

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: Разработка технологического процесса изготовления звездочки
болида «Формула Студент»

Студент	<u>А.С. Власова</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Руководитель	<u>Д.Г. Левашкин</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Консультанты	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>

Допустить к защите

Заведующий кафедрой: к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Власова Анастасия Сергеевна: Разработка технологического процесса изготовления звездочки болида «Формула Студент».

«Формула Студент» является международными студенческими инженерными соревнованиями между многочисленными высшими учебными заведениями мира. В ходе соревнований студенты проектируют, изготавливают и тестируют гоночные болиды, а на этапах проводится сравнение этих автомобилей по нескольким показателям.

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления звездочки болида «Формула Студент». В ходе выполнения нами был спроектирован качественный технологический процесс изготовления детали, разработано специализированное автоматизированное приспособление для токарной операции, который имеет пневматический привод. Для токарной чистовой операции разработан специализированный режущий инструмент – дисковый фасонный резец. Также на эти операции спроектированы технологические наладки.

В работе выполнены литературные исследования, итогом которых является внедрение в технологический процесс шлифовальных кругов из искусственного алмаза, что значительно увеличивает износостойкость абразивного инструмента.

Произведены мероприятия по обеспечению технологической безопасности, выполнен экономический анализ проведенных мероприятий.

ABSTRACT

Anastasia S. Vlasova: development of the technological process of manufacturing an asterisk of the car "Formula Student".

"Formula Student" is an international student engineering competition between numerous higher education institutions of the world. During the competition, students design, manufacture and test racing cars, and at the stages of the comparison of these cars on several indicators.

The final qualifying work is aimed at the development of the technological process of manufacturing an asterisk of the car "Formula Student". In the course of implementation we have designed a quality process of manufacturing parts, developed a specialized automated device for turning operations, which has a pneumatic drive. For turning finishing operation developed a specialized cutting tool - disc shaped cutter. Also on these operations are designed technological adjustment.

The work carried out literary studies, the result of which is the introduction into the technological process of grinding wheels made of artificial diamond, which significantly increases the wear resistance of the abrasive tool.

Measures have been taken to ensure technological safety, the economic analysis of the measures carried out.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	6
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	8
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	30
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	33
5 ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	48
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	61

ВВЕДЕНИЕ

«Формула Студент» является международными студенческими инженерными соревнованиями между многочисленными высшими учебными заведениями мира. В ходе соревнований студенты проектируют, изготавливают и тестируют гоночные болиды, а на этапах проводится сравнение этих автомобилей по нескольким показателям.

Проект «Формула Студент» является стратегическим в Тольяттинском государственном университете. Это значит, что в конкуренции с остальными высшими учебными заведениями страны ТГУ позиционирует этот проект, как один из самых важных и от него зависит итоговый рейтинг университета.

Важно, чтобы конструкция автомобиля соответствовала требованиям стандартов, по которым проводятся соревнования. А эти стандарты основаны на качественных показателях изготовления деталей болидов и дальнейших технологических процессов их сборки. При этом имеется ограничение по себестоимости автомобиля. Его удешевление при сохранении надлежащего качества ведет к росту целевых показателей, направленных на модернизацию очередной конструкции автомобиля.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления звездочки болида «Формула Студент» надлежащего качества с наименьшей себестоимостью.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали.

Звездочка гоночного автомобиля «Формула Студент» воспринимает вращение от кинематической цепи привода болида и в дальнейшем передает вращение на трансмиссионную группу.

1.2 Классификация поверхностей детали.

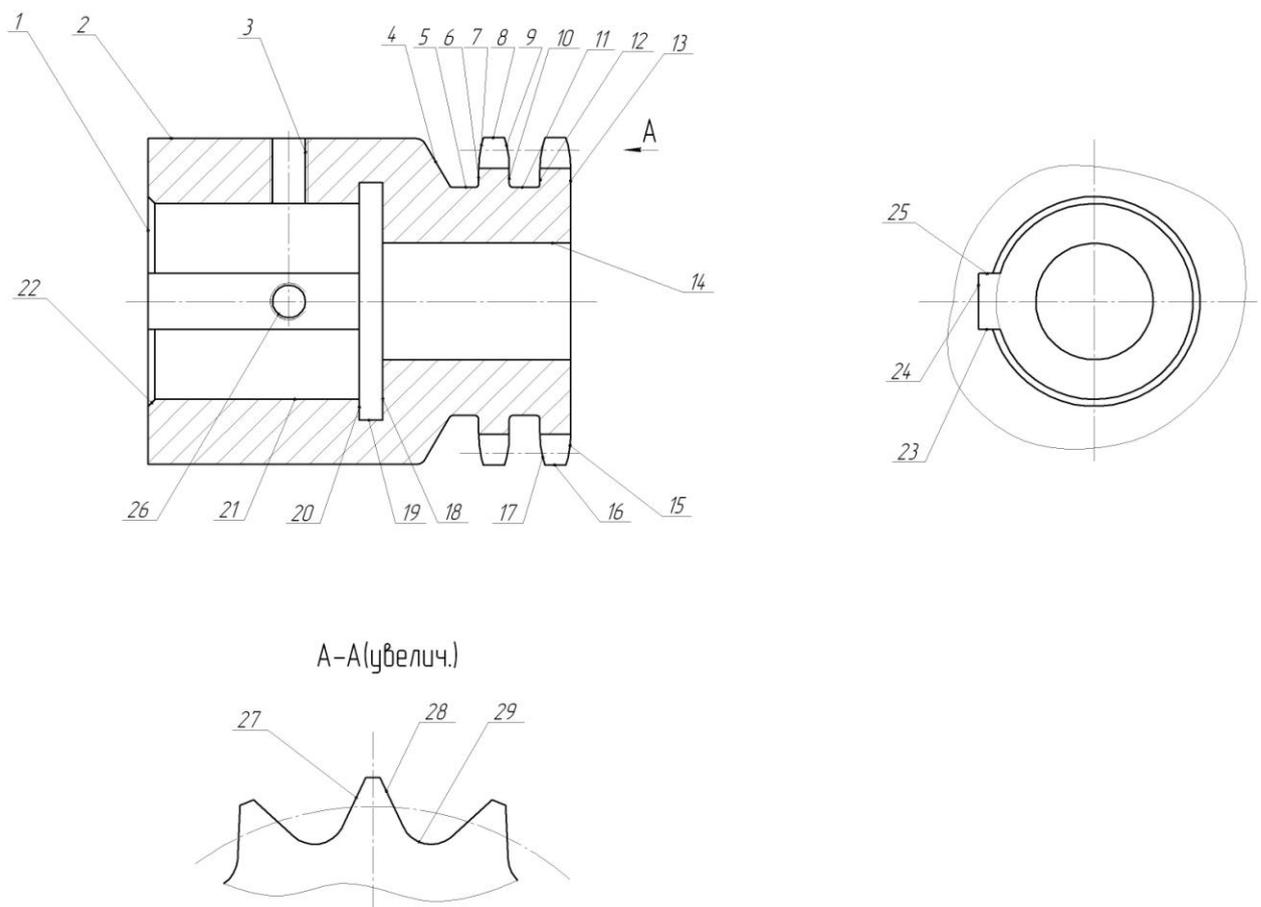


Рис. 1.1. Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями [1] звездочки будут являться боковые стороны зубьев обоих венцов (поверхности 27 и 28), которыми деталь передает вращение, а также боковые плоскости шпоночного паза (поверхности 23 и 25), которыми деталь воспринимает вращение от кинематической цепи.

ОКБ [1] будут являться торец (поверхность 1), а также центральная внутренняя цилиндрическая поверхность 21, так как они ориентируют деталь в механизме.

ВКБ [1] детали будут являться резьбовые поверхности 3, 26, а также поверхность шпоночного паза 24.

Остальные поверхности будут свободными.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

С помощью литературного источника [2] проанализируем состав и физико-механические свойства материала детали стали 38ХНЗМФА ГОСТ 4543-71.

В состав стали 45 ГОСТ 1050-88 входят: углерод (С) в содержании 0,42...0,50%; кремний (Si) содержанием 0,17...0,37%; марганец (Mn) содержанием 0,5...0,8%; никель (Ni) содержанием до 0,25%; сера (S) содержанием до 0,04%; фосфор (P) содержанием до 0,035%; хром (Cr) содержанием 0,15...0,25%; медь (Cu) содержанием до 0,25%; оставшийся материал – (Fe) железо.

Такой химический состав формирует следующие механические свойства материала после улучшения на заготовительной операции: $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа; НВ 187...207 МПа.

1.4 Формулировка задач работы.

Для достижения цели работы, обозначенной во введении, были поставлены следующие задачи: выбрать способ получения заготовки; спроектировать технологический план изготовления нашей детали; разработать конструкцию станочного приспособления, при котором снижалось бы операционное время; разработать усовершенствованную конструкцию режущего инструмента; проанализировать технологическую безопасность работы; рассчитать экономическую эффективность работы.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

От типа производства зависит выбор стратегии разработки техпроцесса. Пользуясь источником [1] определим тип производства. Исходя из массы детали, которая составляет 1,7 кг, и годовой программы, равной 5000 шт, примем тип среднесерийный производства.

2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Для того, чтобы обеспечить заданный выпуск деталей с заданным качеством и наименьшими затратами, руководствуясь [1], определим стратегию разработки техпроцесса для среднесерийного типа производства. Среднесерийное производство характерно следующими параметрами: форма организации техпроцесса – переменнo-поточная; заготовка – штамповка на кривошипном прессе или прокат; повторяемость изделий – периодическое повторение партий; припуск на обработку – незначительный; расчет припусков – подробный по переходам; оборудование – универсальное, специализированное с ЧПУ; загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках; коэффициент закрепления операций – $K_{30} = 10 \dots 40$; настройка станков – по измерительным инструментам и приборам; оснастка – универсальная и специальная; подробность разработки – операционные и маршрутные карты; расчёт режимов резания – по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам; нормирование – детальное пооперационное; квалификация рабочих – различная; использование достижений науки – значительное.

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Такую конфигурацию заготовки рациональнее всего получить прокатом или штамповкой, поэтому в этом разделе будем сравнивать именно эти два метода.

Первый вариант. Заготовку получаем методом штамповки, тогда группа стали – М2; точность штамповки – 4 класс; степень сложности – С2; масса заготовки – 2,8 кг. [3]

Второй вариант. Заготовку получаем методом проката, тогда параметры заготовки - Ø93х64; масса m=3,0 кг. [4]

Определим стоимость процесса снятия стружки при механической обработке [5].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2.1)$$

где $C_c = 0,495$; $E_H = 0,15$; $C_K = 1,085$. [4]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость заготовки-штамповкой [4].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{II}}, \quad (2.2)$$

$C_{\text{шт}} = 0,315$; $k_T = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_{\text{II}} = 1,0$. [4]

Тогда

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

Технологическая себестоимость штамповки [4]

$$C_{\text{шт}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{шт}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{шт}} - q) + C_{\text{отх}} (Q_{\text{шт}} - q), \quad (2.3)$$

где где $Q_{\text{шт}} = 2,8$; $q = 1,7$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [4]

Тогда

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 2,8 + 0,6578 (2,8 - 1,7) + 0,0144 (2,8 - 1,7) = 1,4679 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость штамповки [4]

$$C_{\text{шт}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{пр}} - q) + C_{\text{отх}} (Q_{\text{пр}} - q), \quad (2.4)$$

где $Q_{\text{пр}} = 3,0$.

Тогда

$$C_{\text{шт}} = 0,1219 \cdot 3,0 + 0,6578 (3,0 - 1,7) + 0,0144 (3,0 - 1,7) = 1,0984 \text{ руб.}$$

Таким образом, по себестоимости наиболее дешёвый способ изготовления заготовки – штамповка.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В этом разделе проанализируем поверхности детали и выберем методы их обработки в зависимости от качества точности и параметра шероховатости.

Для изготовления поверхности 1 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка. [5]

Для изготовления поверхности 2 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 3 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 4 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 5 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 6 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 7 (Ra 2,5, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 8 (Ra 5, IT 13) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 9 (Ra 2,5, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 10 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 11 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 12 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 13 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 14 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 15 (Ra 2,5, IT8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 16 (Ra 5, IT 13) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 17 (Ra 2,5, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 18 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 19 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 20 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 21 (Ra 1,25, IT 7) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; шлифовальная черновая; шлифовальная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 22 (Ra 10, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 23 (Ra 2,5, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; долбильная обработка.

Для изготовления поверхности 24 (Ra 10, IT 11) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; долбильная обработка.

Для изготовления поверхности 25 (Ra 2,5, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая; токарная чистовая; долбильная обработка.

2.5 Определение припусков.

Выполним расчет припусков для поверхности $\varnothing 42^{+0,03}$, длиной $L=43,5$ мм с шероховатостью $Ra=1,25$ аналитическим способом. [6]

Для обработки этой поверхности принимаем следующие переходы: 1) черновое точение; чистовое точение; термическая обработка; черновое шлифование и чистовое шлифование.

Расчёт суммарного отклонения формы (мм).

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [6]$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016 .$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010 .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008 .$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} . [6]$$

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

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{00}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125 .$$

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \Delta_{i-1} + Td_i . [6]$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \Delta_0 + Td_1 = 0,626 + 0,5 \cdot 0,9 + 0,25 = 1,201 .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \Delta_1 + Td_2 = 0,263 + 0,5 \cdot 0,25 + 0,062 = 0,419 .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \Delta_2 + Td_3 = 0,125 + 0,5 \cdot 0,062 + 0,039 = 0,176 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \Delta_3 + Td_4 = 0,040 + 0,5 \cdot 0,039 + 0,025 = 0,072 .$$

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

$$d_{4\min} = 42,030 .$$

$$d_{4\max} = 42,000 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 42,000 + 2 \cdot 0,040 = 42,080 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 42,080 + 0,025 = 42,105 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 42,105 + 2 \cdot 0,125 = 42,355 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 42,385 + 0,100 = 42,485 .$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 42,485 \cdot 0,999 = 42,443 .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 42,443 + 0,062 = 42,505 .$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 42,505 + 2 \cdot 0,263 = 43,031 .$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 43,031 + 0,250 = 43,281 .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 43,281 + 2 \cdot 0,626 = 44,533 .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 44,533 + 0,9 = 45,433 .$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) . [6]$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(45,433 + 44,533) = 44,983 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(43,281 + 43,031) = 43,156 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(42,505 + 42,443) = 42,474 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(42,485 + 42,385) = 42,435 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(42,135 + 42,110) = 42,123 .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(42,030 + 42,000) = 42,015 .$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} . [6]$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 . [6]$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) . [6]$$

$$2Z_{\min} = 44,533 - 42,030 = 2,503 .$$

$$2Z_{\max} = 2,503 + 0,9 + 0,025 = 3,428 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,428 + 2,503) = 2,966 .$$

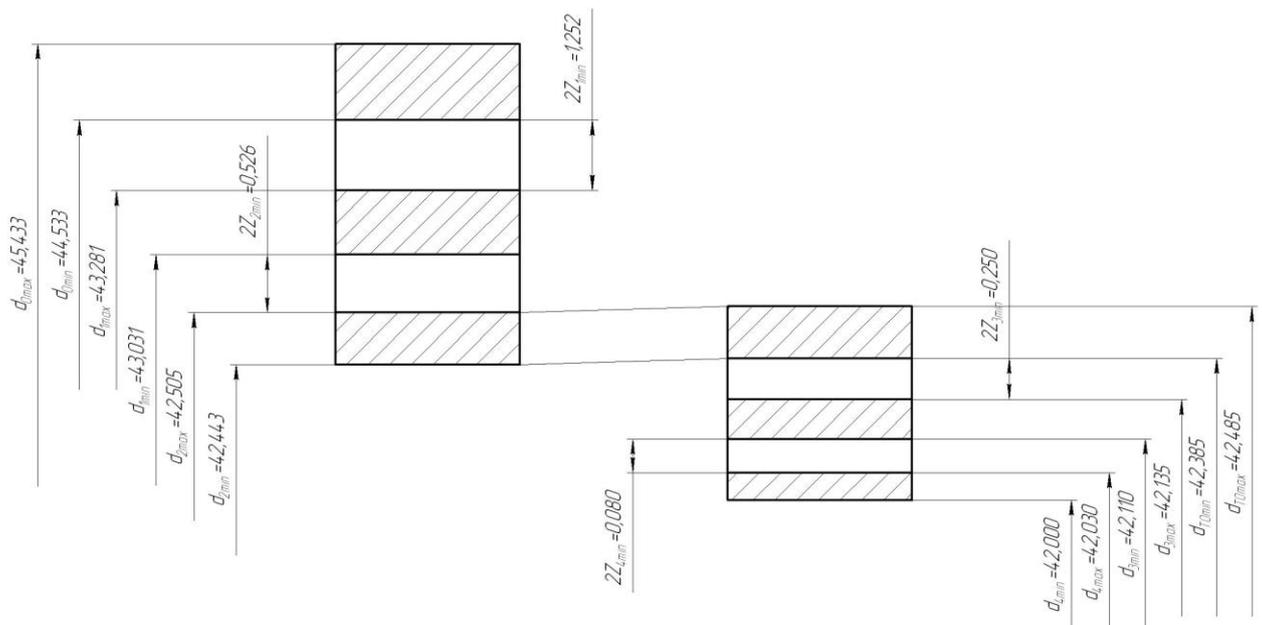


Рис. 2.1. Схема припусков и полей допусков на поверхность $\varnothing 42^{+0,03}$.

2.6 Выбор средств технологического оснащения.

Для токарных черновых и чистовых операций 005, 010, 015 и 020 выберем токарный станок с числовым программным управлением 16Б20ТМ. Этот станок предназначен для торной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания резьб в полуавтоматическом цикле. [7]

Для долбления шпоночного паза детали в качестве технологического оборудования выберем долбежный станок 7Б420Д, который предназначен для внутреннего и наружного долбления фасонных и плоских поверхностей, канавок и вырезов, а также долбления с поднутрением в условиях единичного и серийного производства.

Для сверления отверстий и нарезания резьб на операции 030 в качестве технологического оборудования примем вертикально-сверлильный станок с числовым программным управлением 2Р135Ф2-1, который предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий, нарезания внутренней резьбы в деталях из чугуна, сталей и цветных металлов, используемый в серийных производствах. Станок снабжен крестовым столом и револьверной головкой.

Для фрезерования зубчатого венца на операции 035 в качестве технологического оборудования выбираем зубофрезерный станок модели 5К310, который предназначен для фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес и звёздочек методом обкатки червячной фрезой и методом единичного деления дисковой и пальцевой фрезой. Этот станок является полуавтоматом и применяется в условиях мелко- и среднесерийного производства.

Для шлифовальной черновой 045 операции, где обрабатывается внутреннее цилиндрическое отверстие в качестве технологического оборудования выбираем внутришлифовальный станок 3М227ВФ2, предназначенный для шлифования цилиндрических и конических, сквозных и глухих отверстий с углом конуса при вершине до 90° . Этот станок работает с программным устройством управляющим циклом работы полуавтомата при шлифовании отверстий. Станок снабжён дополнительной инструментальной головкой, позволяющей шлифовать наружный торец изделия одновременно со шлифованием отверстия. Полуавтомат применяется в серийном и мелкосерийном производствах.

Для финишной операции 050 шлифования внутреннего цилиндрического отверстия в качестве технологического оборудования выбираем внутришлифовальный станок 3М227ВФ2, предназначенный для шлифования цилиндрических и конических, сквозных и глухих отверстий с углом конуса при вершине до 90° . Этот станок работает с программным устройством управляющим циклом работы полуавтомата при шлифовании отверстий. Станок снабжён дополнительной инструментальной головкой, позволяющей шлифовать наружный торец изделия одновременно со шлифованием отверстия. Полуавтомат применяется в серийном и мелкосерийном производствах.

Остальные средства технологического оснащения представлены в сопроводительной технологической документации к работе.

2.7 Определение режимов обработки.

Определение режимов обработки 005 Токарная черновая.

Первый переход.

Подача и глубина резания

$$t = 2,6; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$$

$$\text{Тогда } V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,5} = 500, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{82}{150} = 0,55, \text{ мин.}$$

Второй переход.

Подача и глубина резания

$$t = 5,7; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$$

$$\text{Тогда } V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,5} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_{\phi} = 142,5 \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{150} = 0,08 \text{ мин.}$$

Третий переход.

Подача и глубина резания

$$t = 5,7; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [8]

Тогда $V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5$, м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,5} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_{\phi} = 142,5 \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{150} = 0,08 \text{ мин.}$$

Четвертый переход.

Подача и глубина резания

$$t = 12,5; S_0 = 0,1. [8]$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}.$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$\text{где } K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 25; t = 12,5; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4;$$

$$x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25. [8]$$

Отсюда

$$V = \frac{7,0 \cdot 25^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 12,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 33,4, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 33,4}{3,14 \cdot 25} = 425, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 400}{1000} = 31,4, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 400 = 40, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$\text{где } n = 1; L_{\text{рх}} = 41.$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 41}{40} = 1,03, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,55 + 0,08 + 0,08 + 1,03 = 1,74, \text{ мин.}$$

Определение режимов обработки на операцию 010.

Первый переход.

Подача и глубина резания

$$t = 2,6; S_0 = 0,3. [8]$$

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

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$$

$$\text{Тогда } V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,3} = 646 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,3 \cdot 630}{1000} = 139,1, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\delta\delta}}{S} = \frac{99}{189} = 0,52, \text{ мин.}$$

Второй переход.

Подача и глубина резания

$$t = 20,65; S_0 = 0,1. [8]$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

где $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0$. [8]

Отсюда $K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5$.

$D = 41,3; t = 20,65; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4$;

$x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25$. [8]

Отсюда

$$V = \frac{7,0 \cdot 41,3^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 20,65^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 41,3} = 315, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,3 \cdot 315}{1000} = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 315 = 31,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{оме} \cdot L_{px}}{S},$$

где $n = 1; L_{px} = 62$.

$$T_0 = \frac{1 \cdot 62}{31,5} = 1,97, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,52 + 1,97 = 2,49, \text{ мин.}$$

Определение режимов обработки на операцию 015.

Первый переход.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [8]

Тогда $V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5$, м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,2} = 646 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 630}{1000} = 139,1, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{99}{189} = 0,52, \text{ мин.}$$

Второй переход.

Подача и глубина резания

$$t = 10,6; S_0 = 0,3. \text{ [8]}$$

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [8]

Тогда $V = 150 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 71,25$, м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71,25}{3,14 \cdot 70,2} = 323 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 300 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 300}{1000} = 66,1, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 300 = 90, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{90} = 0,13, \text{ мин.}$$

Третий переход.

Подача и глубина резания

$$t = 10,6; S_0 = 0,3. \text{ [8]}$$

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [8]

Тогда $V = 150 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 71,25$, м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71,25}{3,14 \cdot 70,2} = 323 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 300 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 300}{1000} = 66,1, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 300 = 90, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{90} = 0,13, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,52 + 0,13 + 0,13 = 0,78, \text{ мин.}$$

Определение режимов обработки на операцию 020.

Первый переход.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$$

$$\text{Тогда } V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70} = 648 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Примем стандартную } n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 630}{1000} = 138,5, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{72}{189} = 0,38, \text{ мин.}$$

Второй переход.

Подача и глубина резания

$$t = 5,0; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$$

$$\text{Тогда } V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 51} = 890 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Примем стандартную } n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 800}{1000} = 128,1, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5}{240} = 0,02, \text{ мин.}$$

Третий переход.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [8]$$

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [8]$

Тогда $V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 45} = 1008 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1000}{1000} = 141,3, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{47}{300} = 0,16, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,38 + 0,02 + 0,16 = 0,56, \text{ мин.}$$

Назначение режимов обработки на операцию 025.

Подача $S_p = 0,8$ мм/дв.х. [8]

Скорость $V = 20$ м/мин.

Число ходов – 5.

Длина обработки – 45 мм.

Основное время

$$T_0 = \frac{45 \cdot 5 \cdot 2}{20 \cdot 1000} = 0,02, \text{ мин.}$$

Определение режимов обработки на операцию 030.

Переход I, III.

Подача и глубина резания

$$t = 3,5; S = 0,10. [8]$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$\text{где } K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 7,0; t = 3,5; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4;$$

$$x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25. [8]$$

Отсюда

$$V = \frac{7,0 \cdot 7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 20,1, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 7,0} = 914, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 800$ мин⁻¹.

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,0 \cdot 800}{1000} = 17,6, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

где $n = 2; L_{\text{рх}} = 17$.

$$T_0 = \frac{2 \cdot 17}{80} = 0,43 \text{ мин.}$$

Переход II, IV.

Подача и глубина резания

$$t = 1,0; S = 1,0. [8]$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

где $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$

Отсюда $K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5$.

$$D = 8,0; t = 1,0; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4;$$

$$x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25. [8]$$

Отсюда

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,0^0 \cdot 1,0^{0,7}} \cdot 0,5 = 4,2, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 8,0} = 167, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную $n = 160 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,0 \cdot 160}{1000} = 4,0, \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 1,0 \cdot 160 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где $n = 2; L_{\text{рх}} = 15$.

$$T_0 = \frac{2 \cdot 15}{160} = 0,19 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,43 + 0,19 = 0,62, \text{ мин.}$$

Определение режимов обработки на операцию 035.

По условию $D = 70,2_{-0,46}; d_0 = 65,1_{-0,046}; d = 57,21_{-0,2}$.

Осевая подача

$$S_0 = S_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot [8]$$

Примем $S_0 = 2,0; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0$. [8]

Тогда $S_0 = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2$, мм/об.

Скорость резания

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

где $V_0 = 65; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0$. [8]

Тогда $V = 65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 65$, м/мин.

Выбор режимов обработки на операцию 045.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [8]

Скорость заготовки $V_3 = 35$ м/мин. [8]

Определим частоту

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 41,9} = 266, \text{ об/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ},$$

где $T_{ВЫХ} = 0,05$ мин.

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{45}{50} + 0,05 = 0,97 \text{ мин.}$$

Выбор режимов обработки на операцию 050.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [8]

Скорость заготовки $V_3 = 35$ м/мин. [8]

Определим частоту

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 42} = 265, \text{ об/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ},$$

где $T_{ВЫХ} = 0,05$ мин.

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{45}{50} + 0,05 = 0,97 \text{ мин.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

На токарной чистовой операции 020 проводится точение наружной поверхности детали, тора, обрабатывается внутреннее центральное отверстие и протачивается канавка для выхода шлифовального круга. Эскиз операции представлен на рисунке 3.1.

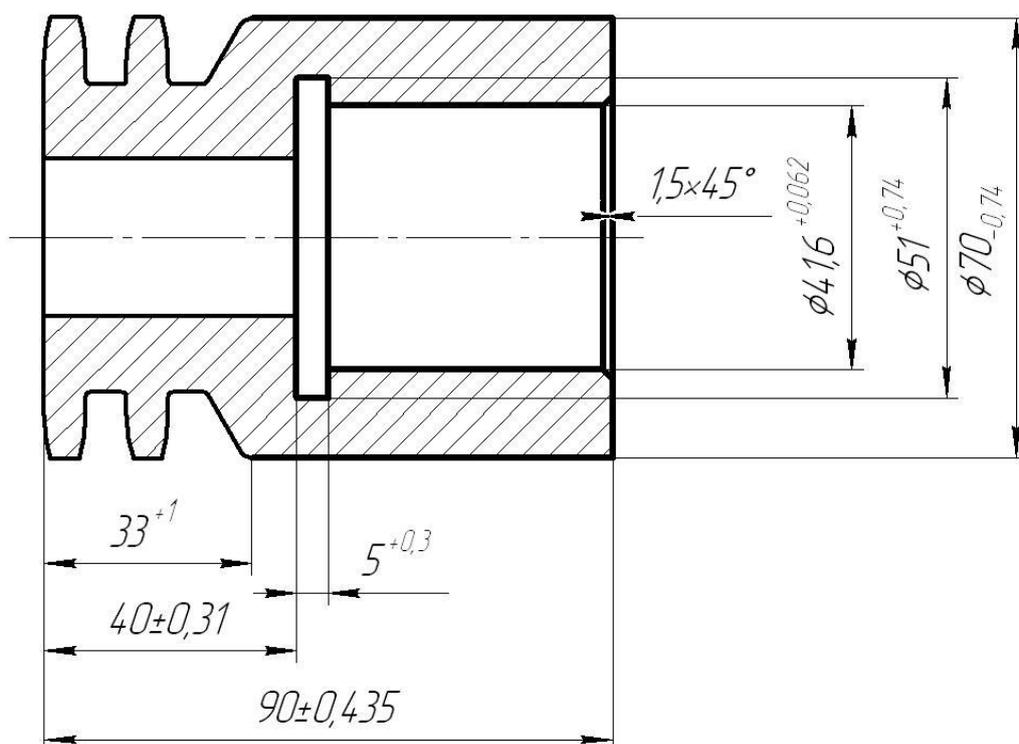


Рис. 3.1. Эскиз операции

3.1 Определение сил резания.

При токарной обработке

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [14] \quad (3.1)$$

Для P_z : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$. [14]

Для P_y : $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. [14]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\kappa p}, \quad (3.2)$$

Рассчитаем P_y

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 138,5^{-0,3} \cdot 0,9 = 819, \text{ Н.}$$

Рассчитаем P_z

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 138,5^{-0,15} \cdot 0,9 = 156,7, \text{ Н.}$$

3.3 Определение зажимного усилия.

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (3.3)$$

Момент зажима, препятствующий провороту заготовки

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (3.4)$$

Приравняем их

$$W = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K P_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad (3.5)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.6)$$

$$K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0. \text{ [15]}$$

$$K_{P_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$$

$$K_{P_z} = 1,80; K_{P_y} = 2,52; f = 0,3. \text{ [15]}$$

Тогда

$$W = \frac{1,8 \cdot 156,7 \cdot 70}{0,3 \cdot 70,1} = 939, \text{ Н.}$$

3.4 Определение механизма зажима.

Рассчитаем усилие, которое должен создавать силовой привод

$$Q = \frac{W_1}{i}, \quad (3.7)$$

где i - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$$i_c = \frac{A}{B}, \quad (3.8)$$

где А и В – плечи рычага. [15]

Примем $i_c = 2$.

$$\text{Тогда } Q = \frac{939}{2} = 470$$

3.5 Расчёт силового привода.

Определим диаметр поршня.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}; \quad [16] \quad (3.9)$$

где $P = 0,4$ МПа (для пневматического цилиндра).

Тогда

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{470}{0,4 \cdot 10^6}} = 76, \text{ мм.}$$

Из стандартного ряда выбираем поршень диаметром 100 мм.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

4.1 Анализ исходных данных.

На токарной чистовой операции 015 проводится точение наружных поверхностей звездочки. В этом разделе спроектируем фасонный резец на эту операцию. Эскиз операции представлен на рис. 4.1.

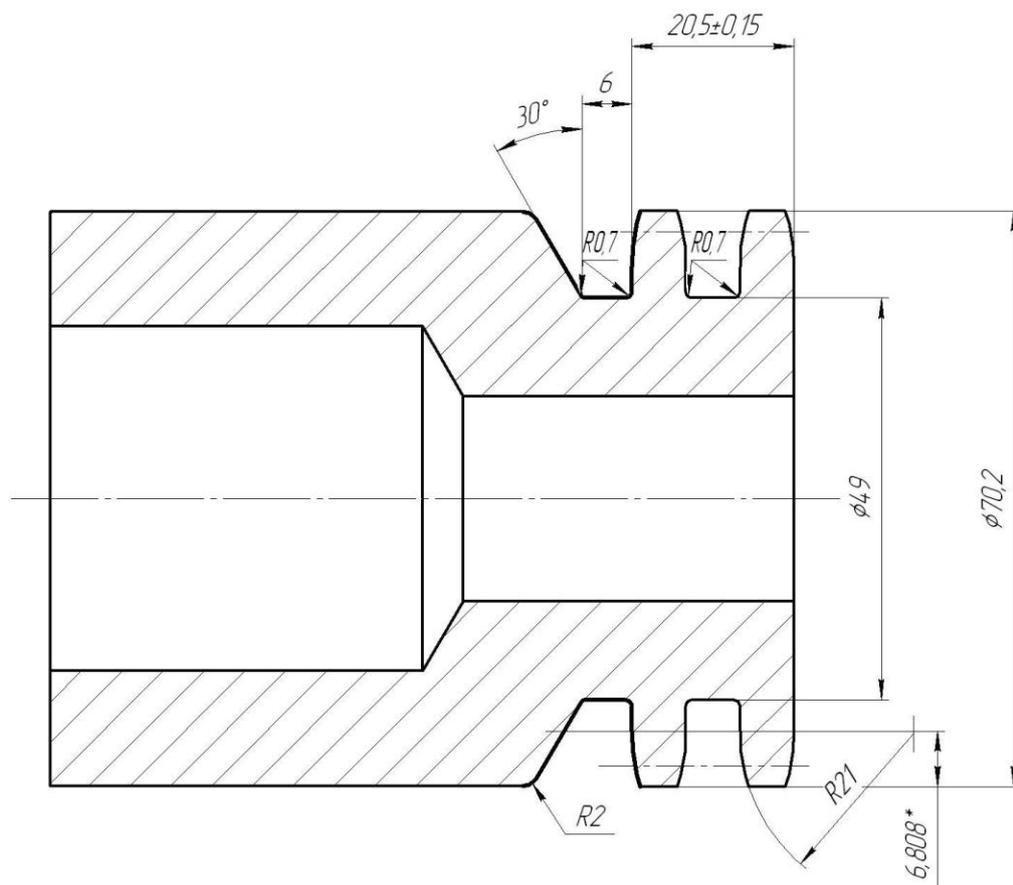


Рис. 4.1. Эскиз операции 015

На профиле изделия определим координаты расчетных точек (рис. 4.2).

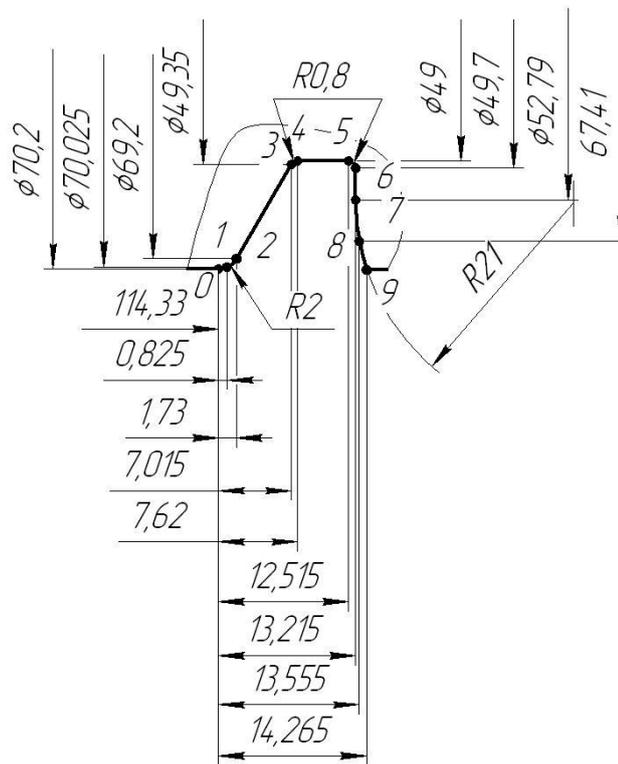


Рис. 4.2. Расчетные точки профиля

Определим передние углы резца в расчетных точках, а также задние углы.

$$\gamma_{ri} = \arcsin\left(\frac{d_0}{d_i} \sin \gamma_{r0}\right). \quad [17] \quad (4.1)$$

$$\gamma_{r0} = \arcsin\left(\frac{49}{70,2} \sin 20^\circ\right) = 13,81^\circ$$

$$\gamma_{r1} = \arcsin\left(\frac{49}{70,025} \sin 20^\circ\right) = 13,84^\circ.$$

$$\gamma_{r2} = \arcsin\left(\frac{49}{69,2} \sin 20^\circ\right) = 14,02^\circ.$$

$$\gamma_{r3} = \arcsin\left(\frac{49}{49,35} \sin 20^\circ\right) = 19,85^\circ.$$

$$\gamma_{r4} = \arcsin\left(\frac{49}{49} \sin 20^\circ\right) = 20^\circ.$$

$$\gamma_{r5} = \arcsin\left(\frac{49}{49} \sin 20^\circ\right) = 20^\circ.$$

$$\gamma_{r6} = \arcsin\left(\frac{49}{49,7} \sin 20^\circ\right) = 19,71^\circ.$$

$$\gamma_{r7} = \arcsin\left(\frac{49}{52,79} \sin 20^\circ\right) = 18,51^\circ .$$

$$\gamma_{r8} = \arcsin\left(\frac{49}{67,41} \sin 20^\circ\right) = 14,39^\circ .$$

$$\gamma_{r9} = \arcsin\left(\frac{49}{70,2} \sin 20^\circ\right) = 13,81^\circ .$$

$$\alpha_{ri} = \alpha_{r0} + (\gamma_{r0} - \gamma_{ri}) . \quad [17] \tag{4.2}$$

$$\alpha_{r0} = 10^\circ + (20^\circ - 13,81^\circ) = 16,19^\circ .$$

$$\alpha_{r1} = 10^\circ + (20^\circ - 13,84^\circ) = 16,16^\circ .$$

$$\alpha_{r2} = 10^\circ + (20^\circ - 14,02^\circ) = 15,98^\circ .$$

$$\alpha_{r3} = 10^\circ + (20^\circ - 19,85^\circ) = 10,15^\circ .$$

$$\alpha_{r4} = 10^\circ + (20^\circ - 20^\circ) = 10^\circ .$$

$$\alpha_{r5} = 10^\circ + (20^\circ - 20^\circ) = 10^\circ .$$

$$\alpha_{r6} = 10^\circ + (20^\circ - 19,71^\circ) = 10,29^\circ .$$

$$\alpha_{r7} = 10^\circ + (20^\circ - 18,51^\circ) = 11,49^\circ .$$

$$\alpha_{r8} = 10^\circ + (20^\circ - 14,39^\circ) = 15,61^\circ .$$

$$\alpha_{r9} = 10^\circ + (20^\circ - 13,81^\circ) = 16,19^\circ .$$

$$tg\gamma_i = tg\gamma_{ri} \cos \varphi_i . \quad [17] \tag{4.3}$$

$$tg\gamma_0 = tg13,81^\circ \cos 30^\circ = 0,2129 .$$

$$tg\gamma_1 = tg13,84^\circ \cos 15^\circ = 0,2380 .$$

$$tg\gamma_2 = tg14,02^\circ \cos 15^\circ = 0,2412 .$$

$$tg\gamma_3 = tg19,85^\circ \cos 15^\circ = 0,3487 .$$

$$tg\gamma_4 = tg20^\circ \cos 15^\circ = 0,3516 .$$

$$tg\gamma_5 = tg20^\circ \cos 15^\circ = 0,3516 .$$

$$tg\gamma_6 = tg19,71^\circ \cos 15^\circ = 0,3343 .$$

$$tg\gamma_7 = tg18,51^\circ \cos 15^\circ = 0,3234 .$$

$$tg\gamma_8 = tg14,39^\circ \cos 15^\circ = 0,2478 .$$

$$tg\gamma_9 = tg13,81^\circ \cos 30^\circ = 0,2129 .$$

$$tg\alpha_i = tg\alpha_{ri} \cos\varphi_i . \quad [17] \tag{4.4}$$

$$tg\alpha_0 = tg16,19^\circ \cos 30^\circ = 0,2514 .$$

$$tg\alpha_1 = tg16,16^\circ \cos 15^\circ = 0,2799 .$$

$$tg\alpha_2 = tg15,98^\circ \cos 15^\circ = 0,2766 .$$

$$tg\alpha_3 = tg10,15^\circ \cos 15^\circ = 0,1729 .$$

$$tg\alpha_4 = tg10^\circ \cos 15^\circ = 0,1703 .$$

$$tg\alpha_5 = tg10^\circ \cos 15^\circ = 0,1703 .$$

$$tg\alpha_6 = tg10,29^\circ \cos 15^\circ = 0,1754 .$$

$$tg\alpha_7 = tg11,49^\circ \cos 15^\circ = 0,1963 .$$

$$tg\alpha_8 = tg15,61^\circ \cos 15^\circ = 0,2699 .$$

$$tg\alpha_9 = tg16,19^\circ \cos 30^\circ = 0,2514 .$$

Определение высоты в расчетных точках

$$h_{0i} = \frac{d_i - d_0}{2} \cdot \frac{\cos((\gamma_{r0} - \gamma_{ri})/2)}{\cos((\gamma_{r0} + \gamma_{ri})/2)} . \tag{4.5}$$

$$h_{00} = \frac{70,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 13,81^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 13,81^\circ)/2)} = 11,063$$

$$h_{01} = \frac{70,025 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 13,84^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 13,84^\circ)/2)} = 10,972$$

$$h_{02} = \frac{69,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 14,02^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 14,02^\circ)/2)} = 10,505 .$$

$$h_{03} = \frac{49,35 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 19,85^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 19,85^\circ)/2)} = 0,1861 .$$

$$h_{04} = h_{05} = 0 .$$

$$h_{06} = \frac{49,7 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 19,71^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 19,71^\circ)/2)} = 0,3721 .$$

$$h_{07} = \frac{52,79 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 18,51^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 18,51^\circ)/2)} = 2,0072 .$$

$$h_{08} = \frac{67,41 - 49}{2} \cdot \frac{\cos(20^\circ - 14,39^\circ) / 2}{\cos(20^\circ + 14,39^\circ) / 2} = 9,6196.$$

$$h_{09} = \frac{70,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos(20^\circ - 13,81^\circ) / 2}{\cos(20^\circ + 13,81^\circ) / 2} = 11,063.$$

При шине обрабатываемого профиля $L = 70$ мм.

$d = (2,5...3)L^{0,6}$, следовательно $d = (2,5...3)70^{0,6} = 31,989...38,387$, мм.

Примем $d = 32$ мм.

Определим высоты шлифуемого профиля (мм)

$$h_{1i} = 0,5D - \sqrt{0,25D^2 + h_{0i}^2 - Dh_{0i} \cos(\gamma_{r0} + \alpha_{r0})}. \quad (4.6)$$

$$h_{10} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 11,063^2 - 100 \cdot 11,063 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,8734.$$

$$h_{11} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 10,972^2 - 100 \cdot 10,972 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,5077.$$

$$h_{12} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 10,505^2 - 100 \cdot 10,505 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,1690.$$

$$h_{13} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0,1861^2 - 100 \cdot 0,1861 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0,1523.$$

$$h_{14} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0^2 - 100 \cdot 0 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0.$$

$$h_{15} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0^2 - 100 \cdot 0 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0.$$

$$h_{16} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0,3721^2 - 100 \cdot 0,3721 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0,3043.$$

$$h_{17} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 2,0072^2 - 100 \cdot 2,0072 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 1,7139.$$

$$h_{18} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 9,6196^2 - 100 \cdot 9,6196 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 7,5201.$$

$$h_{19} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 11,063^2 - 100 \cdot 11,063 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,5734.$$

Определим участковые радиусы

$$\rho_1 = \frac{(\Delta x)^2 + (\Delta h_1)^2}{2 \cdot \Delta h_1}, \text{ где } \Delta x = x_m - x_j, \Delta h_1 = |h_{1m} - h_{1j}|. \quad (4.7)$$

Профиль нашей детали имеет 2 таких участка:

$$1) \Delta x_1 = 1,73 - 0 = 1,73, \text{ мм.}$$

$$\Delta h_{11} = (8,8734 - 8,1690) / 2 = 0,3522, \text{ мм.}$$

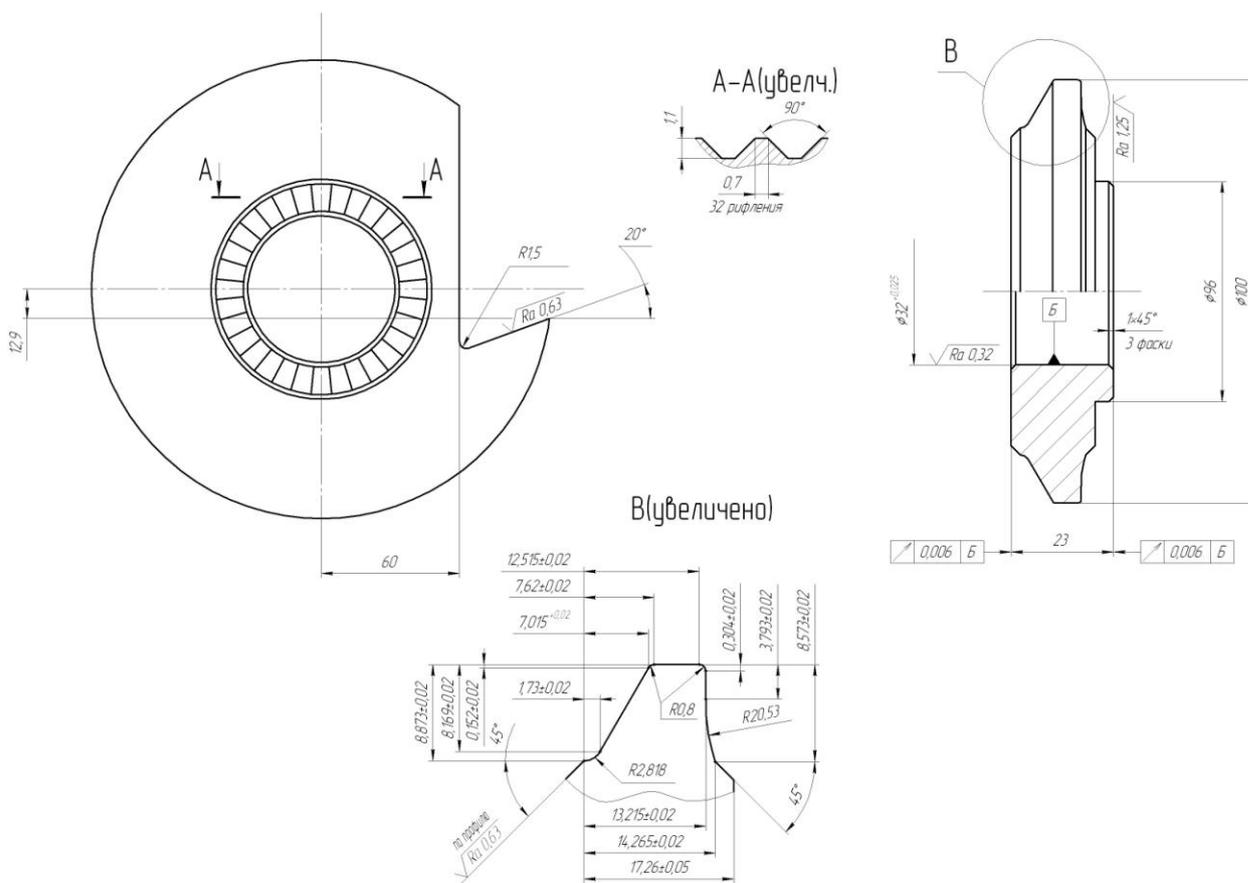
$$\rho_{11} = \frac{1,73^2 + 0,3522^2}{2 \cdot 0,3522} = 4,425 \text{ , мм.}$$

$$2) \Delta x_1 = 14,265 - 13,215 = 1,05 \text{ , мм.}$$

$$\Delta h_{12} = (8,5734 - 1,7139) / 2 = 3,4299 \text{ , мм.}$$

$$\rho_{12} = \frac{1,05^2 + 3,4299^2}{2 \cdot 3,4299} = 2,8175 \text{ , мм.}$$

Эскиз резца фасонного представлен на рисунке 4.3.



5 ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повышение качества продукции непосредственно связано с совершенствованием технологии отделочных операций. Одним из путей совершенствования финишных операций является алмазная обработка изделий.

Область применения алмазных инструментов непрерывно расширяется. Они применяются не только при обработке твердых сплавов, но и различных труднообрабатываемых сплавов. В этом случае хорошие перспективы открываются при использовании искусственных алмазов для обработки быстрорежущих и легированных сталей. В частности, с помощью доводки можно повысить стойкость инструмента в 1,5...2,5 раза.

Для эффективного применения алмазного шлифования необходимо исследовать ряд явлений, связанных с этим процессом. Существенным является изучение износа алмазного круга и факторов, влияющих на него. Среди этих последних важную роль играет температура в зоне шлифования. Температура вместе с другими факторами влияет на качество поверхностного слоя детали, его состояние, прочность и износостойкость изделия.

Необходимость поддержания устойчивости технологических процессов по времени вызывает требование к устойчивости свойств алмазных кругов, а следовательно, их контроля с целью установления однородности режущих свойств, а также выбора оптимальных режимов при переходе от одного обрабатываемого материала к другому.

Эти испытания весьма трудоемки, вызывают значительный расход материалов и алмазов. Поэтому существенной задачей является разработка ускоренных способов испытания алмазных кругов.

Анализ работ, относящихся к определению работоспособности алмазных и абразивных кругов, показал, что за последнее время значительное

внимание уделяется поиску различных косвенных критериев для характеристики работоспособности круга.

Обзор работ позволяет отметить, что отечественные авторы внесли значительный вклад в теорию и практику процесса шлифования.

Вместе с тем, отдельные стороны этого процесса требуют еще большего изучения и рассмотрения.

Исходя из анализа литературы сформулированы следующие основные задачи работы:

1. Исследование процесса шлифования сталей алмазными кругами в отношении возможности применения инструмента тех или иных характеристик, выбора режимов резания и охлаждения, влияния характеристики кругов на состояние поверхностного слоя изделия.

2. Поиск и обоснование методов ускорения испытаний алмазных и абразивных кругов на работоспособность.

3. Изучение физических явлений в процессе шлифования путем экспериментального исследования температур с теоретико-экспериментальной оценкой погрешностей, возникающих при измерении.

4. Исследование механизма затупления алмазного круга и определение оптимальных условий восстановления его режущей способности.

5.1 Исследование сил и температур при алмазном шлифовании легированных сталей.

Исследования проводились на кругшлифовальном станке 312М, оборудованном двухкомпонентным динамометром с тензометрическими датчиками с регистрацией радиальной силы P_y и тангенциальной силы P_z . Тензометрические датчики были установлены на заднем центре станка, что не оказывало какого-либо влияния на процесс шлифования.

Температура измерялась полуискусственной термопарой с изоляцией термоэлектрода диаметром 0,1 мм прокладками из слюды толщиной

0,02...0,03 мм. Регистрация импульсов термо-ЭДС проводилась осциллографами Н-102 и С1-19.

В работе дано аналитическое исследование погрешностей, связанных с оттоком тепла по термоэлектродам, при измерении температуры поверхности с помощью искусственной и полусинтетической термопар.

Для решения этой задачи использован метод источников тепла. Расчетная схема для полусинтетической термопары представлена на рисунке 1. Тело Н нагревается до какой-то температуры. Если бы в точке О не был приложен проводник температуры, то в ней бы возникла температура θ . Однако, когда в точке О приложен проводник А, часть тепла передается проводнику. За счет этого оттока тепла температура в точке О понижается до θ_1 . Представляя проводник А в виде полубесконечного стержня, на торце которого действует равномерный источник интенсивностью q , получаем:

$$\theta_1 = \frac{2q\sqrt{\omega_1}}{\lambda_1\sqrt{\pi}}\sqrt{t}, \quad (5.1)$$

где ω_1 и λ_1 – теплофизические величины материала проводника; t – время от начала процесса нагревания.

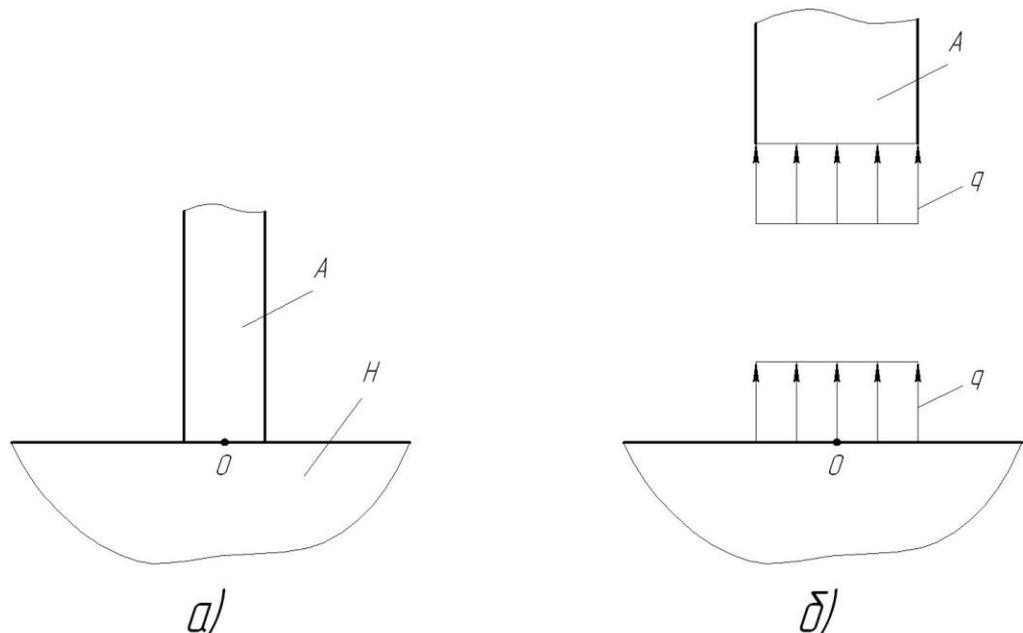


Рис.5.1. Схема расчета погрешности полусинтетической термопары

Рассматривая далее температуру места стыка со стороны тела Н, можно записать:

$$\theta_1 = \theta - \Delta\theta, \quad (5.2)$$

где $\Delta\theta$ – снижение температуры, вызванное оттоком тепла в проводник А. Величина $\Delta\theta$ определяется из уравнения для температурного поля на полубесконечном теле, возникающего под действием плоского ограниченного источника тепла.

$$\Delta\theta = \frac{q\sqrt{\omega}}{\lambda\sqrt{\pi}} \left[2t(1 - \exp\left[-\frac{0,08d^2}{\omega t}\right]) - \frac{d}{\sqrt{\omega}} (1 - \Phi\left[\frac{0,28d}{\sqrt{\omega t}}\right]) \right]. \quad (5.3)$$

Из решения этих уравнений определяется истинное значение температуры.

Расчеты показывают, что погрешность измерения температуры образца из быстрорежущей стали Р6М5 с использованием копелевого термоэлектрода $d=0,1$ мм составляет при $t=0,1$ с около 2%. В этих же условиях для пары ВК8-медь она достигает 11%.

Для искусственной термопары (рис. 5.2) погрешность возрастает за счет затраты дополнительного количества тепла на нагрев спая. Термопара фиксирует в этом случае температуру θ_p в точке Р. Определение температуры в точке О по измеренной температуре производится путем перехода от тела А к В и далее С в следующем порядке:

1. Из выражения

$$\theta_p = \frac{2q_2\sqrt{\omega_3}}{\lambda_3\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau}. \quad (5.4)$$

Определяется интенсивность источника q_2 .

2. Для тела В рассматривается задача, когда на цилиндре конечной длины с одного торца действует плоский источник интенсивностью q_1 , а с другого действует ограниченный сток интенсивностью q_2 .

$$\theta_N(q_1) = \theta_p + \theta_N(q_2). \quad (5.5)$$

Из этого выражения определяется интенсивность q_1 .

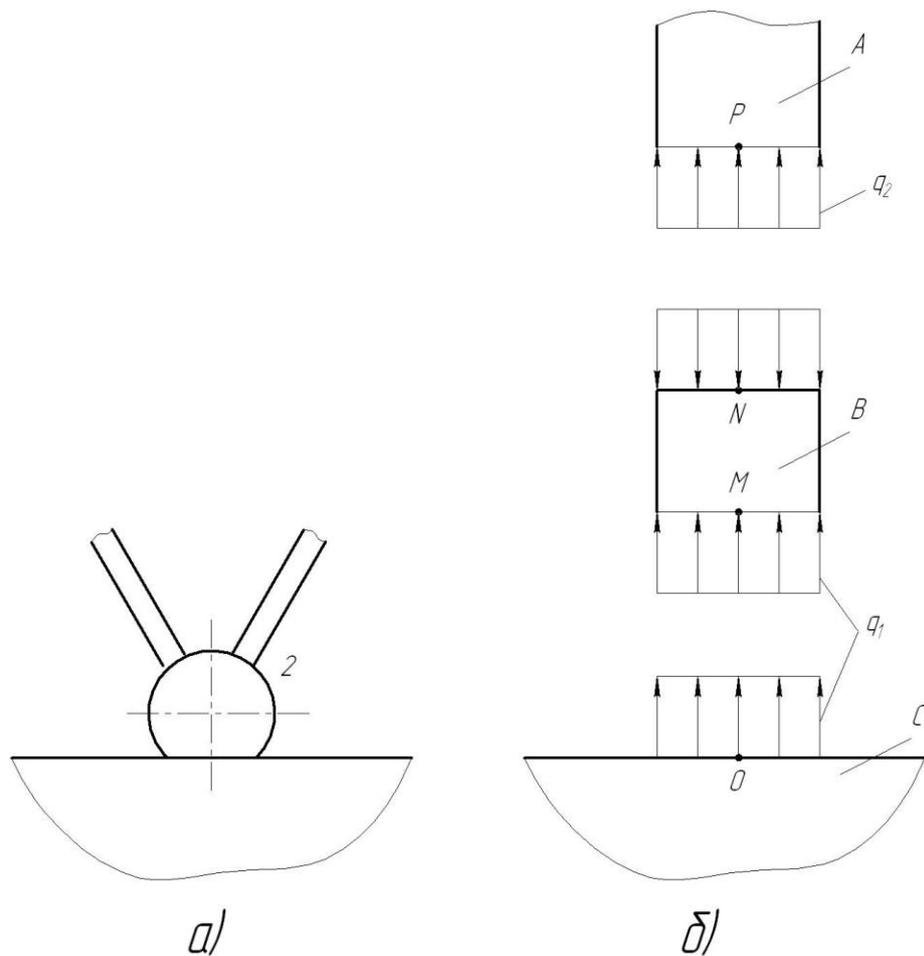


Рис. 5.2. Схема расчета погрешности искусственной термопары

3. Снижение температуры $\Delta\theta(q_1)$ в точке O тела C под действием ограниченного стока определяется выражением (4.3) как для полуискусственной термопары.

4. Действительная температура в точке O при известной температуре θ_p , зарегистрированной каким-либо измерительным устройством, определяется как:

$$\theta_0 = \theta_N(q_1) + \Delta\theta(q_1).$$

В выражении (5.4) $\omega_{\text{Э}}$ и $\lambda_{\text{Э}}$ эквивалентные теплофизические характеристики стержня, заменяющего проводники термопары; ω и λ – теплофизические характеристики тела, температуру которого измеряют; $b \cdot n$ – размеры головки искусственной термопары, схематически принятой в форме параллелепипеда.

Расчет показывает, что погрешность измерения искусственной термопарой для тех же условий, что и полусинтетической термопарой, составляет 9,5%.

Далее рассматривается случай, когда применяется закладная искусственная термопара. Показано, что при некоторых допущениях погрешность может быть рассчитана также с использованием метода источников тепла.

Погрешность измерения включает в себя погрешности, вызванные измерительным устройством. Оценка погрешностей шлейфового осциллографа проводилась путем тарировки гальванометров различными способами. Установлено, что, если время действия импульса термо ЭДС не превышает 1000 мкс, можно пользоваться баллистической тарировкой гальванометров. Если же время действия импульса больше 1000 мкс, погрешность гальванометра может быть оценена по коэффициенту

$$\eta = \frac{A}{A_0},$$

где A – фактическое отклонение гальванометра;

A_0 – истинная величина отклонения. Для коэффициента η приведен график.

В обоих случаях необходимо точно знать время действия и вид импульсов термо ЭДС, что затрудняет учет погрешностей. Более надежные результаты получаются при использовании электронного осциллографа.

В результате проведения ряда экспериментов получены зависимости температуры от режимов шлифования. Влияние скорости круга рассмотрено для двух случаев: при равных фактических глубинах шлифования и при равных номинальных поперечных подачах. Для первого случая получена зависимость $\theta = C_\theta \cdot V_{KP}^{0,62}$, для второго $\theta = C_\theta \cdot V_{KP}^{0,73}$. Показано, что, не учитывая фактическую глубину шлифования, можно получить завышенное влияние скорости круга. Это объясняется возрастанием фактической глубины резания при увеличении скорости круга. Более правильное влияние скорости круга

можно оценить при соблюдении равенства фактических глубин шлифования в различных экспериментах.

Увеличение продольной подачи ($S_{пр}$) и глубины резания t приводит к возрастанию температуры шлифования. Измерение скорости вращения изделия в пределах от 30 м/мин до 60 м/мин не дает заметной разницы в максимальном значении температуры.

Существенное влияние оказывает связка алмазного круга. Наименьшее значение температуры отмечено при работе кругами на керамической связке.

5.2 Исследование износа и удельного расхода алмазных кругов.

Измерение износа производилось линейным способом с помощью специальных индикаторных устройств без снятия круга со станка.

В результате исследований установлено, что наибольшее влияние на износ круга оказывает поперечная подача (глубина шлифования t). Например, для круга АС10-Б1-50% при обработке стали Р18Ф2М с увеличением t от $1,25 \cdot 10^{-1}$ мм до $5 \cdot 10^{-1}$ мм удельный расход алмазов возрастает приблизительно в 3 раза.

Износ алмазного круга может происходить в виде истирания алмазных зерен, раскалывания зерен под действием усилий резания и вырывания отдельных зерен. При малых нагрузках преимущественным является первый вид износа. При этом виде износа имеет место постоянное восстановление режущей способности круга. С дальнейшим ростом нагрузки преобладает третий вид износа – за счет вырывания алмазных зерен из связки.

Показано, что нецелесообразно доводить алмазный круг до полного затупления. Определено оптимальное значение частоты правки, исходя из обеспечения высокого качества поверхности при наименьших удельных расходах. Для быстрорежущей стали Р6М5 и Р6М6К5 целесообразно проводить правку алмазных кругов на органической связке Б1 через каждые 4-5 грамм снятого с изделия металла.

5.3 Практические рекомендации.

Проведенные исследования, а также опыт их внедрения позволил разработать практические рекомендации по выбору режимов шлифования и характеристики алмазного круга при обработки быстрорежущих и легированных сталей.

Алмазное шлифование легированных сталей целесообразно применять в качестве окончательной операции для повышения чистоты и улучшения геометрии обработанных поверхностей.

Рекомендуемые режимы работы и характеристики алмазного круга выбраны, исходя из обеспечения заданного качества поверхности при меньшем расходе алмазов.

Для шлифования легированных сталей наиболее целесообразно применять алмазные круги на органической связке. Эти круги обеспечивают чистоту поверхности на один-два класса выше, чем круги на керамической связке. Чистота поверхности изделия в большей мере зависит от зернистости алмазного круга.

Скорость алмазного круга выбирается из допустимых для обрабатываемого материала предельных температур, не приводящих к структурным изменениям поверхностного слоя. Для быстрорежущих сталей рекомендуется $V_{кр}=26...30$ м/с, так как максимальная температура может быть при нормальной работе $540...580^{\circ}$, что значительно ниже температуры начала структурных изменений ($900...1000^{\circ}$).

Поперечная подача должна выбираться из минутного съема шлифуемого материала и зависит от характеристики алмазного круга и режимов работы. Для круглого наружного шлифования рекомендуется значение поперечной подачи от 0,001 мм/ход до 0,005 мм/ход. С целью повышения чистоты обработки необходимо выхаживание, длительность которого зависит от предъявляемых требований и может достигать до 1...2 минут.

Скорость изделия выбирается в пределах 25...30 м/мин; продольная подача 0,3...0,7 м/мин.

В процессе алмазного шлифования легированных сталей обязательно охлаждение поливом с расходом 4...5 л/мин.

5.4 Выводы по разделу.

1. Результаты комплексных исследований с изучением динамики алмазного шлифования, тепловых явлений, качества и чистоты поверхности позволяют определить оптимальные условия алмазного шлифования легированных сталей, рациональные режимы и другие параметры.

2. Теоретическим и экспериментальным путем определены погрешности, возникающие при измерении температуры поверхности с помощью искусственных и полусинтетических термопар, при исследовании температур в процессе круглого наружного шлифования даны рекомендации по их использованию.

3. Исследования показали, что температура резания при алмажном шлифовании может достигать высоких значений. В результате этого в поверхностном слое изделия могут иметь место довольно значительные остаточные напряжения или произойти структурные изменения. Поэтому при выборе характеристик алмазного круга и режимов шлифования следует принимать меры для снижения температур.

4. Важным критерием, характеризующим работоспособность алмазных кругов, является фактическая глубина шлифования. Фактический съём связан с усилиями шлифования и износом алмазного круга. Полученные зависимости использованы при разработке ускоренного метода испытания алмазных кругов.

5. Разработан ускоренный метод определения удельного расхода алмазов с использованием безразмерных коэффициентов. Он позволяет резко сократить время испытания алмазных кругов и соответственно уменьшить расход шлифуемого материала при испытаниях.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Рабочие, в процессе выполнения своих должностных обязанностей, могут подвергать себя рискам, и в итоге могут получить производственные травмы. В этом разделе представлено задействованное в технологическом процессе оборудование, а также вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Также описаны мероприятия, выполнение которых сведёт к минимуму получение производственных травм.

Тема нашей работы: «Разработка технологического процесса изготовления звездочки болида «Формула Студент»»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике [20].

6.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «Звездочка болида «Формула Студент»».

6.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь представляет собой участок, который занят производственным оборудованием и местами для рабочих, расположенные возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь представляет собой участок, на котором располагаются вспомогательные подразделения. Ими могут выступать инструментальные и ремонтные службы, склады, лаборатории, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

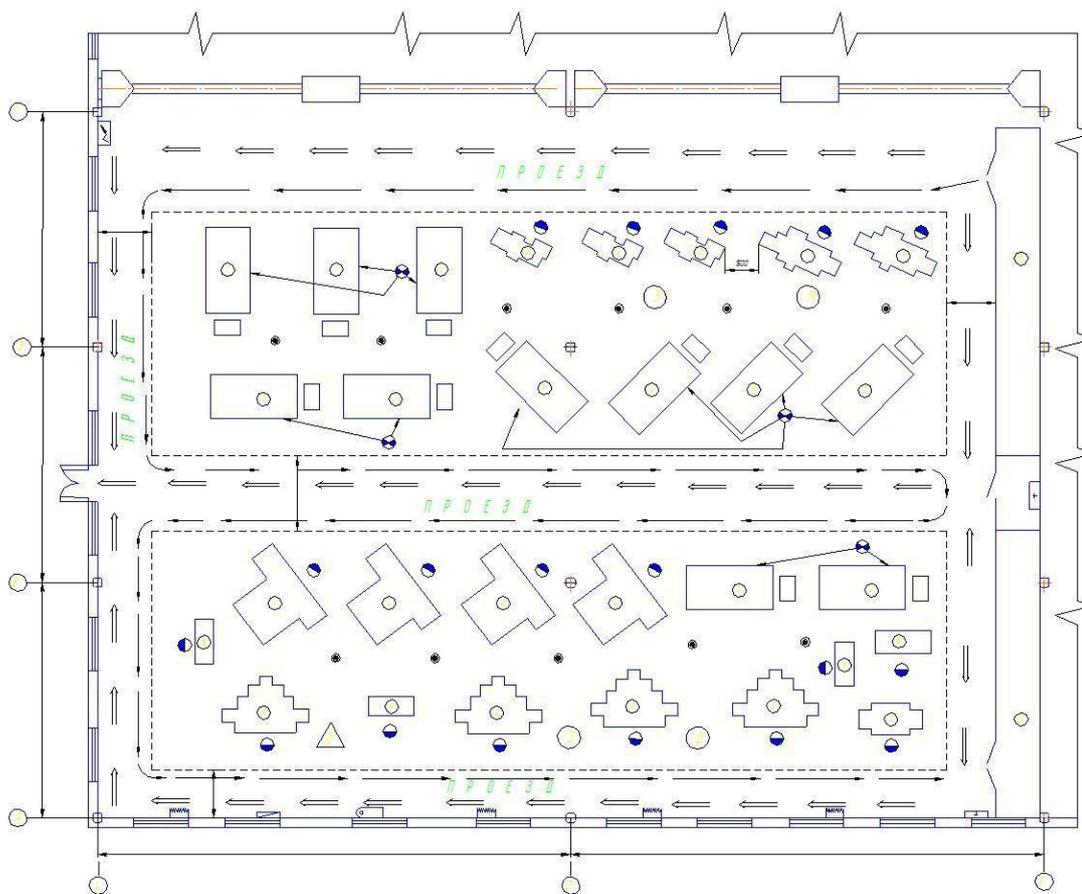


Рисунок 6.1 – План участка

6.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт
1	Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ	4
2	Долбежный станок 7А420Д	1
3	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1	1
4	Зубофрезерный станок 5К310	1
5	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М227ВФ2	2
Итого:		9

Таблица 6.2 – Технологический маршрут обработки детали «Звездочка болида «Формула Студент»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Прокатный	000	Заготовительная	Прокатный стан	Получение заготовки
Механический	005	Точение предварительное	Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ	Предварительное точение поверхностей: 23, 1, 26, 3
Механический	010	Точение предварительное	Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ	Предварительное точение поверхностей: 7, 8, 9, 16, 11, 13, 17, 14
Механический	015	Точение окончательное	Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ	Окончательное точение поверхностей: 22, 23, 26, 1, 2, 3
Механический	020	Точение окончательное	Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ	Окончательное точение поверхностей: 7, 18, 8, 9, 10, 12, 14, 17, 13, 11, 10
Механический	025	Долбление окончательное	Долбежный станок 7А420Д	Окончательное долбление поверхностей: 23, 24, 25
Механический	030	Сверление окончательное	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1	Окончательное сверление поверхностей: 3, 26
Механический	035	Фрезерование окончательное	Зубофрезерный станок 5К310	Окончательное фрезерование поверхностей: 27, 28, 29
Термический	040	Термообработка	-	Закалка заготовки
Механический	045	Внутреннее шлифование предварительное	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М227ВФ2	Предварительное шлифование поверхности 21
Механический	050	Внутреннее шлифование окончательное	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М227ВФ2	Окончательное шлифование поверхности 21
Механический	055	Мойка	-	Промывка, обдувка, сушка заготовки

Продолжение таблицы 6.2.

Механический	060	Контроль	-	Контроль основных параметров согласно рабочему чертежу
--------------	-----	----------	---	--

Поскольку были улучшены технологические операции, такие как: точение окончательное 015 и сверление окончательное 030, то идентификацию по рискам будем проводить только эти операции.

6.4 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 6.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор.

Продолжение таблицы 6.3

2	Сверление	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Наличие защитного экрана. Удаление отходов в металлическую тару с последующей утилизацией по мере наполнения емкости. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор.
---	-----------	---	---

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

Особенностью совершенствования технологического объекта является то, что предлагается совершенствовать токарную операцию базового варианта. На токарной операции совершенствование коснулось замены приспособления. Вместо токарного трехкулачкового патрона с ручным зажимом предлагается автоматизированное приспособление. На этой же операции было предложено использование специального фасонного резца, что позволило сократить операционное время в 1,2 раза. Более полное описание изменяемых операций базового и проектного вариантов представлено в предыдущих разделах, поэтому описывать их еще раз нет необходимости.

Кроме описания изменяющихся технических параметров процесса изготовления, для проведения расчетов, связанных с определением экономической эффективности, потребуется знание программы выпуска, которая была выдана руководителем работы и составляет 5000 штук в год.

Так как масса заготовки и способ ее получения не меняются в ходе совершенствования технологического процесса изготовления детали, поэтому расходы, связанные с основными материалами проводить не целесообразно, потому что они останутся без изменения и на результат всех расчетов оказывать влияния не будут.

Для определения всех остальных параметров данного раздела будет применена следующая методика расчета [21]:

- методика расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование;
- методика определения технологической себестоимости;

- методика калькулирования себестоимости;
- методика экономического обоснования эффективности предлагаемых мероприятий.

Расчеты по представленным методикам проводились с применением пакета программного обеспечения Microsoft Excel.

Для проведения соответствующих расчетов, кроме описания технологии изготовления и программного обеспечения, также необходимы следующие значения:

- стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики оборудования, оснастки и инструмента, так как данные величины напрямую оказывают влияние на итоговые результаты расчета;

- нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении анализируемой операции.

Используя все необходимые данные, были получены значения: удельных капитальных вложений на единицу продукции, технологической и полной себестоимости, по сравниваемым вариантам, которые представлены на рисунке 7.1.

Анализируя представленные на рисунке 7.1 значения, можно сказать, что при изменении технологического процесса увеличатся удельные затраты на единицу продукции на 39,60 руб., что составит 75,4%. Это связано с тем, что возникает необходимость приобретения нового приспособления и инструмента, а также появляются затраты, связанные с проектированием совершенствований технологического процесса.

Не смотря на то, что удельные капитальные вложения возрастают, при этом технологическая и полная себестоимость уменьшаются на 32,9% и 34,11%, соответственно. Это вызвано тем, что замена приспособления и инструмента, и увеличение режимов резанья приводит к сокращению

трудоемкости совершенствуемых операций, и как следствие – к уменьшению заработной платы и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

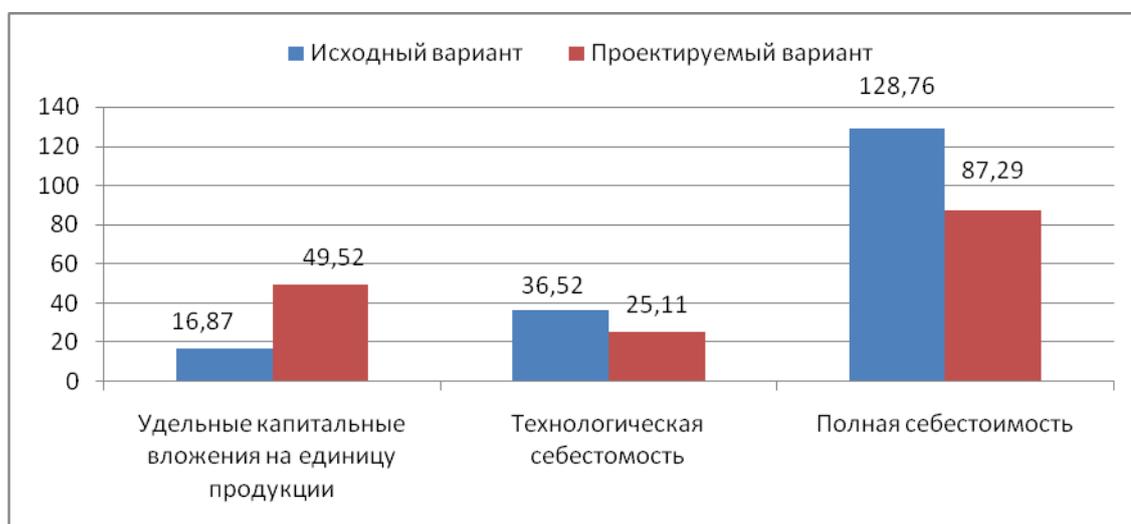


Рисунок 7.1 – Величины удельных капитальных вложений, технологической и полной себестоимости по вариантам, руб.

В виду того, что расчеты показали положительные изменения в себестоимости изготовления, возникает необходимость провести расчеты с точки зрения экономической целесообразности внедрения данных мероприятий в производство. Чтобы подтвердить или опровергнуть целесообразность, необходимо определить следующие показатели:

- чистая прибыль;
- срок окупаемости;
- чистый дисконтируемый доход;
- индекс доходности

Полученные значения позволят сделать окончательный вывод о целесообразности данных мероприятий.

Для определения перечисленных показателей также будет использован пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 7.1

Таблица 7.1 – Значения показателей эффективности внедрения

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{чист}$, руб.	274277
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ок}$, лет	3
3	Чистый дисконтированный доход	$\Delta_{инт} = ЧДД$, руб.	87913
4	Индекс доходности	$ИД$, руб.	1,23

Анализируя полученные в ходе расчетов данные, можно сделать заключение о целесообразности предлагаемого мероприятия по совершенствованию токарной и протяжной операций, как это описано выше.

Как видно из таблицы 7.1, окупаемость проекта наступит в течение 3-х лет, что позволяет говорить о необходимости внедрения данного предложения. В данном случае выполняется условие, о не превышении порога срока окупаемости в 4 года.

Еще один показатель, также подтверждающий необходимость внедрения, это индекс доходности, величина которого должна находиться в интервале от 1,12 до 1,25 руб./руб. В нашем случае этот показатель находится в середине этого интервала – 1,23 руб./руб.

И наконец, чистый дисконтированный доход или интегральный экономический эффект составляет 87913 рублей. Данная величина по расчетам получилась положительной, что дает право, также говорить о необходимости внедрения предлагаемого мероприятия по совершенствованию технологического процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе спроектирован технологический процесс изготовления звездочки болида «Формула Студент». Он оснащен современным оборудованием, станочной оснасткой, а также режущим и мерительным инструментом.

На операции 015 Токарная и 030 Сверлильная разработаны технологические наладки.

Для 020 Токарной операции рассчитан и спроектирован патрон рычажный с автоматическим зажимом.

Для токарной 015 операции спроектирован круглый фасонный резец.

Проведены литературные исследования и предложены рекомендации по внедрению шлифовальных кругов.

Разработана технологическая документация на техпроцесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 с.
2. Конструкционные стали и сплавы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
4. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – 10 с.
5. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб. пособие / Н. М. Султан-заде [и др.]. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2016. - 288 с.
6. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
7. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
9. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Должиков. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 328 с.
10. Дехтярь Г. М. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. М. Дехтярь. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 154 с.

11. Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. И. Аристов [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2014. - 256 с.
12. Борисенко Г. А. Технология конструкционных материалов. Обработка резанием [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Борисенко, Г. Н. Иванов, Р. Р. Сейфулин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 142 с.
13. Вереина Л. И. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 304 с.
14. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.
15. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.
16. Фельдштейн Е. Э. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : эксплуатация : учеб. пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. - Минск : Новое знание, 2014 ; Москва : ИНФРА-М, 2014. - 256 с.
17. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
18. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия. – 22 с.
19. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – 30 с.
20. Горина Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление пром. и эколог. безопасностью". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 271 с.

21. Краснопевцева И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с.

22. Doronin, M. A., Polyakov, S. N., Kravchuk, K. S., Molchanov, S. P., Lomov, A. A., Troschiev, S. Y., & Terentiev, S. A. (2018). Limits of single crystal diamond surface mechanical polishing. *Diamond and Related Materials*, 87, 149-155.

23. Boaron, A., & Weingaertner, W. L. (2018). Dynamic in-process characterization method based on acoustic emission for topographic assessment of conventional grinding wheels. *Wear*, 406-407, 218-229.

24. Chow, H. M., Yang, L. D., Lin, Y. C., & Lin, C. L. (2017). Exploration on wire discharge machining added powder for metal-based diamond grinding wheel on wire EDM dressing and truing of grinding tungsten carbide material. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 281(1).

25. Zhang, Z., Yao, P., Zhang, Z., Xue, D., Wang, C., Huang, C., & Zhu, H. (2017). A novel technique for dressing metal-bonded diamond grinding wheel with abrasive waterjet and touch truing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93(9-12), 3063-3073.

26. Ding, W., Li, H., Zhang, L., Xu, J., Fu, Y., & Su, H. (2017). Diamond wheel dressing: A comprehensive review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 139(12).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			18.БР.ОТМП.188.06.000СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Детали</i>						
б/4	1		18.БР.ОТМП.188.06.001	Крышка	1	
	2		18.БР.ОТМП.188.06.002	Корпус	1	
	3		18.БР.ОТМП.188.06.003	Пружина	1	
	4		18.БР.ОТМП.188.06.004	Крышка правая	1	
	5		18.БР.ОТМП.188.06.005	Пробка	2	
	6		18.БР.ОТМП.188.06.006	Гильза	1	
	7		118.БР.ОТМП.188.06.007	Штанга	1	
	8		18.БР.ОТМП.188.06.008	Шток	1	
	9		18.БР.ОТМП.188.06.009	Гайка	1	
	10		18.БР.ОТМП.188.06.010	Поршень	1	
	11		18.БР.ОТМП.188.06.011	Крышка	1	
	12		18.БР.ОТМП.188.06.012	Втулка	1	
	13		18.БР.ОТМП.188.06.013	Кольцо	1	
	14		18.БР.ОТМП.188.06.014	Пробка	2	
	15		18.БР.ОТМП.188.06.015	Корпус	1	
	16		18.БР.ОТМП.188.06.016	Рычаг	3	
	17		18.БР.ОТМП.188.06.017	Ось	3	
	18		18.БР.ОТМП.188.06.018	Втулка	1	
	19			Стандартные изделия Подшипник 209 ГОСТ 8338-75	2	
	20			Винт М6х40 ГОСТ 11738-84	1	
			18.БР.ОТМП.188.06.000			
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб. Власова						
Проб. Левашкин						
Н.контр. Виткалов						
Утв. Логинов						
Патрон трехкулачковый					Лист	Листов
					1	2
ТГУ, ТМД-1401						
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>	

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
			21		Винт М8х40 ГОСТ 11738-84	1		
			22		Шестерня ГОСТ 19624-74	1		
			23		Винт М6х35 ГОСТ 11074-93	2		
			24		Винт М8х60 ГОСТ 11738-84	1		
			25		Винт М4х25 ГОСТ 1488-84	2		
			26		Винт М8х65 ГОСТ 1488-84	3		
			27		Винт М4х15 ГОСТ 17475-80	1		
			28		Винт М10х32 ГОСТ 1477-93	1		
			30		Винт М8х20 ГОСТ 1482-84	3		
			31		Винт М8х35 ГОСТ 1482-84	1		
			32		Винт М6х30 ГОСТ 1482-84	3		
			33		Винт М5х25 ГОСТ 1477-93	1		
			34		Винт М8х40 ГОСТ 1477-93	1		
			35		Винт М4х15 ГОСТ 1491-80	4		
			36		Винт М6х25 ГОСТ 1491-80	4		
			37		Винт М10-60 ГОСТ 1491-80	2		
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	18.БР.ОТМП.188.06.000			Лист
								2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал			Формат А4

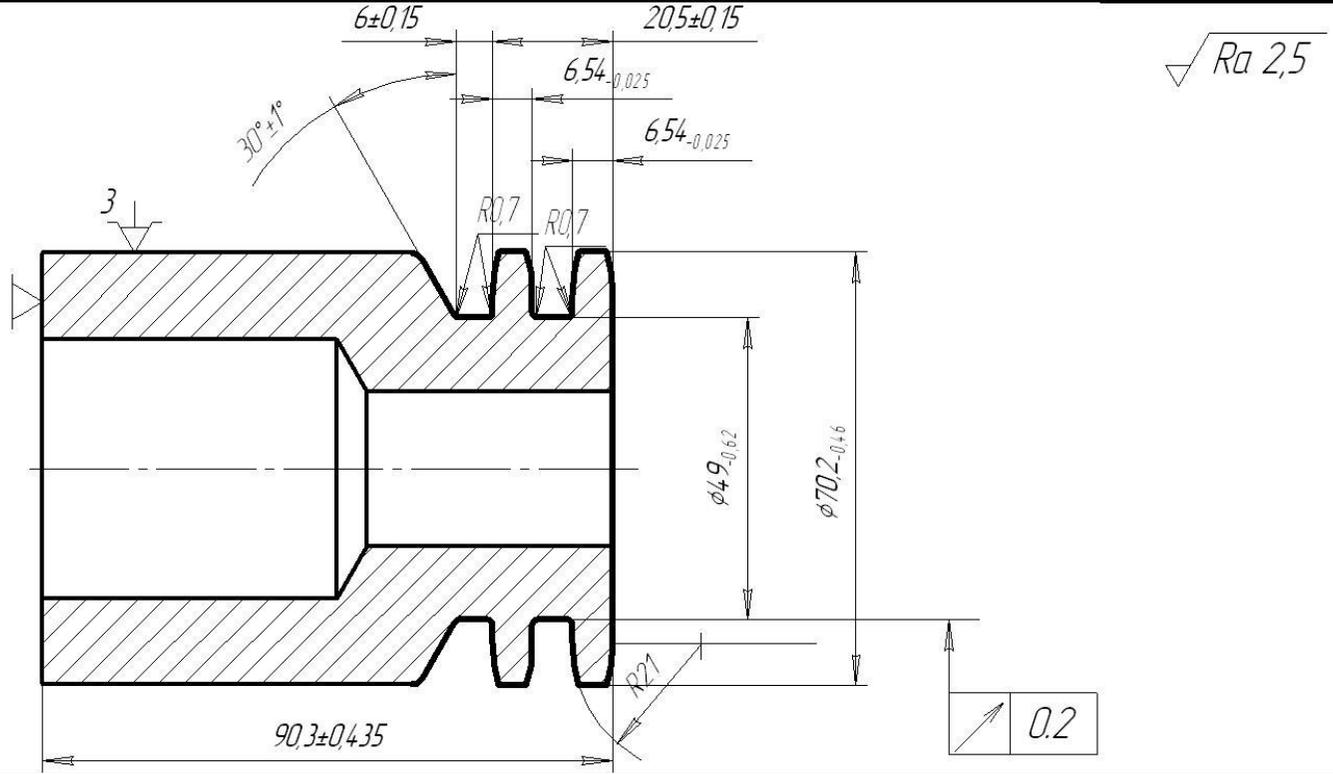
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Листов 1 / Лист																			
Разроб	Власова			Кафедра ОТМП															
Проверил	Левашкин																		
Звездочка																			
Н.контр.				Цех 4 ПМ Опер. 015															
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД		
Токарная чистовая с ЧПУ				Сталь 45 ГОСТ 1050-88						166	17	Ø70,2x90				3,0	1		
Оборудование: устройство ЧПУ				Обозначение программы				Т _а	Т _В	Т _{пз}	Т _{шм}	СОЖ							
Токарный с ЧПУ 16Б20ТМ				-				19,52	100	10	20,52	5% Укринол							
<i>P</i>			пи	Д или В	L	t	i	S	n	v									
<i>01</i>						мм		мм/об	об/мин	м/мин									
<i>02</i>	1. Установить и снять заготовку.																		
<i>T₀₂</i>	396110.XXXX Патрон трехшлицевой.																		
<i>03</i>	2. Точить поверхность 8, выдерживая размер $\varnothing 70,2_{-0,045}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $90,36 \pm 0,430$.																		
<i>P₀₃</i>			1	70,2	100	0,3	1	0,3	630	139,1									
<i>04</i>	3. Точить поверхности 4, 5, 6, 7, выдерживая размеры $30^{0 \pm 1,0}$, $6^{+0,3}$, $R0,7$, $20,5 \pm 0,15$, $R21_{-0,52}$.																		
<i>P₀₄</i>			1	70,2	100	10,6	1	0,3	300	66,1									
<i>05</i>	4. Точить поверхности 9, 10, 11, 12, выдерживая размеры $6,54_{-0,025}$, $R0,7$, $R21_{-0,52}$.																		
<i>P₀₅</i>			1	70,2	100	10,6	1	0,3	300	66,1									
<i>T₁₀</i>	XXXXXX Резец сборный T15K6; XXXXXX(2) Резец фасонный P6M5.																		
<i>11</i>																			
<i>12</i>																			
<i>OK</i>																			

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Лист 1

Разраб.	Власова		
Проверил	Левишкин		
Н.контр.			

ТГУ							
Кафедра ОТМП							
Звездочка						ВКР	015



КЭ

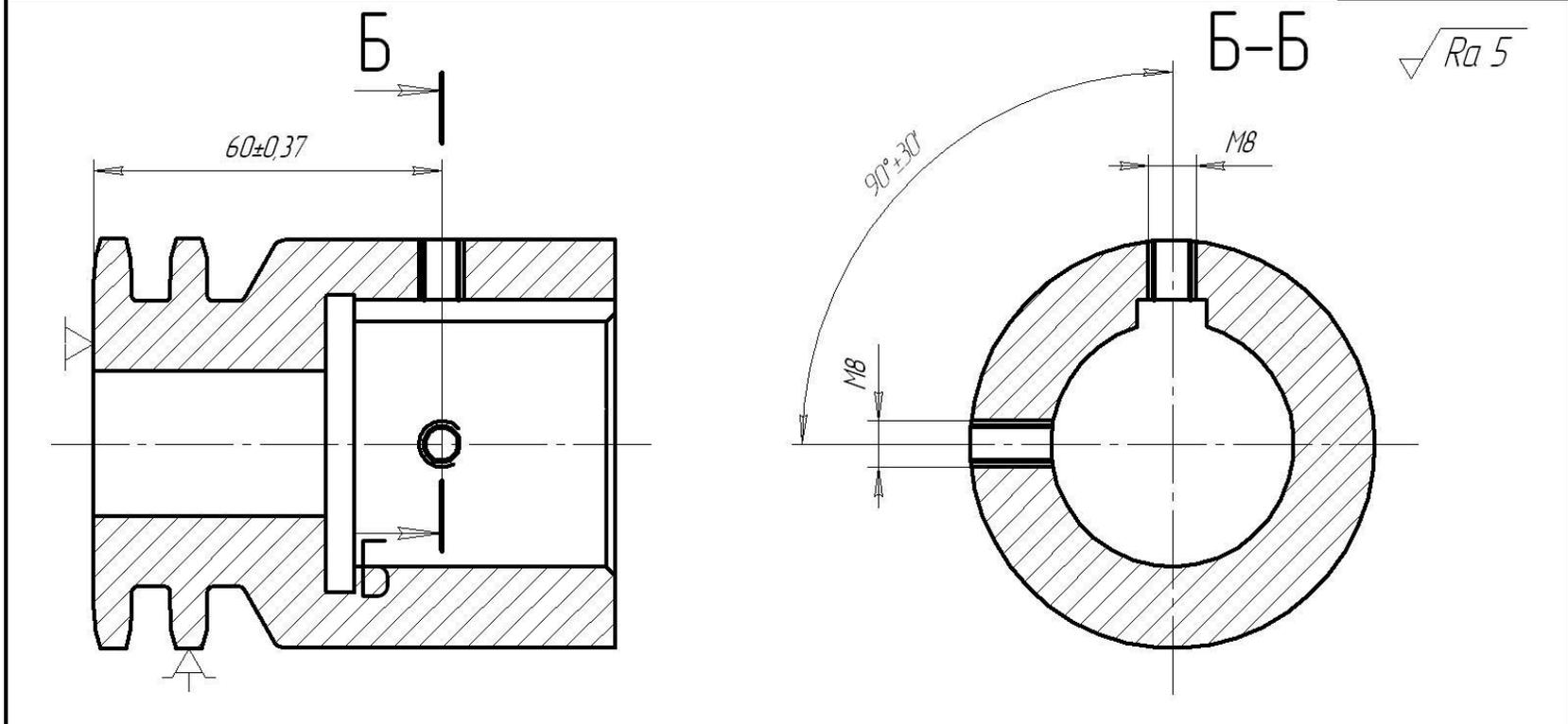
Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Лист 1

Разраб.	Власова		
Проверил	Лебашкин		
Н.контр.			

ТГУ
Кафедра ОТМП

Звездочка ВКР 030



КЭ