапазоне давлений реакционных газов) можно целенаправленно формировать многослойные наноструктурированные композиции Ti-TiCO и Ti-TiN-TiNCO-TiCO со стабильными физико-механическими характеристиками на изделиях из быстрорежущей стали и твердых сплавов. В поверхностном слое покрытий присутствуют карбид и оксиды титана. Соотношение фаз меняется при изменении величины давления реакционного газа. Максимальное содержание углерода в карбидной связи достигается при давлении углекислого газа 0,2–0,25 Па. С увеличением доли карбидной фазы в покрытиях возрастает их микротвердость. Максимальная микротвердость ~15– 20 ГПа достигается при давлении газа 0,2–0,3 Па. В зависимости от условий осаждения коэффициент трения составляет 0,1–0,6. Минимальный коэффициент сухого трения обеспечивается при давлении

реакционного газа $\sim 0,3$ Па.

Разработанные наноструктурированные многослойные композиции Ti-TiCO и Ti-TiN- TiNCO-TiCO, имеющие мелкодисперсную структуру, высокие твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения, весьма перспективны в качестве упрочняющих покрытий на металло- и деревообрабатывающем инструменте, деталях машин. Наиболее благоприятное сочетание микротвердости и прочности сцепления с инструментальной основой способствует повышению работоспособности режущего инструмента с покрытием.

Создание покрытий нового поколения для упрочнения инструмента и деталей машин наиболее эффективно осуществлять с использованием многослойных наноструктурированных вакуумно-плазменных композиций различного состава и многофункционального назначения.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Произведем описание технологического объекта данной бакалаврской работы, которое характеризуется паспортом объекта, в котором описываются этапы техпроцесса, виды работ, применяемое технологическое оборудование и перечень различных расходных материалов и веществ, которые участвуют в данном этапе техпроцесса. Внесем данные в таблицу 5.1

Таблица 5.1 – Результаты заполнения технологического паспорта объекта

Наименование перехода технологического процесса, выполняемые работы, должность работника	Модель технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1) Пер.: Штамповка, Оп: Заготовительная, Рабочий: Кузнец-штамповщик	КГШП	Металл
2) Пер: Центрование, Оп: Центровально-подрезная, Рабочий: Сверловщик	2A923	Металл, СОЖ
3) Пер: Точение, Оп: Токарная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ	RAIS T500/1000	Металл, СОЖ
4) Пер: Фрезерование, Оп: Фрезерная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ	ГФ5171М	Металл, СОЖ
5) Пер: Центрошлифование, Оп: Центрошлифовальная, Рабочий: Шлифовщик	ZS 2000	Металл, СОЖ
6) Пер: Круглое шлифование, Оп: Круглошлифовальная, Рабочий: Шлифовщик	ОШ-660.1Ф2-02	Металл, СОЖ
7) Пер: Полирование, Оп: Полировальная, Рабочий: Полировщик	ЗБ890М	Металл, СОЖ

5.2 Определение производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Произведем определение основных производственных, технологических, эксплуатационных профессиональных рисков, которые согласно ГОСТ 12.0.003-74, именуются как опасные и вредные производственные факторы.

Опишем эти факторы для основных технологических операций с

наименованием операций и переходов, перечнем произв. факторов и источником этих факторов. Результаты приводим в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Определение профессиональных рисков

Переход техпроцесса, операция, Источник возникновения произв. фактора	Перечень опасных и вредных произв. фактор
1	2
Оп: Заготовительная Источник: КГШП	Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов, большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке
Оп: Центровально-подрезная, Источник: 2А923	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы
Оп: Токарная Источник: RAIS Т500/1000	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы
Оп: Фрезерная Источник: ГФ5171М	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы
Оп: Центрошлифовальная Источник: ZS 2000 Оп: Круглошлифовальная Источник: ОШ-660.1Ф2-02	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы
Оп: Полировальная Источник: ЗБ890М	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Анализируя действующие опасные и вредные произв. факторы, опишем организационно-технические методы, а также технические средства для защиты от них. Результаты приводим в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Перечень средства и методов устранения воздействия опасных и вредных произв. факторов

Опасный, вредный произв. фактор	Организационные методы, технические средства, средства индивидуальной защиты (СИЗ) для защиты, снижения и устранения опасного, вредного произв. фактора
1	2
1) Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов	Орг.методы: Ограждение оборудования СИЗ: Краги для металлурга
2) Перемещающиеся машины и части механизмов	Орг.методы: Необходимо соблюдать правила безопасности выполняемых работ СИЗ: Каска защитная, очки защитные
3) Перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки	Орг.методы: Защитное огораживание технологического оборудования СИЗ: Каска защитная, очки защитные
4) Воздействие пыли, загазованности, стружки приводит к фиброгенному воздействию	Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной СИЗ: Респиратор
5) При применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы	Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной, огораживать технологическое оборудование, на станках применять защитные экраны СИЗ: Респиратор, перчатки
6) Большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке;	Орг.методы: Подналадка технологического оборудования для исключения его шума, при увеличении жесткости технологических систем уменьшаются резонансные колебания, применение специальных материалов, которые поглощают шум, колебания и вибрации СИЗ: беруши, наушники

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

5.4.1 Определение опасных факторов пожара

Произведем выявление возможных опасных факторов, которые могут привести к пожару. Определим класс пожара (А...F) в зависимости от горения различных веществ, материалов и газов.

А также, наряду с опасными факторами пожара, непосредственно воздействующими на людей и материальное имущество опишем также сопутствующие проявления опасных факторов пожара.

Все полученные данные заносим в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Определение классов и опасных факторов пожара

Технологический участок, применяемое оборудование	Наименование класса пожара	Возникающие факторы пожара: опасные и сопутствующие
Участок: Кузнечный. Оборуд: КГШП	Класс D – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно металлов	Опасн: Пламя и искры; тепловой поток Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.
Участок: Лезвийная обработка Оборуд: 2A923, RAIS T500/1000, ГФ5171М	Класс В – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно различных горючих жидкостей, в также плавящихся твердых веществ и материалов	Опасн: Пламя и искры Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.
Участок: абразивная шлифовальная обработка Оборуд: ZS 2000, ОШ-660.1Ф2-02, ЗБ890М	Класс В – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно различных горючих жидкостей, в также плавящихся твердых веществ и материалов	Опасн: Пламя и искры Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.

5.4.2 Определение организационных мероприятий и подбор технических средств для обеспечения пожарной безопасности разрабатываемого технического объекта

Подберем организационно-технические методы и технические средства, необходимые для защиты от пожаров.

1) Первичные средства пожаротушения. К ним относятся огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком

2) Мобильные средства пожаротушения. К ним относятся пожарные автомобили, пожарные лестницы.

3) Автоматические пожарные средства. К ним относятся различные приемно-контрольные пожарные приборы, а также технологические средства, применяемые для оповещения и управления эвакуацией.

4) Пожарное оборудование. К нему относятся различные напорные пожарные рукава, а также рукавные разветвления.

5) Средства для индивидуальной защиты, а также спасения людей при пожарах. К ним относятся пожарные веревки, различные карабины, а также респираторы и противогазы.

6) Пожарный инструмент. К нему относится как механизированный, так и немеханизированный инструмент: пожарные багры, ломы, лопаты и т.д.

7) Пожарные сигнализация. К ним относятся автоматизированные извещатели для связи и оповещения.

5.4.3 Определение организационных и организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение пожара

Произведем разработку организационных и организационно-технических мероприятия, необходимых для предотвращения возникновения пожара, а также опасных факторов, которые способствуют возникновению пожара на одну из операций.

Операция: Фрезерная, оборудование: ГФ5171М

Произведем описание видов реализуемых организационных и

организационно-технических мероприятий:

- необходимо контролировать правильную эксплуатацию производственного оборудования, содержать его в технически исправном состоянии;

- своевременно проводить пожарный инструктаж по пожарной безопасности;

- повсеместно применять различные автоматические устройства, предназначенные для тушения пожаров, устройства обнаружения возгораний и устройства оповещения при пожаре.

Произведем описание требования, которые необходимо предъявить для обеспечения пожарной безопасности:

- своевременно проводить противопожарное инструктирование работников,

- запрещать курение в не отведенных для этого местах, запрещать применение открытых очагов огня вне производственных мест,

- при проведении работ, связанных с возгоранием необходимо строго соблюдать меры пожарной безопасности,

- необходимо применять средства для тушения пожаров,

- необходимо применять средства сигнализации и извещения о возгорании.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Произведем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, которые возникают при технологическом процессе.

5.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта

В зависимости от вида предлагаемого технологического процесса проведем идентификацию негативных экологических факторов применимо к одной из операций.

Операция: Фрезерная, оборудование: ГФ5171М

1) Структурные составляющие рассматриваемого технического объекта или технологического процесса:

- оборудование: ГФ5171М

2) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на атмосферу:

- пыль стальная.

3) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на гидросферу:

- различные вещества, находящиеся во взвешенном состоянии;

- различные нефтяные продукты;

- применяемая в производстве СОЖ

4) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на литосферу:

- получаемые в процессе производства отходы, основная их часть хранится в металлических контейнерах в 1,0 м³

5.5.2 Определение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение негативных антропогенных воздействий разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.

Произведем описание разработанных организационно-технических мероприятий, которые направлены на уменьшение вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду, применимо к одной из операций.

Результат занесем в таблицу 5.5

Таблица 5.5 - Организационно-технические мероприятия уменьшения вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.

Операция, оборудование	Наименование технического объекта. Мероприятия, направленные на снижение вредного антропогенного воздействия на:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Фрезерная, ГФ5171М	Применение «сухих» механических пылеуловителей	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

5.6 Заключение по разделу

В результате выполнения данного раздела были получены следующие результаты:

- произведено описание техпроцесса изготовления детали, выбранного оборудования, должностей работников, применяемых в техпроцессе веществ и материалов;

- определены профессиональные риски по операциям техпроцесса, описаны возникающие опасные и вредные производственные факторы. Для защиты от воздействия этих факторов определены организационные методы, технические средства и средства индивидуальной защиты;

- рассмотрено обеспечение пожарной и техногенной безопасности, разработаны технические средства и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;

- рассмотрены экологические факторы с разработкой мероприятий по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

6 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса - базового с проектным и определение экономической эффективности нашего проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений техпроцесса изготовления детали, по двум сравниваемым вариантам, для того, чтобы обосновать экономическую эффективность внедряемых в проектный техпроцесс мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p><u>Операция 030 – Токарная тонкая</u></p> <p>Получистовая обработка производится тонким точением на токарно-винторезный станок с ЧПУ 16А20Ф3. Закрепление обеспечивает поводковый патрон с центром и люнет. В качестве инструмента используется резец-вставка токарный для контурного точения. Пластина 3-х гранная Т30К4.</p> <p>$T_O = 3,210$ мин $T_{шт} = 4,979$ мин</p>	<p><u>Операция 030 – Круглошлифовальная</u></p> <p>Получистовая обработка производится черновым шлифованием на круглошлифовальном станке с ЧПУ ОШ-660.1Ф2-02. Закрепление обеспечивает поводковый патрон с центром и люнет. В качестве инструмента применяется шлифовальный круг 1 450x30x203 91AF46P4VA 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007.</p> <p>$T_O = 1,660$ мин $T_{шт} = 3,438$ мин</p>

Описанные, в таблице 6.1., условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо

знание следующих величин:

- программа выпуска изделия, равная 10000 шт.;
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом ТП не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;
- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;
- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [10], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 6.1.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

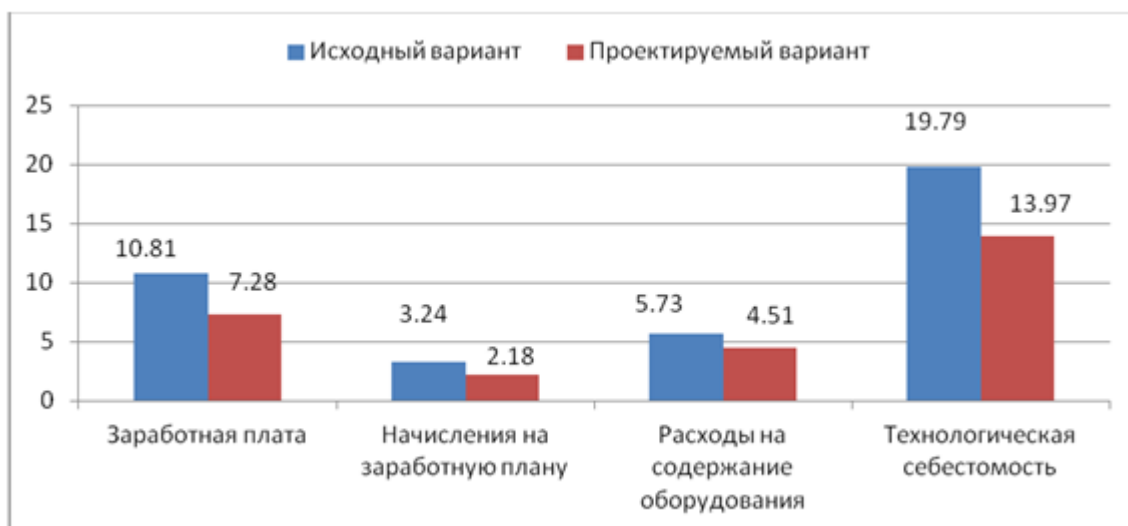


Рисунок 65.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [10], данная величина составила 60226,82 руб., в состав которой входят затраты на приобретение нового оборудования, инструмента, проектирование технологического процесса, разработку программы для станков с ЧПУ и т.д.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [10], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Срок окупаемости инвестиций	T_{OK} , лет	2
2	Общий дисконтированный доход	$D_{OBSLDISK}$, руб.	72372,72
3	Интегральный экономический эффект	$E_{INT} = ЧДД$, руб.	12145,9
4	Индекс доходности	ID , руб.	1,2

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно:

- получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 12145,9 руб.;
- рассчитано значение срока окупаемости – 2 года, который можно считать оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;
- и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,2 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над выпускной квалификационной работой предложены следующие изменения в базовый технологический процесс:

- разработана современная технология изготовления детали, применимо к условиям среднесерийного типа производства;

- применен более совершенный метод получения заготовки из штамповки с точным расчетом припусков аналитическим методом;

- применено высокопроизводительное оборудование отечественного и импортного производства, например токарного T500/1000 фирмы RAIS, центрошлифовального ZS 2000 фирмы HEN-NINGER;

- применена современная оснастка, оснащенная гидро- и пневмоприводом;

- применен современный режущий инструмент;

- спроектирован патрон поводковый с центром с механизированным приводом для токарной операции;

- спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами фирмы Mitutoyo.

- в результате выполнения научных исследований предложено для повышения стойкости быстрорежущего инструмента применение наноструктурированных многослойных композиции Ti-TiCO и Ti-TiN- TiNCO-TiCO, который дают существенное повышение стойкости инструмента

Изменения, внесенные в техпроцесс изготовления детали позволили достичь основных целей работы, обеспечить заданный объем выпуска деталей, снизить себестоимость ее изготовления и повысить качество изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект составит 12145,9 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

2 Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2007. — 736 с.

3 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.

4 Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки. [Электронный ресурс] / А.А. Гусев, И.А. Гусева. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 416 с.

5 Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник. [Электронный ресурс] / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 544 с.

6 Григорьев, С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2009. — 368 с.

7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учебное пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.

8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введение 1990-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 83 с.

9 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. – 364 с.

10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова,— Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Клепиков, В. В. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 345 с.

12 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент. [Электронный ресурс] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

13 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 1/ А.Г. Косилова [и другие]; под редакцией А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 2/ А.Г. Косилова [и другие]; под ред. А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В двух книгах. Книга 1./ Б.Н. Вардашкин; под редакцией Б.Н. Вардашкина [и других]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Стратиевский, И. Х. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / И. Х. Стратиевский, В. Г. Юрьев, Ю. М. Зубарев. - Москва : Машиностроение, 2012. - 352 с.

18 Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении. [Электронный ресурс] / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 304 с.

19 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

20 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

21 Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: Справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 м., ил.

22 Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

23 Davim J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

24 Davim J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

25 Jackson Mark. Machining with AbrasivesSpringer, New York, 2011. 439 p.

ISBN 978-1-4419-7301-6;

26 Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

27 Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта представленного технологического процесса.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционные карты технологических эскизов.

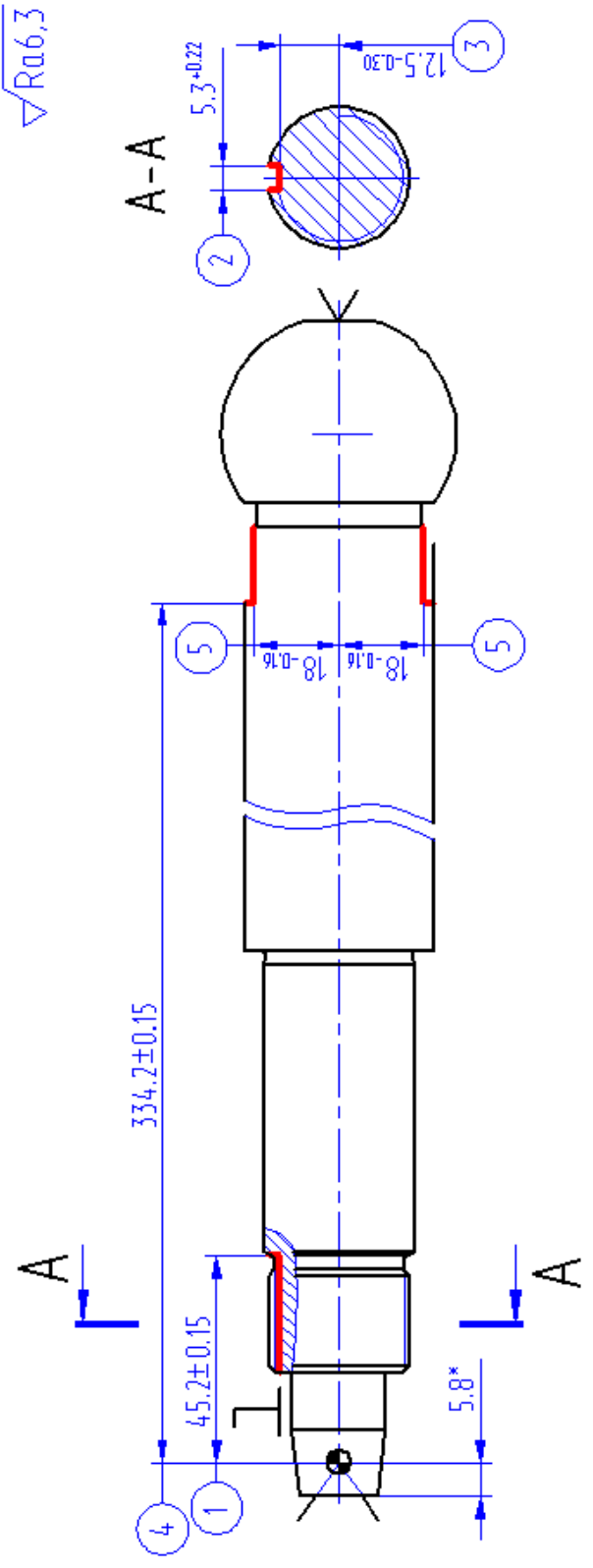
ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

Дцбл.	
Взам.	
Подп.	

Разраб.	Самаркин	ТГУ	Штак		
Проб.	Гуляев				
Н.контр.	Виткалоб				
		Цех	Уч.	ПМ	Дпер.
					035

$\sqrt{Ra6,3}$



КЭ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация, применительно к чертежу станочного приспособления.

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			17.07.ТМ.023.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	17.07.ТМ.023.60.100	Муфта	1	
				<u>Детали</u>		
		2	17.07.ТМ.023.60.002	Винт	1	
		3	17.07.ТМ.023.60.003	Втулка	3	
		4	17.07.ТМ.023.60.004	Втулка	1	
		5	17.07.ТМ.023.60.005	Демпфер	2	
		6	17.07.ТМ.023.60.006	Кольцо	1	
		7	17.07.ТМ.023.60.007	Корпус патрона	1	
		8	17.07.ТМ.023.60.008	Корпус	1	
		9	17.07.ТМ.023.60.009	Крышка	1	
		10	17.07.ТМ.023.60.010	Кулачок	1	
		11	17.07.ТМ.023.60.011	Ось	3	
		12	17.07.ТМ.023.60.012	Ось	3	
		13	17.07.ТМ.023.60.013	Подкулачник	6	
		14	17.07.ТМ.023.60.014	Рычаг	1	
		15	17.07.ТМ.023.60.015	Тяга	1	
			17.07.ТМ.023.60.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Самаркин			Лит.	Лист
Прое.		Гуляев				Листов
						1 2
Н. Контр.		Виткалов			ТГУ, гр. ТМБ-1301	
Утв.		Лосинов				

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация, применительно к чертежу мерительного приспособления.

