

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления фланца установки для термопластического упрочнения. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ, Тольятти, 2020 г.

В данной квалифицированной работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления фланца установки для термопластического упрочнения. Работа разделена на 6 разделов. В первом разделе проводится анализ исходных данных. Во втором разделе проектируется технологический маршрут обработки заготовки и осуществляется расчет технологических операций. В третьем разделе уделено особое внимание проектированию специального автоматизированного станочного приспособления. В четвертом разделе рассматриваются вопросы проектирования режущего инструмента. Пятый раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технического объекта. В шестом разделе ведется расчет экономической эффективности.

Пояснительная записка состоит из 79 страниц. Графическая часть включает 7 чертежей в формате А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали	6
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия ...	6
2 Разработка технологической части работы.....	8
2.1 Определение типа производства.....	8
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	8
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Определение припусков.....	13
2.5 Расчет режимов резания.....	15
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	30
3.1 Сбор исходных данных.....	30
3.2 Определение усилий резания	31
3.3 Расчёт усилия зажима.....	32
3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона.....	33
3.5 Расчёт силового привода.....	34
4 Проектирование режущего инструмента.....	35
4.1 Сбор исходных данных	35
4.2 Расчет державки резца	36
4.3 Выбор износостойкого покрытия для режущей части.....	38
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	54
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	54
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	55
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	55
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	57

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	59
6 Экономическая эффективность работы.....	61
Заключение.....	65
Список используемой литературы.....	66
Приложение А. Маршрутные карты.....	69
Приложение Б. Операционные карты.....	74

Введение

Качество в трактовке Международной организации по стандартизации (ИСО) представляет собой совокупность свойств и характеристик машины, обеспечивающих соответствие установленным или предполагаемым потребностям. Уровень качества определяется путем сравнения ряда показателей создаваемой машины в соответствии с показателями лучших образцов машин, составляющих базовую группу для сравнения.

В настоящее время в машиностроении большое внимание уделяется технологиям, увеличивающим срок жизни машин и их деталей. Многие из этих упрочняющих технологий занимаются поверхностными слоями деталей. Для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, а также повышенных температур применяется метод термопластического упрочнения.

Термопластическое упрочнение заключается в нагреве детали почти до уровня фазовых превращений в структуре его металла. Затем происходит резкое охлаждение водой под высоким давлением. В результате в поверхностном слое материала возникают пластические деформации, обеспечивающие уменьшение остаточных напряжений.

Установка для термопластического упрочнения имеет вращающий привод. Он необходим для того, чтобы упрочняемые детали, вращаясь, равномерно подвергались охлаждению. Одной из деталей, входящих в этот привод является фланец.

Создание принципиально новой машины или совершенствования существующей начинается с четкого формулирования цели проектирования.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления фланца установки для термопластического упрочнения заданного качества с наименьшими затратами.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Фланец предназначен для передачи вращения барабану установки для термопластического упрочнения. При этом он получает вращение от привода движения установки.

Служебное назначение и условия работы фланца подразумевают использование материала, от которого не требуется очень высокой ударной точности. Таким условиям удовлетворяет среднеуглеродистая качественная конструкционная сталь 45 ГОСТ 1050-88.

1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия

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

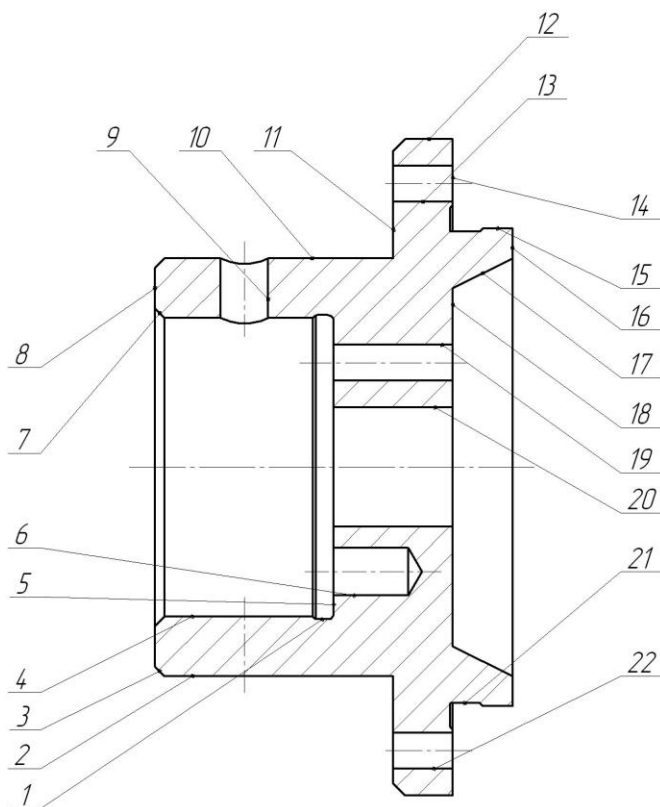


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями детали являются внутренняя цилиндрическая поверхность 4 и отверстия 13, 19 и 22, которые обеспечивают восприятие и передачу вращения.

Основной конструкторской базой детали является центральное отверстие 20.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются внутренний торец 5, глухие отверстия 6, цилиндрическая наружная поверхность 15 и наружный торец 16.

В состав стали 45 входят следующие химические элементы: углерод, сера, марганец, фосфор, кремний, никель, хром, мышьяк, медь и железо. [1]

Основными физико-механическими свойствами материала стали 45 являются: $\sigma_B = 550...600$ МПа, твердость после заготовительной операции $HB = 165...195$. [2]

«Стали являются универсальным конструкционным материалом, способным работать при различных вариантах внешнего воздействия: при высоких статических и циклических напряжениях, климатических, криогенных и повышенных температурах; при воздействии агрессивной внешней среды. Механические, физические, химические и технологические свойства сталей обусловлены свойствами железа. Стали наследуют от железа: высокий модуль упругости; высокую теплопроводность и низкий коэффициент линейного расширения; хорошие технологические свойства. Многообразие свойств связано с полиморфизмом железа и с возможностью его легирования углеродом и другими элементами; возможностью применения почти всех видов термической и химико-термической обработки». [3]

В данном разделе мы проанализировали служебное назначение детали, определили исполнительные поверхности и конструкторские базы, провели анализ материала, из которого изготовлена деталь.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства

В задании обозначена годовая программа $N_{\bar{A}}$ равно 5000 штук, а масса детали m равно 1,5 кг.

Отталкиваясь от вышеуказанных показателей, принимаем тип производства – среднесерийный. [5]

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

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

2.2 Выбор метода получения заготовки

«Выбор заготовки и способа ее получения выполняют путем анализа и комплексной оценки конструктивных, технологических, экономических и организационных факторов. При этом учитывают геометрическую форму, габаритные размеры и массу изготавливаемой детали, вид материала и его технологические свойства, а также программу выпуска изделий. В действующем производстве принимают во внимание также возможности

заготовительных цехов и плановые сроки технологической подготовки производства». [5]

Отталкиваясь от выбранной стратегии, определяем, что для данной детали целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку на ГКШП.

Масса заготовки при штампованной заготовке $m_{3\phi} = 2,14$ кг, при заготовке-прокате $m_{3\bar{i}} = 5,0$ кг, а масса детали $m = 1,5$ кг.

Найдем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [6].

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

где $E_n = 0,15$; $C_c = 0,495$; $C_k = 1,085$. [6]

Тогда

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

Найдем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [6].

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

где $C_{\text{шт}} = 0,315$; $k_T = 0,9$; $k_C = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_{II} = 1,0$. [6]

Тогда

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

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

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

где $Q_{\phi\phi} = 2,14$; $q = 1,5$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{\dot{\phi}} = 0,2715 \cdot 2,14 + 0,6578(2,14 - 1,5) - (2,14 - 1,5)0,0144 = 0,9928 \text{ (руб)}.$$

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [6].

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

где $Q_{\dot{\phi}} = 5,0$; $q = 1,5$; $C_{отх} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{\dot{\nu}} = 0,1219 \cdot 5,0 + 0,6578(5,0 - 1,5) - 0,0144(5,0 - 1,5) = 2,8614 \text{ (руб)}.$$

Таким образом, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Ограниченность возможностей современных технологических методов и средств изготовления, как правило, не позволяет в один технологический переход изготовить изделие и получить заданное качество. Поэтому любой техпроцесс представляет собой совокупность технологических переходов, объединенных в одну или несколько операций. Наличие множества технологических переходов и операций порождает дополнительные факторы, влияющие на качество изготовления изделия. К ним относятся: смена технологических баз, взаимное влияние факторов, действующих при осуществлении технологических переходов». [7]

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 1 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: черновое и чистовое точение.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 2 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 3 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 4 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=7$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 5 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 6 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 7 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 8 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 9 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 10 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 11 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 12 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 13 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=7$ необходима следующая последовательность методов обработки: сверление и зенкерование.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 14 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 15 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=7$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 16 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 17 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 18 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 19 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 20 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=7$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 21 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 22 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

2.4 Определение припусков.

Определим припуски на обработку поверхности с диаметром $20H7(+0,021)$ мм.

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

Исходные данные: $D = 20(+0,021)$ мм; $L = 20$ мм; $Ra = 1,6$ мкм.

Определим допуски на указанную поверхность на каждую технологическую операцию.

$$Td_0 = 2,0; Td_1 = 0,21; Td_2 = 0,052; Td_{TO} = 0,084; Td_3 = 0,021. \text{ (мм)}. [8]$$

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. [9] \tag{5}$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,0 = 0,500.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,21 = 0,053.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005.$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. [9] \tag{6}$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,500^2 + 0,025^2} = 0,901.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,253.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,021^2 + 0,012^2} = 0,274.$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). \quad [9] \quad (7)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,901 + 0,5(2,0 + 0,21) = 2,006.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,274 + 0,5(0,052 + 0,021) = 0,311.$$

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

$$d_{3\min} = 20,000.$$

$$d_{3\max} = 20,021.$$

$$d_{TO\max} = d_{3\max} - 2Z_{3\min} = 20,021 - 2 \cdot 0,274 = 19,473.$$

$$d_{TO\min} = d_{TO\max} - Td_{TO} = 19,473 - 0,084 = 19,389.$$

$$d_{2\max} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 19,389 \cdot 0,999 = 19,370.$$

$$d_{2\min} = d_{2\max} - Td_2 = 19,370 - 0,052 = 19,318.$$

$$d_{1\max} = d_{2\min} - 2Z_{2\min} = 19,318 - 2 \cdot 0,253 = 18,812.$$

$$d_{1\min} = d_{1\max} - Td_1 = 18,812 - 0,210 = 18,602.$$

$$d_{0\max} = d_{1\min} - 2Z_{1\min} = 18,602 - 2 \cdot 0,901 = 16,800.$$

$$d_{0\min} = d_{0\max} - Td_0 = 16,800 - 2,000 = 14,800.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(16,800 + 14,800) = 15,800.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(18,812 + 18,602) = 18,707.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(19,370 + 19,318) = 19,344.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(19,473 + 19,389) = 19,431.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(20,021 + 20,000) = 20,011.$$

2.5 Расчет режимов резания

2.5.1 Расчет режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (9)$$

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$ м/мин.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 110} = 301,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_{\delta} = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 250}{1000} = 86,4 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{43}{75} = 0,57 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин}$.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 70} = 473,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 400}{1000} = 87,9 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин}.$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{54}{120} = 0,45 \text{ мин}.$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,57 + 0,45 = 1,02 \text{ мин}.$$

2.5.2 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная черновая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 2,5 \text{ мм}$. [10]

Подача $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания $V_0 = 135 \text{ м/мин}$. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин}$.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 70} = 474 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 500}{1000} = 110 \text{ м/мин.}$$

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

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{15}{150} = 0,10 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$ м/мин.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 110} = 217 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_0 = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 250}{1000} = 86,5 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{62}{75} = 0,83 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин}$.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 62,5}{3,14 \cdot 49,4} = 402,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49,4 \cdot 400}{1000} = 62 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин}.$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{45}{120} = 0,37 \text{ мин}.$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,10 + 0,83 + 0,37 = 1,30 \text{ мин}.$$

2.5.3 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,25 \text{ мм}$. [10]

Подача $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания $V_0 = 135 \text{ м/мин}$. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин}$.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 50,5} = 655,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,5 \cdot 630}{1000} = 99,9 \text{ м/мин.}$$

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

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{2}{189} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3 \text{ мм. [10]}$

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [10]}$

Скорость резания $V_0 = 135 \text{ м/мин. [10]}$

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 53,2} = 622,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_0 = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 53,2 \cdot 500}{1000} = 83,5 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{63}{100} = 0,63 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,63 = 0,64 \text{ мин.}$$

2.5.4 Расчет режимов резания на операцию 025 Токарная чистовая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,3 \text{ мм. [10]}$

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$ м/мин.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 86} = 385,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 86 \cdot 315}{1000} = 85,1 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5}{63} = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 135$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$ м/мин.

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 100} = 331,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 315}{1000} = 98,9 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{26}{63} = 0,41 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,08 + 0,41 = 0,49 \text{ мин.}$$

2.5.5 Расчет режимов резания на операцию 030 Сверлильная.

Длина хода инструмента

$$L = L_p + L_{II} + L_D, [10] \tag{10}$$

где $L_{II} = 1 \text{ мм.}$

$$L_{\dot{A}} = 2,5 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 10 + 1 + 2,5 = 13,5, \text{ мм.}$

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

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

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

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [10]}$

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \tag{11}$$

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

Тогда

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

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 8} = 426,0, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10,0, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{13,5}{80} = 0,17, \text{ мин.}$$

2.5.6 Расчет режимов резания на операцию 035 Сверлильная.

Переход 1.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [10]$$

где $L_{II} = 0,6 \text{ мм}$.

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 3 + 0,6 + 0 = 3,6, \text{ мм}$.

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

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

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

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

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

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 17,4, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 17,4}{3,14 \cdot 10} = 554, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n = 600 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 600}{1000} = 18,8, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{6 \cdot 3,6}{90} = 0,24, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [10]$$

где $L_I = 1 \text{ мм}$.

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 24 + 1 = 25, \text{ мм}$.

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

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

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

Подача $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

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

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 17,4, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 18,7}{3,14 \cdot 5,9} = 1009 \text{ , мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_o = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,9 \cdot 1000}{1000} = 18,5 \text{ , м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 1000 = 100 \text{ , мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{2 \cdot 23}{100} = 0,46 \text{ , мин.}$$

Переход 3.

Длина хода инструмента

$$L = L_p + L_{II} + L_d, [10]$$

где $L_{II} = 1 \text{ мм.}$

$$L_d = 0 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 24 + 1 = 25 \text{ , мм.}$

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где $\lambda = \frac{L_p}{L_{p,x}} \approx 1$; $T_M = 60 \text{ мин.}$

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

Подача $S_0 = 0,5 \text{ мм/об. [10]}$

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{TAB} = 5$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,95$.

Тогда

$$V = 5 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 3,2 \text{ , м/мин.}$$

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 3,2}{3,14 \cdot 6} = 169, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем по паспорту станка.

$$n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_o = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 160}{1000} = 3,2, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 160 = 80, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{2 \cdot 25}{80} = 0,59, \text{ мин.}$$

Переход 4.

Длина хода инструмента

$$L = L_p + L_{II} + L_d, [10]$$

где $L_{II} = 1 \text{ мм}$.

$$L_d = 0 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 24 + 1 = 25, \text{ мм}$.

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где $\lambda = \frac{L_p}{L_{p,x}} \approx 1$; $T_M = 60 \text{ мин}$.

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

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

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

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 13,1, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 13,1}{3,14 \cdot 8} = 541,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 500}{1000} = 15,1, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,20 \cdot 500 = 100, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{4 \cdot 13,6}{100} = 0,45, \text{ мин.}$$

2.5.7 Расчет режимов резания на операцию 040 Сверлильная

Переход 1.

Длина хода инструмента

$$L = L_p + L_{II} + L_d, [10]$$

где $L_f = 1 \text{ мм}$.

$$L_{\dot{A}} = 2,5 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 12,5 + 1 + 2,5 = 16, \text{ мм}$.

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где $\lambda = \frac{L_p}{L_{p,x}} \approx 1$; $T_M = 60 \text{ мин}$.

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

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

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

Тогда

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

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 8} = 426,0, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_o = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10,0, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,20 \cdot 400 = 80, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{n \cdot L_{PX}}{S} = \frac{3 \cdot 16}{80} = 0,60, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [10]$$

где $L_i = 1 \text{ мм}$.

$$L_{\bar{A}} = 1,75 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 20 + 1 + 1,75 = 22,75, \text{ мм}$.

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

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

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

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

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

Тогда

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

Частота вращения. [10]

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6} = 567,9, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,4, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,20 \cdot 500 = 100, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{n \cdot L_{PX}}{S} = \frac{3 \cdot 22,75}{80} = 0,85, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,60 + 0,85 = 1,45, \text{ мин.}$$

2.5.8 Расчет режимов резания на операцию 050 Шлифовальная.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 80} = 140, \text{ об/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{0,2}{140 \cdot 0,003} \cdot 1,2 = 0,57, \text{ мин.}$$

2.5.9 Расчет режимов резания на операцию 055 Внутришлифовальная.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_{\xi} = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 20} = 320 \text{ об/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{20 \cdot 1,5}{0,3 \cdot 15 \cdot 320} \cdot \frac{0,08}{0,004} = 0,42 \text{ мин.}$$

2.5.10 Расчет режимов резания на операцию 60 Внутришлифовальная.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 222,9, \text{ об/мин.}$$

Основное время. [10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} \cdot \quad (12)$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [10]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{28,4}{100} + 0,05 = 0,35, \text{ мин.}$$

В данном разделе мы выбрали тип производства, технико-экономическим сравнением выбрали способ изготовления заготовки, на одну из поверхностей рассчитали припуски на обработку, выбрали наиболее подходящие методы обработки для каждой поверхности детали, рассчитали режимы резания на операции. Чертеж заготовки, план изготовления детали и технологические наладки представлены в презентации.

3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

3.1 Сбор исходных данных

На операции 025 Токарная чистовая для закрепления и базирования заготовки применяется патрон трёхкулачковый самоцентрирующий. Закрепление заготовки осуществляется захватом кулачков по внутренней цилиндрической поверхности диаметром 50 мм.

Операционная схема представлена на рисунке 2.

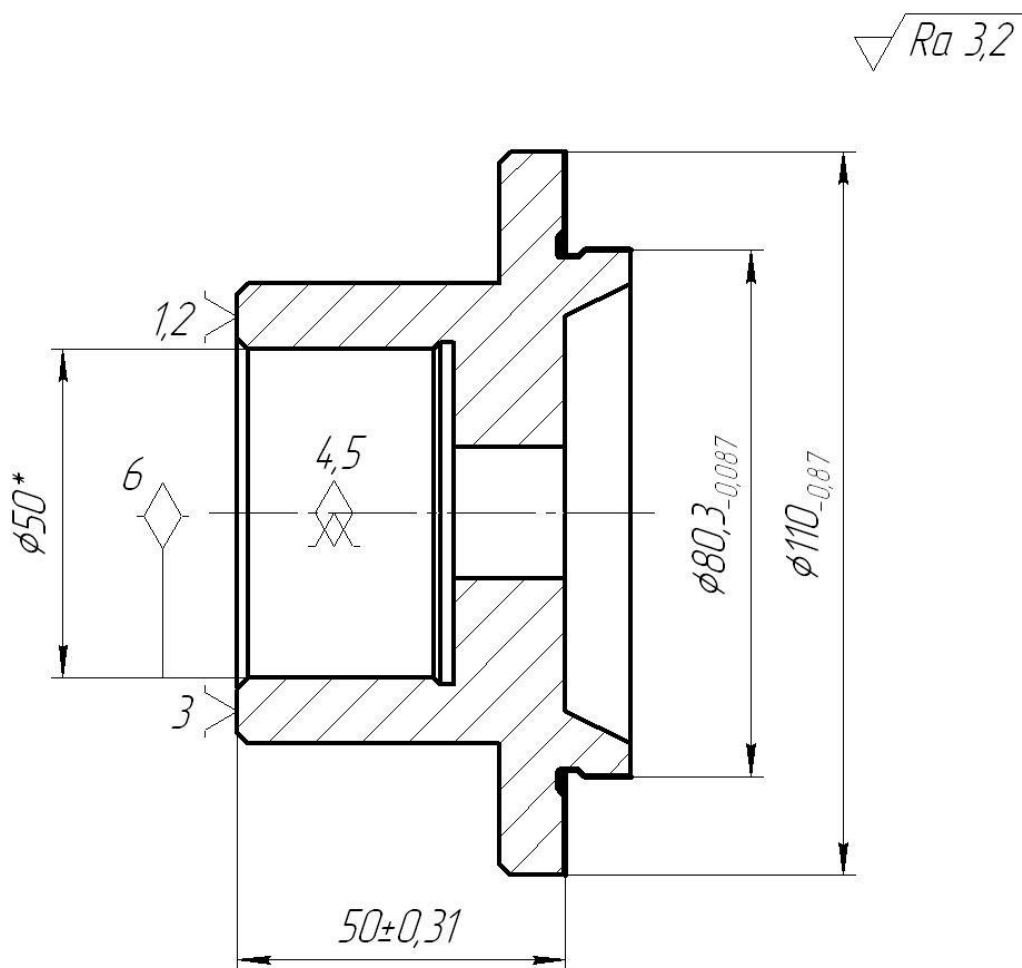


Рисунок 2 - Эскиз операции 025

3.2 Определение усилий резания

При обработке точением составляющие P_z и P_y определяют по формуле:

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot [12] \quad (13)$$

При обработке стальной заготовки резцом с пластиной из твёрдого сплава постоянные формулы (13) равны для P_z :
 $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$.

Для P_y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{np}, [12] \quad (14)$$

где

$$K_{MP} = \left(\frac{\delta_s}{750} \right)^{0,75}, [12] \quad (15)$$

$$\hat{E}_{i\delta} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846,$$

При

$$\varphi = 60^\circ :$$

$$K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^\circ; K_{mp_z} = 1,05; K_{mp_y} = 1,5; \lambda = +0,5^\circ; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15. [11]$$

Тогда

$$\hat{E}_{\delta_z} = \hat{E}_{i\delta} \cdot \hat{E}_{\delta\delta_z} \cdot \hat{E}_{\gamma\delta_z} \cdot \hat{E}_{i\delta_z} = 0,846 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,860.$$

$$\hat{E}_{\delta_\delta} = \hat{E}_{i\delta} \cdot \hat{E}_{\delta\delta_\delta} \cdot \hat{E}_{\gamma\delta_\delta} \cdot \hat{E}_{i\delta_\delta} = 0,846 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,17.$$

Подставляя значения, получим

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 98,9^{-0,15} \cdot 0,860 = 116,2, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 98,9^{-0,3} \cdot 1,17 = 92,3, \text{ Н.}$$

3.3 Расчёт усилия зажима

Результирующий крутящий момент от действия касательной составляющей силы резания пытается повернуть заготовку в кулачках и рассчитывается как

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{116,2 \cdot 110}{2} = 6391, \text{ Н.} \quad [12]$$

Момент от силы зажима препятствует повороту заготовки и определяется по формуле:

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (16)$$

Из равенства моментов M_p и M_3 рассчитаем необходимое зажимное усилие, которое препятствует повороту изделия.

$$W^1 = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K P_z \cdot d_1}{f d_2}, [12] \quad (17)$$

Коэффициента запаса K рассчитывают по формуле, которая определяет условия выполнения операции:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (18)$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; K_{p_y} = 2,52.$$

$$f = 0,3 \text{ отсюда}$$

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 116,2 \cdot 110}{0,3 \cdot 50} = 1533,8, \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания P_y пытается вывернуть заготовку из кулачков

$$M_p^{11} = P_y \cdot \ell. \quad [12] \quad (19)$$

Этому препятствует момент от зажимной силы

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (20)$$

Величина усилия W_1 , рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{1533,8}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1817,3, \text{ Н.}$$

3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона

Определим усилие Q , которое создается силовым приводом, увеличиваемое зажимным механизмом и передаваемое каждому кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c}. \quad [13] \quad (21)$$

Для клинового механизма данную величину i находим по формуле:

$$i_{c.kl} = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg} \varphi_1}, \quad [13] \quad (22)$$

где $\alpha = 15...30^\circ$ – рекомендуемый угол наклона клина. [12]

Принимаем $\alpha = 20^\circ$. Углы φ и φ^1 найдем по формуле:

$$\varphi = \text{arctg} \cdot f_1 = \text{arctg} \cdot 0,1 = 5^\circ 43', \text{ отсюда:}$$

$$\text{принимаем } \varphi = \varphi^1 = 6^\circ.$$

Отсюда

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg} 6^\circ} = 1,9,$$

следовательно

$$Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{1817,3}{1,9} = 956,5, \text{ Н.}$$

3.5 Расчёт силового привода

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра

$$L = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}. \quad [12] \quad (23)$$

В конструкцию токарного станка встраивается силовой привод с диаметральной размер поршня не более 120 мм.

Определим диаметр поршня

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{956,5}{0,4}} = 55,3, \text{ мм.}$$

Для увеличения номенклатуры изделий принимаем $D = 80$ мм.

Рассчитаем ход поршня:

$$S_a = \frac{S_w}{i_n}. \quad [12] \quad (24)$$

$$i_n = \frac{1}{1,9} = 0,52 \quad [12], \text{ следовательно}$$

$$S_a = \frac{0,4}{0,52} = 7,6 \text{ мм. С учетом запаса примем } S_a = 20 \text{ мм.}$$

В данном разделе мы спроектировали автоматизированное станочное приспособление для токарной операции техпроцесса.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Сбор исходных данных

На токарной операции 015 проводится обработка наружных и внутренних поверхностей детали. Эскиз операции представлен на рисунке 3.

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

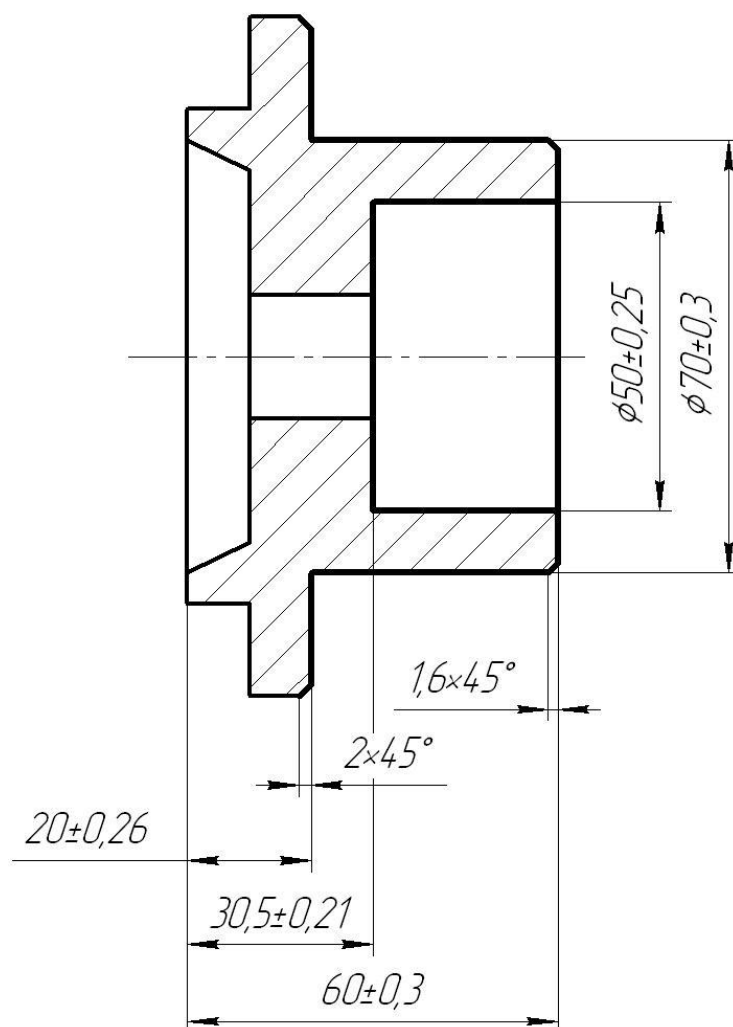


Рисунок 3 – Эскиз операции 015

«Режущие пластины соединяют с головкой резца пайкой, клеем или механическим способом. В первых двух случаях на головке резца предварительно фрезеруется паз той или иной формы: открытый,

полузакрытый, закрытый. Однако твердосплавные пластины при напайке подвергаются действию перепада температур, что вызывает появление микротрещин и быстрый выход резцов из строя. Лучшим вариантом крепления пластин является их механическое крепление». [14]

Обработка наружных поверхностей ведется токарным контурным резцом, оснащенным пластиной из твердого сплава Т5К10. Эти резцы должны соответствовать ГОСТ 26613-2016. [15]

4.2 Расчет державки резца

Рассчитаем составляющую P_Z силы резания на этой операции:

$$P_{z_1} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad [14] \quad (25)$$

При обработке стальной заготовки резцом с пластиной из твёрдого сплава постоянные формулы (25) равны для P_Z :
 $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{xp}, \quad [14] \quad (26)$$

где

$$K_{MP} = \left(\frac{\delta_e}{750} \right)^{0,75}, \quad [14] \quad (27)$$

$$\hat{E}_{i\delta} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846,$$

При

$$\varphi = 60^\circ :$$

$$K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^\circ; K_{\mu_z} = 1,05; K_{\mu_y} = 1,5; \lambda = +0,5^\circ; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15. \quad [14]$$

Тогда

$$\hat{E}_{\delta_z} = \hat{E}_{i\delta} \cdot \hat{E}_{\delta\delta_z} \cdot \hat{E}_{\gamma\delta_z} \cdot \hat{E}_{i\varphi_z} = 0,846 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,860.$$

Подставляя значения, получим

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 86,4^{-0,15} \cdot 0,860 = 1339, \text{ Н.}$$

«Проходные резцы применяются в основном для обработки (точения) наружных цилиндрических поверхностей тел вращения. Бывают трех видов: отогнутый, прямой и упорный. Проходные прямые резцы с прямой рабочей частью применяют для решения тех же задач, что и резцы отогнутого типа, но они менее удобны для снятия фасок. В основном таким инструментом обрабатывают как правило внешние поверхности цилиндрических заготовок. Проходные отогнутые резцы, рабочая часть которых может быть отогнута в правую или левую сторону, применяют для обработки торцевой части заготовки. С их помощью также снимают фаски. Проходные упорные отогнутые резцы могут изготавливаться с прямой или отогнутой рабочей частью, но на этой конструктивной особенности не акцентируют внимание, а просто называют их проходными упорными». [14]

При квадратном сечении державки резца ширину поперечного сечения корпуса можно рассчитать по формуле:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma}}. \quad (28)$$

«Державки резцов следует изготавливать из стали марок: 50ХФА – по ГОСТ 14959; 40ХФА или 40Х – по ГОСТ 4543. Детали крепления пластин резцов следует изготавливать из стали марок 40Х, 40ХФА, 40ХН2МА, 40ХНМА – по ГОСТ 4543. Допускается изготовление детали резцов из стали других марок с соответствующими физико-механическими свойствами». [15]

Примем материал для державки резца сталь 40Х ГОСТ 4543-71
 $\sigma_B = 600 \text{ МПа.}$

Тогда по формуле (28):

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1339 \cdot 40}{600}} = 8,12, \text{ мм.}$$

Примем конструкцию державки квадратного сечения размерами 16x16 мм.

«В конструкциях резцов рекомендуется базирование пластинок на твердосплавную прокладку, которая предохраняет корпус державки от повреждения в случае поломки пластины». [14]

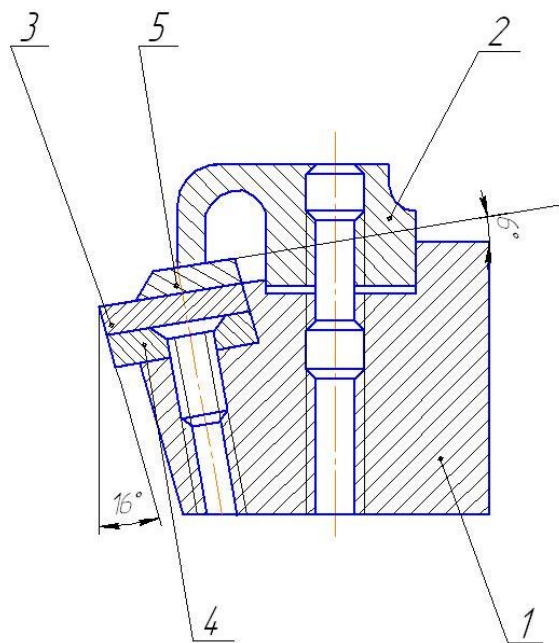


Рисунок 4 - Проходной резец:

1- корпус державки; 2- крепление; 3- режущая пластина; 4- опорная пластина; 5- клиновидная пластина.

«Обработка поверхностей осуществляется следующим образом: резцу сообщают возвратно поступательное движение, а заготовке сообщаем вращательное движение относительно оси. В результате чего резец снимает с заготовки часть поверхностного слоя и образуется обработанная поверхность». [14]

4.3 Выбор износостойкого покрытия для режущей части

Для обработки изделий, имеющих различную форму обрабатываемой поверхности, используют резцы, рабочая часть которых

выполнена из твердого сплава с износостойким покрытием, которое нанесено, по меньшей мере, на переднюю и заднюю поверхности режущего клина инструмента. [16]

При этом рабочая часть резцов может быть выполнена цельной из твердого сплава или иметь сменные неперетачиваемые режущие пластины. Износостойкое покрытие с учетом своего прямого назначения позволяет существенно повысить работоспособность и стойкость резцов применительно к конкретным обрабатываемым материалам и режимам резания.

В процессе точения рабочая часть режущего инструмента подвергается значительному переменному механическому и термическому воздействиям, имеющим ударный характер. При этом для повышения работоспособности и стойкости режущего инструмента используют износостойкое покрытие, имеющее переменную толщину.

Это связано с необходимостью выравнивания остаточных внутренних напряжений, как в самой твердосплавной основе режущего клина инструмента, так и в износостойком покрытии, нанесенном на твердосплавную основу. В то же время переменная толщина износостойкого покрытия влечет за собой изменение его поперечного сечения, что может отрицательно сказываться на распределении тепла в зоне резания, и как следствие снижение работоспособности режущего инструмента.

Также следует заметить, что неравномерность толщины износостойкого покрытия может быть обусловлена микрорельефом рабочих поверхностей режущего инструмента.

Одним из перспективных износостойких покрытий, с помощью которого можно эффективно решить задачу по снижению максимальных значений температур на поверхностях режущего клина инструмента является покрытие из сверхтвердого аморфного углерода, имеющего наивысшую температуру. Это покрытие обладает химической

инертностью, низкой шероховатостью, высокой твердостью и теплопроводностью, а также имеет низкий коэффициент трения скольжения.

В тоже время это покрытие имеет низкую термостойкость. Кроме того из-за низкого коэффициента трения этого покрытия при точении образуется значительная по величине зона скольжения обрабатываемого материала непосредственно по передней поверхности режущего клина инструмента. При этом зона скольжения внутренних слоев обрабатываемого материала при его контакте с передней поверхностью режущего клина инструмента существенно уменьшается, а на определенных этапах фрезерования практически отсутствует.

В результате этого существенно увеличивается площадь зоны трения обрабатываемого материала непосредственно по передней поверхности. Это вызывает повышение температуры, которое не компенсируется малым коэффициентом трения скольжения, характерным для алмазоподобных покрытий.

При этом также возникает смещение и дрейф зоны критических напряжений и температур в сторону режущей кромки. Это оказывает экстремальное по своему значению отрицательное воздействие на работоспособность и стойкость режущего инструмента (особенно при острой режущей кромке, необходимой для обработки изделий из алюминия и его сплавов). При этом указанные особенности износостойких покрытий из сверхтвердого аморфного углерода не позволяют в полной мере использовать их потенциал, обусловленный особенностями собственно износостойкого покрытия.

Возникает необходимость использовать соотношение конструктивных элементов режущего клина и износостойкого покрытия с учетом положительных свойств собственно износостойкого покрытия, обусловленных соотношением его компонентов и физико-механических свойств.

В этой связи в первую очередь целесообразно учитывать в указанном износостойком покрытии, нанесенном на поверхности режущего инструмента, диапазоны изменения толщины покрытия, содержания в нем тетраэдрической фазы аморфного алмаза, оказывающей существенное влияние на теплопроводность покрытия, микротвердости покрытия и его коэффициента трения скольжения.

При этом повышение стойкости режущего инструмента с износостойким покрытием из сверхтвердого аморфного углерода можно достигнуть с одной стороны повышением термостойкости собственно покрытия, а с другой стороны снижением температуры в зоне резания за счет использования свойств сверхтвердого углеродного покрытия. При этом наибольшего эффекта можно достичь при одновременном решении двух указанных задач.

Известна конструкция режущего инструмента (заявка PCT/US 2008/080281). В одном из вариантов исполнения указанного изобретения его корпус с режущей частью выполнен из карбида вольфрама, а на его поверхность нанесено износостойкое покрытие из гидронизированного алмазоподобного углеродного материала или нанокompозита карбид вольфрама/углерод. При этом покрытие имеет толщину от 1 до 3 мкм и характеризуется низким коэффициентом трения, обусловленным низкой адгезией к нему алюминиевой стружки, образующейся при фрезеровании алюминия. Недостатком указанного покрытия является его недостаточная работоспособность и износостойкость при высоких скоростях резания.

Известен способ формирования сверхтвердого аморфного углеродного покрытия (патент РФ №2430986). Он позволяет получить износостойкое покрытие высокой микротвердости и термостойкости за счет высокого содержания в покрытии тетраэдрически координированного углерода (sp^3 -фазы).

Также известен режущий инструмент с многослойным покрытием (патент РФ №2478731). Он содержит многослойное покрытие, нанесенное

на твердосплавную подложку режущей части инструмента. Причем верхний слой износостойкого покрытия состоит из сверхтвердого аморфного углерода.

Известен режущий инструмент в виде концевой фрезы (патент РФ №2691483). При этом фреза концевая содержит расположенную вокруг оси вращения рабочую часть с режущими кромками, образованными на пересечении передних и задних поверхностей и расположенными с чередованием со стружкоотводящими канавками. На рабочую часть концевой фрезы нанесено износостойкое покрытие, состоящее из, по меньшей мере, одного слоя, который содержит фазу, по меньшей мере, с одним из элементов V, Cr, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, Al, Si, C, N, O и имеет остаточные сжимающие напряжения, причем износостойкое покрытие имеет неравномерную толщину по поверхности рабочей части фрезы.

При этом толщина износостойкого покрытия на передних и задних поверхностях, а также поверхностях стружкоотводящих канавок в каждом поперечном сечении плоскостью рабочей части имеет переменную величину в пределах 0.2...5,0 мкм и она больше в направлении от оси фрезы к режущим кромкам.

Недостатком указанных выше инструментов также является их недостаточная работоспособность и стойкость при высоких скоростях резания.

В то же время переменная толщина износостойкого покрытия влечет за собою изменение его поперечного сечения, что может отрицательно сказываться на распределении тепла в зоне резания. При этом наиболее неблагоприятные условия отвода тепла могут возникнуть при использовании в частности в качестве верхнего слоя покрытия аморфного алмазоподобного углерода, обладающего низким коэффициентом трения скольжения.

Снизить влияние указанного недостатка на стойкость режущего инструмента, имеющего в составе износостойкого покрытия фазу,

содержащую аморфный алмазоподобный углерод, возможно, учитывая в указанном износостойком покрытии, нанесенном на поверхности режущего инструмента, диапазоны изменения толщины покрытия, содержания в нем тетраэдрической фазы аморфного углерода, существенно влияющей на отвод тепла, микротвердости покрытия и его коэффициента трения скольжения.

Однако в рассматриваемом техническом решении соотношение указанных выше характеристик не определено, хотя в соответствии с одним предпочтительным исполнением износостойкое покрытие, нанесенное на концевую фрезу, содержит слой из сверхтвердого аморфного углерода, толщина которого находится в пределах 0,5-1,6 мкм, а остаточные сжимающие напряжения в износостойком покрытии находятся в пределах 4-10 ГПа.

Задачей [16] является повышение работоспособности и стойкости режущего инструмента при высоких скоростях резания за счет повышения его термостойкости и снижения температуры в зоне резания.

Указанный технический результат достигается посредством совокупности признаков, приведенных в соответствующих пунктах.

Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, содержит рабочую часть с режущими кромками, образованными на пересечении передних и задних поверхностей. На рабочую часть нанесено износостойкое покрытие, имеющее не равномерную толщину. В нем имеется, по меньшей мере, один слой, содержащий фазу с алмазоподобным аморфным углеродом.

Согласно [16] в каждом поперечном сечении передней поверхности вдоль каждой режущей кромки, площадь сечения слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, приходящаяся на один миллиметр длины режущей кромки, находится в диапазоне 1300...2700 мкм² при содержании тетраэдрической фазы аморфного углерода в этом

слое в диапазоне 85...90% его состава и его микротвердости в диапазоне 80...100 ГПа.

В соответствии с одним предпочтительным исполнением режущего инструмента износостойкое покрытие, содержит дополнительно, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу, по меньшей мере, с одним из элементов V, Cr, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, B, Al, Si, C, N, O.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента в качестве аморфного алмазоподобного углеродного материала использован аморфный алмазоподобный углерод с легирующей добавкой вольфрама в количестве 0,5...2,0%.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента перепад толщин слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, на расстоянии, по меньшей мере, до 0,5 мм от режущих кромок не превышает 0,5 мкм.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента он выполнен в виде односторонней или двухсторонней режущей пластины с противоположно расположенными передними и базовыми поверхностями.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента он выполнен в виде токарного резца с механическим креплением сменных режущих пластин, на которые нанесено износостойкое покрытие.

На рисунке 5 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде односторонней сменной режущей пластины.

На рисунке 5 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде двухсторонней сменной режущей пластины.

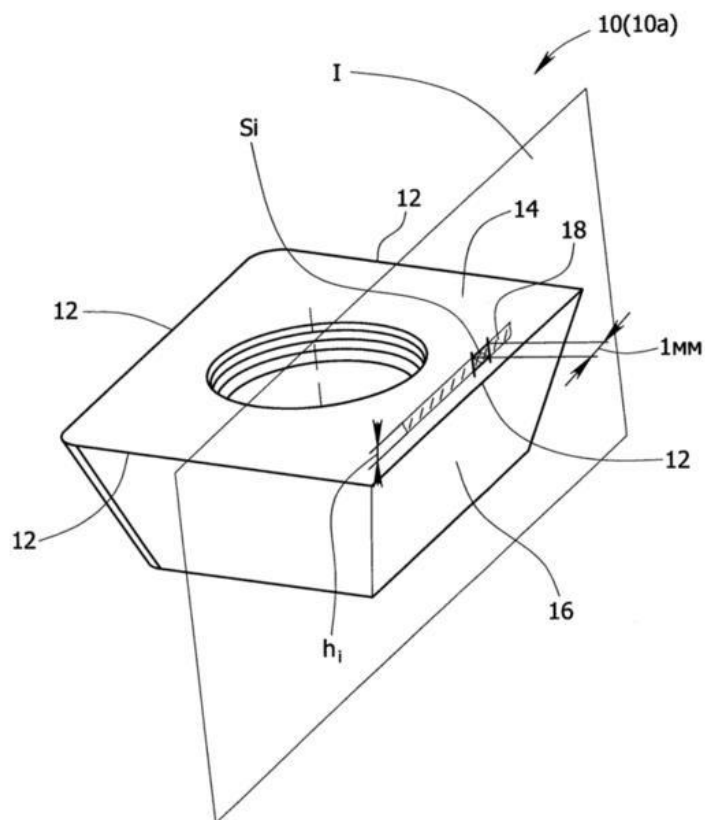


Рисунок 5 - Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину

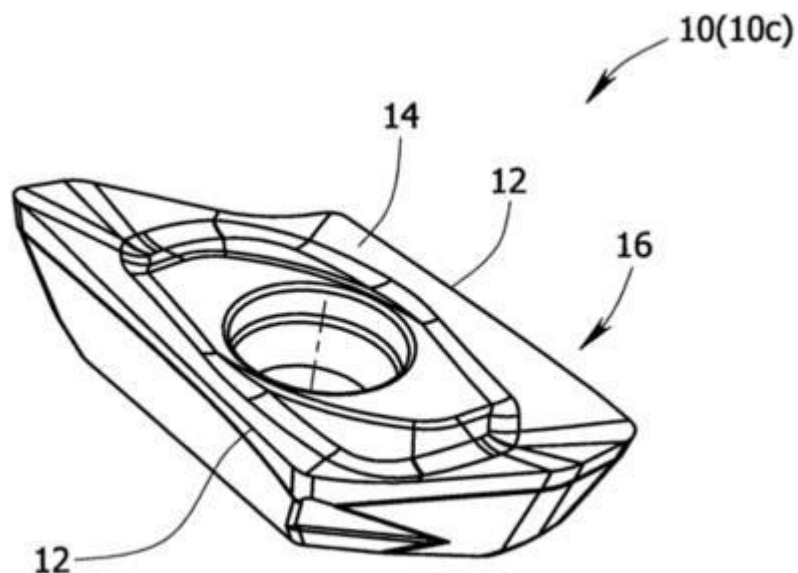


Рисунок 6 - Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде двухсторонней сменной режущей пластины

Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием (АНН) может быть выполнен в виде односторонней или двухсторонней сменной режущей пластины. При этом двухсторонняя режущая пластина обычно может иметь противоположно расположенные передние 14 и базовые поверхности, через которые проходит крепежное отверстие.

Режущий инструмент также может быть выполнен в виде токарных резцов, торцевых или дисковых фрез с механическим креплением сменных режущих пластин, имеющих передние 14 и задние 16 поверхности. На пересечении этих поверхностей могут быть образованы прямолинейные или криволинейные режущие кромки. Основа режущей части инструмента, на которую наносят износостойкое покрытие, может быть выполнена из материала, содержащего карбиды вольфрама.

Далее более подробно рассмотрим рисунок 5. В качестве примера на рисунке 5 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, выполненный в виде односторонней сменной режущей пластины с режущими кромками 12, образованными на пересечении передних 14 и задних 16 поверхностей.

На поверхности твердосплавной основы сменной режущей пластины сформировано методом физического осаждения из паровой фазы алмазоподобное износостойкое покрытие 18.

В качестве примера в направлении от режущих кромок 12 к центру отверстия покрытие имеет неравномерную толщину h_1 . Однако в целях упрощения изображения изменение толщины покрытия на фрагменте указанного на рисунке 5 сечения не показано. Для концевых твердосплавных фрез износостойкое покрытие также имеет переменную величину, например, в направлении от режущих кромок к оси вращения.

В первом и во втором случаях, как уже было сказано ранее, это связано с необходимостью выравнивания остаточных внутренних напряжений, как в самой твердосплавной основе пластины, так и в износостойком покрытии, нанесенном на твердосплавную основу.

Толщина износостойкого покрытия также может быть переменной и вдоль режущих кромок инструмента. Также следует понимать, что неравномерность толщины покрытия может быть обусловлена микрорельефом передних и задних поверхностей, зависящим как от конструктивных особенностей пластин, так и от шероховатости соответствующих поверхностей.

При этом переменная толщина износостойкого покрытия влечет за собою изменение его поперечного сечения, что может отрицательно сказываться на распределении тепла, как в самом покрытии, так и на поверхностях режущего клина.

Для устранения этого недостатка износостойкое покрытие содержит, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу с алмазоподобным аморфным углеродом. В рассматриваемом примере для упрощения понимания сути модернизации изображен только один слой, содержащий фазу с алмазоподобным аморфным углеродом. В то же время следует понимать, что указанный износостойкий слой, как правило, является верхним и наносится на промежуточный слой, а износостойкое покрытие может быть многослойным.

Согласно [16] площадь S_i сечения слоя 18, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, в каждом поперечном сечении плоскостью I передних 14 поверхностей вдоль режущих кромок 12, приходящаяся на один миллиметр их длины, находится в диапазоне 1300...2700 мкм². Словосочетание «вдоль режущих кромок» следует понимать, как на одинаковом расстоянии от режущих кромок. Это будет справедливо, как для прямолинейных, так и для криволинейных режущих кромок.

Этот диапазон определяет границы изменения площади поперечного сечения слоя 18 с учетом изменения толщины износостойкого покрытия по передней поверхностям режущего клина. Причем величина этой площади в указанном диапазоне достаточна для

эффективного отвода тепла и распределения его по поверхностям режущего клина инструмента.

Следует заметить, что на задних поверхностях 16 режущего клина площадь поперечного сечения слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, также может находиться в указанных границах, хотя характер взаимодействия этих поверхностей с обрабатываемым материалом иной..

На рисунке 5 изображен условно фрагмент i -того поперечного сечения плоскостью I передней поверхности 14 режущего клина сменной твердосплавной пластины вдоль одной из ее режущих кромок 12. При этом на этом фрагменте изображено только поперечное сечение однослойного износостойкого покрытия 18, что достаточно для понимания сути заявленного технического решения.

При этом площадь S_i в каждом i -ом сечении имеет конкретную величину, которую можно получить путем замера площади сечения слоя 18 или всего сечения износостойкого покрытия, если оно состоит из одного слоя.

При этом следует понимать, что в первую очередь такие измерения следует проводить для передних поверхностей режущего клина инструмента в зонах, непосредственно контактирующих с обрабатываемым материалом и зависящих от его свойств, режимов резания, конфигураций режущих кромок и передних поверхностей режущего клина инструмента.

Обычно для режущего инструмента, используемого для фрезерования, зона контакта обрабатываемого материала с передней поверхностью находится на расстоянии до 0,5 мм от режущих кромок.

Указанные выше измерения могут быть осуществлены, например, путем выполнения микрошлифов соответствующих поперечных сечений износостойкого покрытия с последующим замером площадей поперечных сечений покрытия или его слоев известными способами.

Согласно [16] износостойкое покрытие должно содержать тетраэдрическую фазу Sp^3 аморфного углерода в указанном слое 18 в диапазоне 85...90% его состава, а его микротвердость должна находиться в диапазоне 80...100 ГПа. Именно такой диапазон содержания тетраэдрической фазы Sp^3 аморфного углерода в указанном слое 18 обеспечивает наиболее эффективное распределения тепла вдоль износостойкого покрытия при изменении его площади поперечного сечения в указанных пределах.

Количественная оценка соотношения Sp^3 и Sp^2 - фаз в аморфной углеродной матрице может быть проведена с использованием спектроскопии характеристических потерь энергии электронов.

Спектры характеристических потерь энергии электронов получают на просвечивающем электронном микроскопе высокого разрешения, который оснащен фильтром секторного типа.

Плотность покрытия рассчитывают по энергии плазмона. При этом энергию плазмона определяют из низкоэнергетической части спектра характеристических потерь энергии электронов.

Определение микротвердости проводят методом инструментального индентирования на динамическом микротвердомере. В качестве индентора используют трехгранную алмазную пирамиду при нагрузке 20 мН. Также может быть применено измерение микротвердости (HV) восстановленного отпечатка (ГОСТ 9450-76) на микротвердомере ПМТ-3. При этом в качестве индентора используют четырехгранную алмазную пирамиду Виккерса при нагрузке 100 г.

Таким образом, заявленные характеристики алмазподобного износостойкого покрытия могут быть достоверно измерены с помощью известных методик.

При этом нижняя граница площади S_i определяет минимальное ее значение, при котором эффект отвода тепла вдоль слоя износостойкого покрытия имеет значимую величину, необходимую для снижения

температуры на соответствующих поверхностях режущего клина, при сохранении прочности износостойкого покрытия.

Верхняя граница указанного диапазона ограничена ростом суммарных усилий в покрытии, обусловленных наличием остаточных сжимающих напряжений, оказывающих влияние на прочность износостойкого покрытия.

Таким образом, при указанном соотношении конструктивных элементов режущей части инструмента и параметров слоя алмазоподобного углерода обеспечивается эффект снижения температуры на поверхности режущего клина и повышается термостойкость износостойкого покрытия при сохранении его прочности.

Это обусловлено тем, что в указанном выше диапазоне площадей поперечного сечения слоя, содержащего фазу из алмазоподобного углерода, учитывая, что коэффициент трения скольжения поверхностного слоя алмазоподобного износостойкого покрытия находится в диапазоне $0,01 \dots 0,1$, обеспечивается эффективный отвод тепла вдоль износостойкого покрытия.

Это способствует распределению температуры по передней поверхности режущего клина, сопровождающееся увеличением протяженности границ пятна с высокой температурой, что влечет снижение максимальной температуры и механических напряжений в зоне контакта обрабатываемого материала с передней поверхностью. При этом также повышается термостойкость покрытия, работоспособность и износостойкость режущего инструмента в целом.

Предложенное техническое решение [16] имеет следующие предпочтительные исполнения.

В соответствии с одним предпочтительным исполнением режущего инструмента перепад толщин слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, на расстоянии, по меньшей мере, до 0,5 мм от режущих кромок не превышает 0,5 мкм. Этот предел обусловлен тем, что

при большем перепаде толщин износостойкого покрытия, который может быть связан со сложной (фигурной) конфигурацией передней поверхности, обусловленной конструкцией или шероховатостью этой поверхности, влияющей на микрорельеф, могут быть образованы узкие участки в сечении покрытия, которые приведут к эффекту «бутылочного горлышка», что в свою очередь будет препятствовать распространению тепла вдоль слоя алмазоподобного аморфного углерода.

Согласно другому исполнению режущего инструмента износостойкое покрытие 18, нанесенное на передние и задние поверхности его режущего клина, содержит дополнительно, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу, по меньшей мере, с одним из элементов V, Cr, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, B, Al, Si, C, N, O. Это позволяет получить более высокий технический результат, обусловленный предложенным техническим решением [16].

Согласно другому исполнению режущего инструмента в качестве аморфного алмазоподобного углеродного материала износостойкого покрытия использован аморфный алмазоподобный углерод с легирующей добавкой вольфрама в количестве 0,5...2,0%, обладающий дополнительно высокой термостойкостью.

На квадратные твердосплавные режущие пластины с длиной режущей кромки 12,7 мм, толщиной 4,76 мм и крепежным отверстием 4,7 мм наносили методом физического осаждения из паровой фазы при температуре конденсации $T_{\text{кон}} = 100^{\circ}\text{C}$ алмазоподобное износостойкое покрытие (АНН). Оно имело не равномерную толщину по передней поверхности режущей пластины в пределах 1600...2100 мкм, уменьшающуюся от режущих кромок к его отверстию.

На первом этапе оценки эффективности предложенного технического решения [16] определяли термостойкость износостойкого покрытия. Для этого образцы отжигали в атмосфере воздуха при температуре до 500°C . Далее производили осмотр поверхностей образцов

с использованием оптического цифрового микроскопа. Покрытие не имело следов деформаций и поверхностных отслоений.

Далее проверяли адгезию покрытия. Адгезионные испытания проводили методом склерометрии. В качестве индентора использовали алмазный конус со скругленным острым концом радиусом 200 мкм. Момент адгезионного разрушения покрытия фиксировали после испытаний визуально с помощью оптического микроскопа, а также по изменению акустической эмиссии и коэффициента трения скольжения.

Микротвердость износостойкого покрытия измеряли методом «инструментального индентирования» (ГОСТ Р 8.748-2011) на динамическом микротвердомере. Индентор - трехгранная алмазная пирамида Берковича. При нагрузке 20 мН микротвердость находилась в пределах 90-95 ГПа.

Структурные изменения в покрытии фиксировали с использованием метода спектроскопии комбинационного рассеяния света на спектрометре. При этом плотность АПП была около $2,92 \text{ г/см}^3$.

На втором этапе в целях проверки работоспособности предложенного инструмента режущую пластину с алмазоподобным износостойким покрытием устанавливали на корпус торцевой фрезы диаметром 50 мм и фрезеровали в однозубом варианте на станке HAAS VF-2SS заготовку из алюминиевого сплава В95 со следующими режимами резания: $V=1884 \text{ м/мин.}$, $S_z=0,15 \text{ мм/зуб}$, $n=12000 \text{ об/мин.}$

При этом отслоения износостойкого покрытия и налипания обрабатываемого материала на рабочие поверхности инструмента не обнаружено, что свидетельствует о снижении температуры в зоне контакта обрабатываемого материала с поверхностями режущего клина.

Предложенный режущий инструмент показал хорошую работоспособность при производительности $Q=360 \text{ см}^3/\text{мин.}$ В связи с указанной производительностью испытания инструмента на стойкость в

лабораторных условиях не проводилось, так как они могли привести к значительным экономическим затратам. [16]

В то же время следует заметить, что проведенные испытания предложенного инструмента позволяют объективно оценить полученный технический результат, учитывая, что работоспособность и износостойкость данного инструмента существенно зависит от первоначально формирующегося износа его режущей кромки, обусловленного высокой температурой и механическими напряжениями на поверхностях режущего клина.

Нанесение покрытий на режущий инструмент увеличивает их износостойкость, увеличивает жизненный цикл инструмента, а также снижает временные затраты, связанные с заменой инструмента.

Таким образом, мы спроектировали режущий инструмент для токарной операции техпроцесса. Также предлагаем использовать режущие пластины с износостойким покрытием, это увеличит период стойкости пластин.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

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

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

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

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

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный ТС1625Ф3 с ЧПУ	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 СОЖ - Амтол

5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

Таблица 2 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

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

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали фланец. Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как

использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 3.

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

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [17]	«Средства индивидуальной защиты работника» [17]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противозумные, наушники, резиновый коврик

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество, а так же сопутствующих проявлений опасных факторов пожара проведён по методике [17]. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [17]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	Токарный станок ТС1625Ф3 с ЧПУ	Пожары, связанные с воспламенением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

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

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

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

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

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [17]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [17]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [17]
1	2	3
Технологический процесс изготовления детали фланца	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках; обучение действиям при возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие пожарной сигнализации, наличие первичных средств для тушения пожаров

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

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

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

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [17]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [17]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали фланец	Станок токарный ТС1625Ф3 с ЧПУ	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 7 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [17]

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

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

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

6 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Фланец». Эти изменения касаются токарной операции. На этой операции предложено в качестве оснастки использовать автоматизированное зажимное приспособление, вместо универсального. Также предлагается использовать модернизированный токарный резец с твердосплавной пластиной, что увеличит период стойкости инструмента.

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

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

Как видно из рисунка 7, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Фланец» на 3,11 руб., что составит 4,57 %.

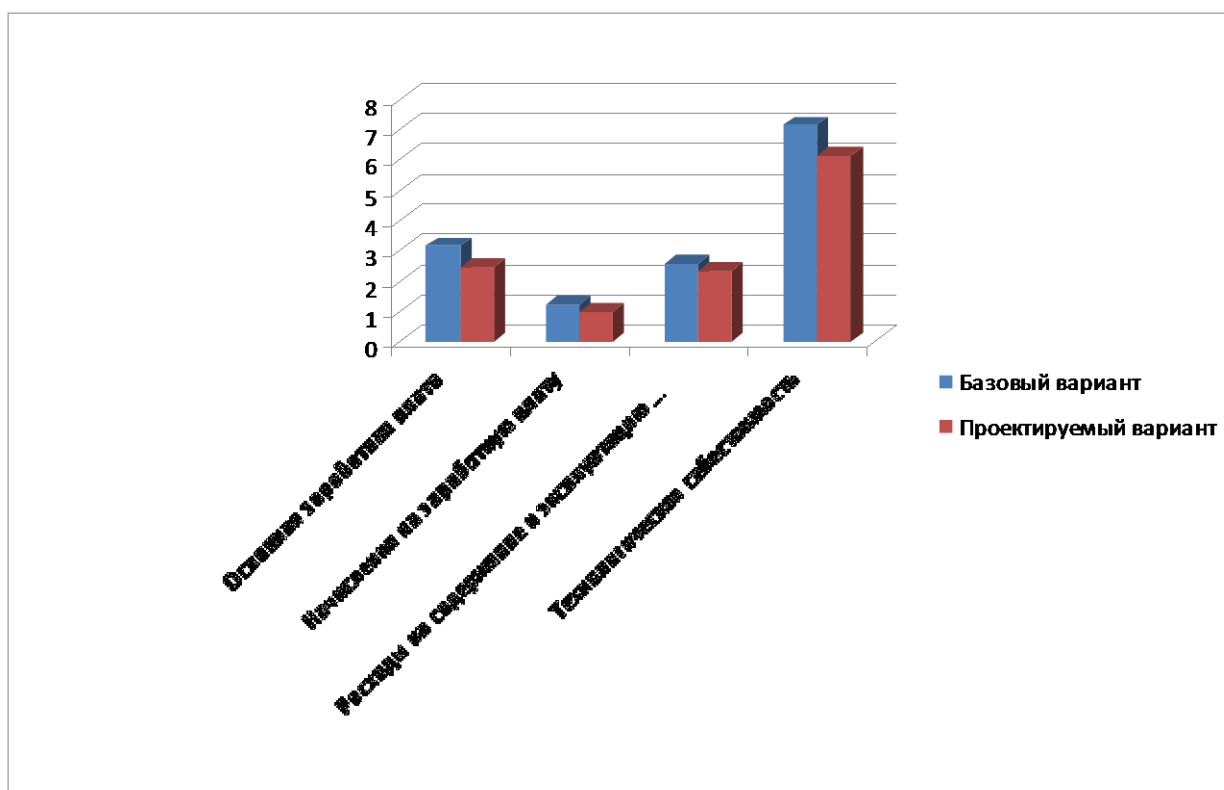


Рисунок 7 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 68,01 рублей, а для проектируемого – 64,90 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше, чем в базовом. Эта разница составляет 4,57% или 3,11 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 27131,30 рублей.

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

«Фланец» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 39152,83 рублей. На рисунке 8 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

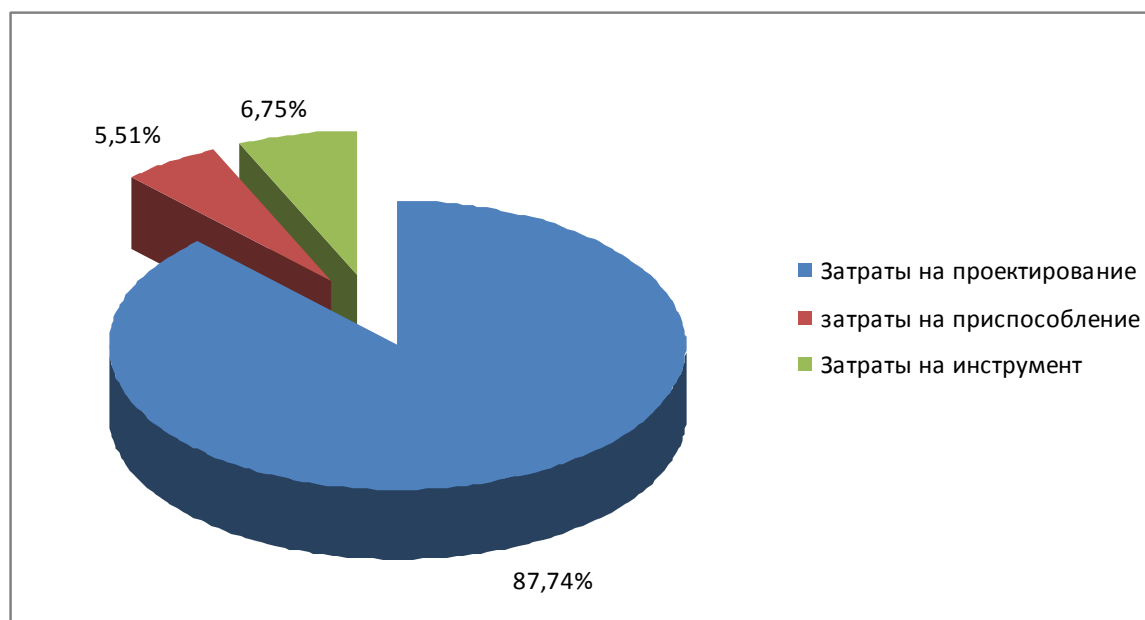


Рисунок 8 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 8, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 87,74 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	26901,76
Интегральный экономический эффект, руб.	2445,67
Индекс доходности, руб. / руб.	1,14

Анализируя, представленные в таблице 8, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 2445,67 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,14 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 14 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления фланца установки для термопластического упрочнения.

Изначально нами были проанализированы исходные данные, где проанализированы служебное назначение детали, выполнена классификация поверхностей и определены исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, а также выполнена анализ материала детали. После этого методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки – метод штамповки. Исходя из годовой программы выпуска деталей и массы фланца, выбран среднесерийный тип производства. Далее по форме и, исходя из необходимого качества обработки, выбраны методы обработки поверхностей детали. Опираясь на эти методы, разработаны технологический маршрут и составлен план изготовления детали.

Для базирования заготовки на 015 токарной черновой операции разработана конструкция автоматизированного патрона. Это приспособление устанавливается на шпиндель токарного станка. Внедрение этого приспособления взамен универсального приспособления из базового варианта дает сокращение вспомогательного времени операции, затрачиваемого на установку и снятие заготовки на станке.

На этой же 015 операции предлагается внедрение новой конструкции токарного резца с опорной пластиной. Это увеличит период стойкости резца и сократит время, затрачиваемое на замену инструмента.

В работе выполнен анализ безопасности и экономичности. Экономический расчет выполненных мероприятий показал положительный эффект.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. – 18 с.
2. Жуков В. А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы: учеб. пособие / В.А. Жуков. – М.: ИНФРА-М, 2019. - 264 с.
3. Галимов Э. Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 268 с.
4. Скворцов В. Ф. Основы технологии машиностроения : учеб.пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
5. Мнацаканян В. У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацаканян. – М. : Изд. дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
6. Козлов А. А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-методическое пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения»/ Сост. А.А.Козлов, И.В.Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
7. Таратынов О. В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ : учеб. пособие / О.В. Таратынов, В.В. Клепиков, Б.М. Базров. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 610 с.
8. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – 53 с.
9. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва :ИНФРА-М, 2013. - 320 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
10. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

11. 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. - (Справочники ИНФРА-М). - Библиогр.: с. 299. - ISBN 978-5-16-010397-6.

12. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1803-9.

13. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006705-6.

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

15. ГОСТ 26613-2016. Резцы с механическим креплением сменных многогранных пластин. Технические условия. – 11 с.

16. Патент 2714558 Российская Федерация МПК⁷ В 23 С 5/00. Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием / Москвитин А.А., Москвитин С.А., Колпаков А.Я., Маслов А.И., Губанов А.Е.; ООО «Сборные конструкции инструмента, фрезы Москвитина» (RU). –2019136291 заявл. 11.11.2019; опубл. 18.02.2020, Бюл. №5. – 16 с.

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

18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-методическое пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

19. ГОСТ 2.001-2013. Единая системы конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.
20. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительному черчению : справочник / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 494 с.
21. ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – 17 с.
22. Талантов Н.В. Физические основы резки и износа инструмента / Н.В. Талантов. – Волгоград : Изд-во ВГУ, 1994. – С. 3-37.
23. Верещака А.С. Резание материалов : учебник / А.С. Верещака, В.С.Кушнер. – М. : Высшая школа, 2009. – 535 с.
24. Табаков В.П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с.

Приложение А

Маршрутные карты

ГОСТ 3.118-82 форма 1

Дробь	Взвеш.	Полож.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разработчик Легинин			Кафедра ОТМП									
Удобр.			Фланец									
Н. контро.			Сталь 45 ГОСТ 1050-80									
M 01			Профиль и размеры									
M 02			Ø113×60									
A			Обозначение документа									
B			Проц.									
A 03			Заготовительная									
B 04			Горизонтально-ковочная машина									
05			Токарная с ЧПУ									
A 06			Токарная с ЧПУ									
B 07			Токарный патронный станок с ЧПУ ТС1625Ф3									
O 08			Точить пов. φ110 _{-0,35} на длину L=50±0,125; точить торец на длину L=50±0,125; подрезать торец в размер L=60±0,15;									
O 09			точить внутр. пов. выдерживая размеры φ70 _{-0,3} , φ60 _{-0,3} , L=50±0,125; рассточить отверстие, выдерживая размер φ19 _{-0,27} ;									
T 10			392195XXX - Резец-бставка 25x25 ОСТ 2.110.1-83 ВК8; 392195XXX - Резец рассточной ОСТ 2.110.1-83 ВК8;									
T 11			392195XXX - Резец-бставка канавочный ОСТ 2.110.1-83 ВК8; 393120XXX - Шаблон ГОСТ 9038-83;									
T 12			393120XXX - Калибр-скоба ГОСТ 2216-84.									
13			Токарная с ЧПУ									
A 14			Токарная с ЧПУ									
B 15			Токарный патронный станок с ЧПУ ТС1625Ф3									
O 16			Точить торец, выдерж., размер L=20±0,11; точить наружн. поверхность, выдерж. размер φ71±0,15; точить торец, выдерж. размер L=60±0,15;									
МК			ВКР									

Продолжение приложения А

Дубль		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата	
Взам.		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата	
Лист		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата	
ГОСТ 3.1118-82 Форма 1б																					
Обозначение документа																					
Обозначение код																					
А	Цех	Уч	РМ	Улер	№ докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
Код наименования операции												Обозначение документа									
Код наименования обработки												Обозначение код									
Наименование детали со. единицы или материала												Обозначение код									
А 01	XXXXXX				045					XXXX	Термическая										
Б 02																					
А 03	XXXXXX				050					4131	Круглошлифовальная	2	18873	411	1Р	1	1	236	19		120
Б 04	381311	Торце круглошлифовальный патронный станок ЗМ53Е.																			
О 05	Шлифовать торец и шевку, выдерживая размеры $\phi 80_{-0,03}$ L=50±0,05.																				
Т 06	398110	Шлифовальный круг, Тип 7 350x60x150 14AF80L 7V 30м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007																			
Т 07	8124089	Склада жесткая для контроля $\phi 79,985$, 393550 Специальный шаблон																			
08																					
А 09	XXXXXX				055					4131	Внутришлифовальная	2	18873	411	1Р	1	1	236	19		0,88
Б 10	381311	Внутришлифовальный патронный станок ЗК225Б.																			
О 11	Шлифовать внутреннее отверстие, выдерживая размеры $\phi 20_{-0,021}$.																				
Т 12	398110	Шлифовальная головка Тип 7 350x60x150 14AF80L 7V 30м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007, Прибор активного контроля БВ-4052 ГОСТ 8577-80.																			
13																					
А 14	XXXXXX				060					4131	Внутришлифовальная	2	18873	411	1Р	1	1	236	19		0,93
Б 15	381311	Внутришлифовальный патронный станок ЗК225Б.																			
О 16	Шлифовать внутреннюю поверхность, выдерживая размер $\phi 50_{-0,025}$ L=30±0,05.																				
Т 17	398110	Шлифовальная головка Тип 7 350x60x150 14AF80L 7V 30м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007, Прибор активного контроля БВ-4052 ГОСТ 8577-80.																			
И/К																					

Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.14.04-86 Форма 2а

Дробь	Возм.	Повл.											Лист 2
Фланец													
P	Л	Д или В	М	L	t	i	S	n	v				
01 T	Резец сборный расточной правый Т5К10 ГОСТ 20874-75; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80.												
02 P		49,4	3	45	15	1	0,3	400	62				
03													
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
OK													

