

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Касимов Артём Тагирович _____ гр. МСб-1203

1. Тема Разработка технологического процесса изготовления инструмента с хвостовиком
Капто _____

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__»__2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертеж сверла, программа
выпуска N=10000 шт. _____

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист

Задание

Аннотация

Содержание

Введение

Основная часть

1) Определение области применения конусов Капто

2) Анализ геометрии профиля конуса Капто

3) Разработка технологического процесса изготовления сверла

4) Проектирование приспособления

5) Безопасность и экологичность работы

6) Экономическая эффективность работы

Заключение

Список использованных источников

Приложения

5. Ориентировочный перечень графического материала (8-12 листов формата А1)

1) Деталь (с изменениями)	0,5 – 1
2) План обработки	2 – 2,5
3) Технологические наладки	1 – 2
4) Приспособление	1 – 1,5
5) Научные исследования	3 – 4
6) Презентация	0,5 – 1

6. Консультанты по разделам

Н.В. Зубкова	Подпись
К.Ш. Нуров	Подпись
В.Г. Виткалов	Подпись

7. Дата выдачи задания «31» марта 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	 (подпись)	Л.А.Резников (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	 (подпись)	А.Т.Касимов (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Касимов А.Т. Выпускная квалификационная работа. Разработка технологического процесса изготовления инструмента с хвостовиком Капто.

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.

ТГУ: Тольятти, 2016г., 81с., 5 л. формата А1, 1 л. формата А2, 5 плакатов на л. формата А1.

Целью работы является исследование области применения, геометрии профиля конуса Капто, а также разработка технологического процесса изготовления сверла с хвостовиком Капто.

На основе исследований, проведенных в данной работе, а также полученных за время обучения знаний был разработан технологический процесс изготовления сверла с хвостовиком Капто и определены условия его использования, а также найдена зависимость между максимальным зазором в соединении (инструментального шпинделя и инструмента) и угловой погрешностью изготовления отверстия, возникающей из-за неточности его изготовления.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	11
1 Определение области применения конусов Капто	11
2 Анализ геометрии профиля конуса Капто	19
3 Разработка технологического процесса изготовления сверла	25
3.1 Анализ исходных данных	25
3.2 Разработка технологического маршрута изготовления сверла	27
3.3 Выбор технологических баз	29
3.4 Выбор средств технологического оснащения	31
3.5 Расчет режимов резания и проектирование технологической наладки на фрезерную операцию №025	34
3.6 Расчет режимов резания и проектирование технологической наладки на шлифовальную операцию №045	41
4 Проектирование приспособления	48
4.1 Исходные данные	48
4.2 Введение в раздел	48
4.3 Расчет сил резания	49
4.4 Расчёт усилия зажима	51
4.5 Расчёт зажимного механизма патрона	56
4.6 Расчет силового привода	58
4.7 Расчет погрешности установки заготовки в приспособление	59
5 Безопасность и экологичность работы	63
5.1 Конструкторско-технологическая характеристика объекта	63
5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных рисков	64
5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	66
5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта	67

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого	70
технического объекта.	70
6 Экономическая эффективность работы	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	81

ВВЕДЕНИЕ

В 1990 году компанией «Сандвик» для повышения надежности закрепления было предложено использовать новый крепежный элемент режущей части - конус «Капто». В настоящее время модульная система «Коромант Капто» одинаково хорошо приспособлена для всех станков и для любых областей применения. Эта модульная система не зависит от типа шпиндельного узла и способа закрепления инструмента.

Соединение основано на том, что две контактные поверхности - симметричный треугольник конического профиля (обеспечивает самоцентрировку) и фланец (ограничивает осевое перемещение) – используются одновременно. Для обеспечения большей стабильности используется контакт по двум базовым поверхностям (плоская шлифованная опорная поверхность и шлифованный конус) и посадка с натягом. Этим достигается необходимая жесткость и точность, передача крутящего момента и сопротивление нагрузкам от изгиба.

Профиль конуса - криволинейный, поэтому конус эффективно передает крутящий момент (съёмные элементы, такие как штифт и шпонка, отсутствуют), это значит, что риск осевого смещения инструмента в обоих направлениях отсутствует. Контакт по двум базовым поверхностям обеспечивают высокая сила зажима и посадка с натягом. Нагрузка равномерно распределена по опорным поверхностям криволинейной формы, имеющим большую площадь, и по фланцу. Благодаря этому, осевое положение режущей кромки постоянно и пиковые нагрузки отсутствуют, хотя силы резания высоки. При данном закреплении инструмента передача крутящего момента осуществляется симметрично по профилю. При других способах закрепления крутящий момент передается шпонкой или контактными силами трения. Также эта модульная система имеет очень жесткое соединение и плохо поддается изгибу или кручению. Точность

соединения (повторяемость по осям) составляет ± 2 мкм. Жесткость соединения позволяет увеличить режимы резания, в частности подачу, что экономит годовое машинное время [1].

Применение данной оснастки для закрепления инструмента увеличивает производительность. Более надежное и жесткое закрепление дает возможность снимать большие слои металла, существенно снижает производственный брак. Жесткость такого соединения стремится к жесткости цельной конструкции.

Также большим плюсом данной системы является быстрая смена инструмента, позволяющая сократить время технологического обслуживания. Дорогое оборудование должно приносить максимальную отдачу, однако при, например, токарной обработке эффективное время обработки может составлять чуть более 35% от фактически затраченного времени. Обычная инструментальная оснастка, используемая на предприятиях, не позволяет быстро сменять инструмент, заготовку, переналаживать и привязывать инструмент, заменять режущие кромки, что приводит к существенным потерям времени [2]. Внедрение быстросменной оснастки – один из способов повышения эффективного времени. Это обеспечит экономию времени и отсутствие простоев. Замена инструмента уменьшится, в среднем, на 7 минут, то есть дополнительно 50 часов рабочего времени на каждый инструмент, например, револьверной головки. Это позволит окупить затраты за несколько месяцев, благодаря простому и эффективному модульному быстросменному соединению.

Кроме массового, эффективно применять такую оснастку в условиях мелко и среднесерийного производства, где оборудование часто переналаживается на новые детали. Также модульная система позволяет заменять державку, с установленной вне станка пластиной, а не проводить замену на станке. На это уходит меньше времени. Использование системы оснастки «Коромант Капто», например, для токарных станков, уменьшает

время на смену инструмента, повышает эффективность предприятия, а также увеличивает эффективное время обработки. Это позволяет увеличить выпуск деталей, ведь вспомогательное время сокращается.

Всего выпускают 6 типоразмеров хвостовика – от наименьшего типоразмера C3 с диаметром 32 мм, до C8XL с диаметром 100 мм, который применяют для тяжелой работы с высокими требованиями по жесткости (рис.1).

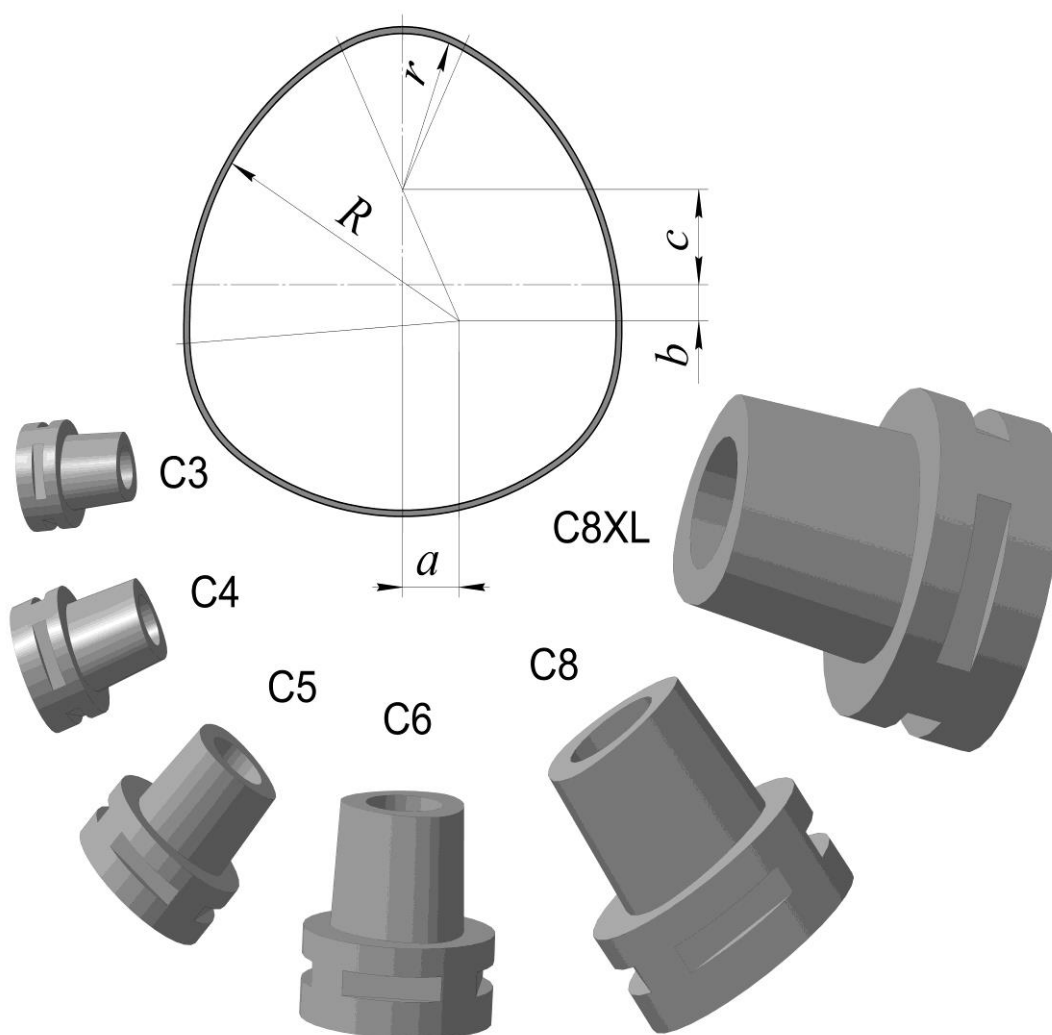


Рис.1 Конструкция конусов Капто

Отдел проектирования «Сандвик Коромант» сравнил эффективность своей конструкции и конструкции конкурирующих производителей, для демонстрации конструктивных особенностей. Они провели два теста:

1) Измеряли прогиб резца от крутящего и изгибающего момента при токарной обработке. Сравнивали две конкурирующие модели Коромант Капто С5 и модель HSK50-A (эти полые хвостовики обеспечивают надежное закрепление и базирование при очень скоростной обработке – при частоте вращения более 8000 оборотов в минуту). При точении важно восприятие крутящего момента. Этот тест показал, что при силе в 4 кН в соединении HSK50 уже было значительное смещение. При достижении верхней границы получистового точения, а именно 17 кН отклонение было уже 0,4 мм, а у С5 – только 0,1 мм. Можно сделать вывод, что целесообразно применять HSK только для чистового точения, так как это соединение имеет ограниченную способность передавать крутящий момент.

2) Сравнивали отклонения от изгибающих нагрузок для тех же моделей. С5 опять превзошел конкурента и доказал свою эффективность. Благодаря конусу большей длины (хотя конусность у него меньше-1/20 против 1/10), большей площади контакта и большей зажимной силе он обладает существенно большей изгибной жесткостью.

Как итог, системы «Коромант Капто» существенно превзошли конкурента в жесткости, особенно при получистовом точении. Таким образом, данная модульная система обеспечивает рост производительности, за счет быстрой смены инструмента, повышения скорости подачи и других параметров обработки.

Целью работы является исследование области применения, геометрии профиля конуса Капто, а также разработка технологического процесса изготовления сверла с хвостовиком Капто.

Задачи работы:

1. Определить области применения инструмента с хвостовиком Капто.
2. Проанализировать профиль конуса Капто.
3. Разработать технологический процесс изготовления спирального сверла с хвостовиком Капто, а именно, разработать технологический маршрут, схемы базирования, а также выбрать средства технологического оснащения.
4. Спроектировать наладки на две разнохарактерные операции.
5. Спроектировать приспособление.
6. Разработать мероприятия по охране труда.
7. Произвести расчет экономической эффективности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Определение области применения конусов Капто

Применение конических хвостовиков Морзе для крепления режущего инструмента на станке не всегда возможно из-за ограниченной способности передавать крутящий момент [3]. Существует вероятность проворачивания инструмента в шпинделе станка под действием сил резания. С другой стороны, конуса Капто нецелесообразно применять для передачи сравнительно небольших крутящих моментов, так как они имеют сложный профиль, и их изготовление более трудоемко [4].

Из теории резания известно, что вероятность проворачивания инструмента с хвостовиком Морзе в процессе резания исключена, если выполняется условие из [5]:

$$M_T \geq M_{кр}, \quad (1.1)$$

где M_T – момент трения хвостовика инструмента в шпинделе станка; $M_{кр}$ – максимальный крутящий момент на инструменте в процессе резания.

Следовательно, конуса Капто целесообразно применять, когда

$$M_T < M_{кр}. \quad (1.2)$$

Момент трения

$$M_T = 10^{-3} \xi (1 - 0,04 \Delta) P_o \frac{\bar{d}}{\rho}, \text{ Н.м}, \quad (1.3)$$

где ξ – коэффициент трения скольжения (для трения стали по стали можно принять $\xi = 0,15$); Δ – угловая погрешность изготовления конуса (для конусов Морзе среднее значение $\Delta = 20'$; P_o – осевая сила, действующая на инструмент; $\frac{\bar{d}}{\rho}$ – геометрическая характеристика конуса ($\bar{d}$ – средний диаметр, ρ – конусность)).

В [6] приведено выражение для осевой силы в виде

$$P_o = 10C_p D^{q_p} s^{y_p} K_p, \text{ Н}, \quad (1.4)$$

где D – диаметр инструмента, мм; s – подача, мм/об. При сверлении значения коэффициентов и показателей степени в выражении (4) составляют $C_p = 68$; $q_p = 1$; $y_p = 0,7$; $K_p = 1$.

С учетом (1.4) и приведенных значений ξ , Δ , C_p , q_p , y_p и K_p перепишем выражение (1.3) в виде

$$M_T = 0,02 D s^{0,7} \frac{\bar{d}}{\rho}. \quad (1.5)$$

По справочнику [7] крутящий момент при сверлении

$$M_{кр} = 10C_m D^{q_m} s^{y_m} K_p, \text{ Н.м}, \quad (1.6)$$

где $C_m = 0,0345$; $q_m = 2$; $y_m = 0,8$; $K_p = 1$.

Подставляя (1.5) и (1.6) в (1.1), имеем

$$0,02Ds^{0,7}\frac{\bar{d}}{\rho} \geq 0,345D^2s^{0,8},$$

Откуда

$$s^{0,1} \leq \frac{0,058}{D} \cdot \frac{\bar{d}}{\rho}.$$

Таким образом, предельное значение подачи, с которой может работать сверло с хвостовиком Морзе,

$$s = \left(\frac{0,058}{D} \cdot \frac{\bar{d}}{\rho} \right)^{10}, \text{ мм/об.} \quad (1.7)$$

Рассчитаем предельное значение подачи по формуле (1.7) (в диапазоне 22...30 мм для конуса Морзе 3 и 30...40 мм для конуса Морзе 4) и занесем результат расчетов в таблицу 1:

Таблица 1 - Результаты расчетов предельного значения подачи

Конус	d/ρ , мм	D , мм	s , мм/об
Морзе 3	432	22	3,672
		23	2,354
		24	1,538
		25	1,023
		26	0,691
		27	0,474
		28	0,329
		29	0,232
		30	0,165
Морзе 4	547	30	1,750
		32	0,991
		33	0,675
		34	0,500
		35	0,374
		36	0,283
		37	0,215
		38	0,165
		39	0,127
		40	0,099

Однако применение конуса Капто не означает, что сверло с таким хвостовиком может работать с любой подачей свыше рассчитанной по формуле (1.7). При больших подачах и, как следствие, больших крутящих моментах ограничение на значение подачи накладывает прочность инструмента.

Сверла рассчитывают на кручение. Из курса сопротивления материалов известно, что в круглом стержне диаметром D (мм), на который действует крутящий момент $M_{кр}$ (Н.м), возникают наибольшие касательные напряжения

$$\tau_{\max} = \frac{16 \cdot 10^3 M_{\text{кр}}}{\pi D^3}, \text{ МПа.} \quad (1.8)$$

Из-за стружечных канавок сечение сверла меньше сечения сплошного круглого стержня, поэтому, как показывает анализ, наибольшие касательные напряжения в сверле $\tau_{\max}^{\text{св}} \approx 5\tau_{\max}$ [8-9].

Записывая ограничение по прочности сверла в виде

$$\tau_{\max}^{\text{св}} \leq [\tau], \quad (1.9)$$

где $[\tau]$ – допускаемое напряжение кручения, с учетом (1.8) и (1.6) получаем

$$5 \cdot \frac{16 \cdot 10^3}{\pi} \cdot \frac{10 C_{\text{м}} s_{\text{м}}^{y_{\text{м}}} D^{q_{\text{м}}} K_{\text{р}}}{D^3} \leq [\tau],$$

откуда предельное значение подачи, допускаемое прочностью сверла,

$$s_{\text{пр}} = \left(\frac{\pi D^{3-q_{\text{м}}} [\tau]}{8 \cdot 10^5 C_{\text{м}} K_{\text{р}}} \right)^{1/y_{\text{м}}}.$$

Допускаемое напряжение кручения для сверла $[\tau] = 250$ МПа. Тогда, с учетом приведенных выше значений $C_{\text{м}}$, $q_{\text{м}}$, $y_{\text{м}}$ и $K_{\text{р}}$, получаем

$$s_{\text{пр}} = 0,0117D^{1,25}, \quad (1.10)$$

Рассчитаем предельное значение подачи, допускаемое прочностью сверла, по формуле (1.10) (в диапазоне 22...30 мм для конуса Морзе 3 и 30...40 мм для конуса Морзе 4) и занесем результат расчетов в таблицу 2:

Таблица 2 - Результаты расчетов предельного значения подачи по прочности

Конус	d/ρ , мм	D , мм	s , мм/об	$s_{\text{пр}}$, мм/об
Морзе 3	432	22	3,672	0,557
		23	2,354	0,589
		24	1,538	0,622
		25	1,023	0,654
		26	0,691	0,687
		27	0,474	0,720
		28	0,329	0,754
		29	0,232	0,787
		30	0,165	0,821
Морзе 4	547	30	1,750	0,821
		32	0,991	0,890
		33	0,675	0,925
		34	0,500	0,961
		35	0,374	0,996
		36	0,283	1,032
		37	0,215	1,068
		38	0,165	1,104
		39	0,127	1,140
		40	0,099	1,177

На рисунках 2 и 3 представлены графики зависимости предельного значения подачи от диаметра инструмента, а также графики зависимости предельного значения подачи, допускаемой прочностью сверла, а также выделены «зоны» использования конуса Морзе и конуса Капто.

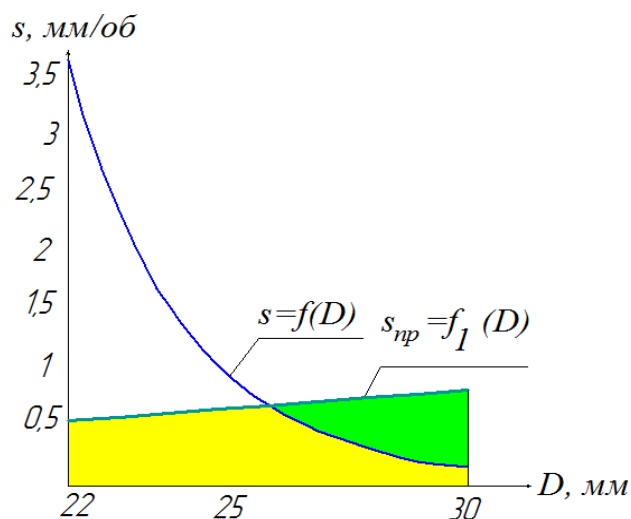


Рис.2 Графическое определение «зон» использования конуса Морзе 3 и конуса Капто. Желтым цветом обозначена «зона» действия конуса Морзе, а зеленым — «зона» действия конуса Капто.

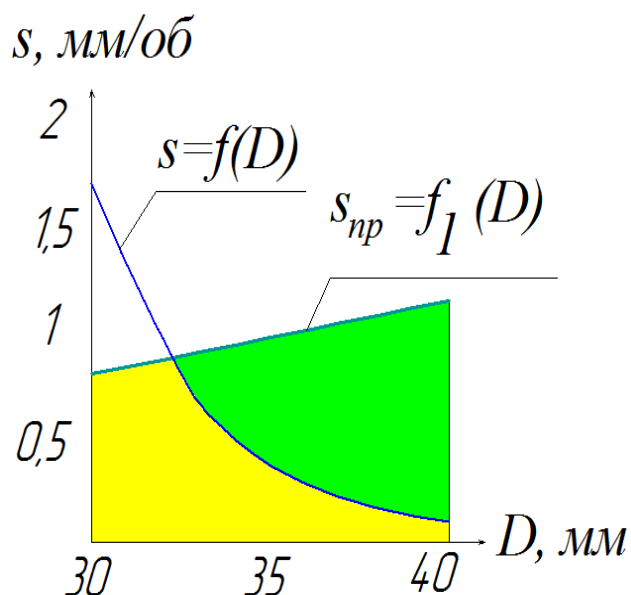


Рис.3 Графическое определение «зон» использования конуса Морзе 4 и конуса Капто. Желтым цветом обозначена «зона» действия конуса Морзе, а зеленым — «зона» действия конуса Капто.

По данным графикам, рассчитав подачу и зная диаметр сверления, можно определить, какой хвостовик использовать для достижения требуемого результата, например, при сверлении отверстия диаметром 25 мм с подачей 0,3 мм/об можно использовать стандартный КМЗ (см. рисунок 2), который существенно проще в изготовлении и, следовательно, дешевле. Если же с этой же подачей требуется просверлить отверстие диаметром 30 мм, то уже придется делать более сложный хвостовик Капто, потому что в этом случае сверло с хвостовиком Морзе провернется в шпинделе станка.

2 Анализ геометрии профиля конуса Капто

Наибольшие трудности при изготовлении конусов Капто связаны со сложностью профиля, а именно, с точностью изготовления длин сторон и углов при вершинах внутреннего конуса. Вследствие этого возникают зазоры (рис.4 и 5) между внутренним (на шпинделе станка) и наружным (инструмент) конусами:

Упрощение геометрии конуса Капто

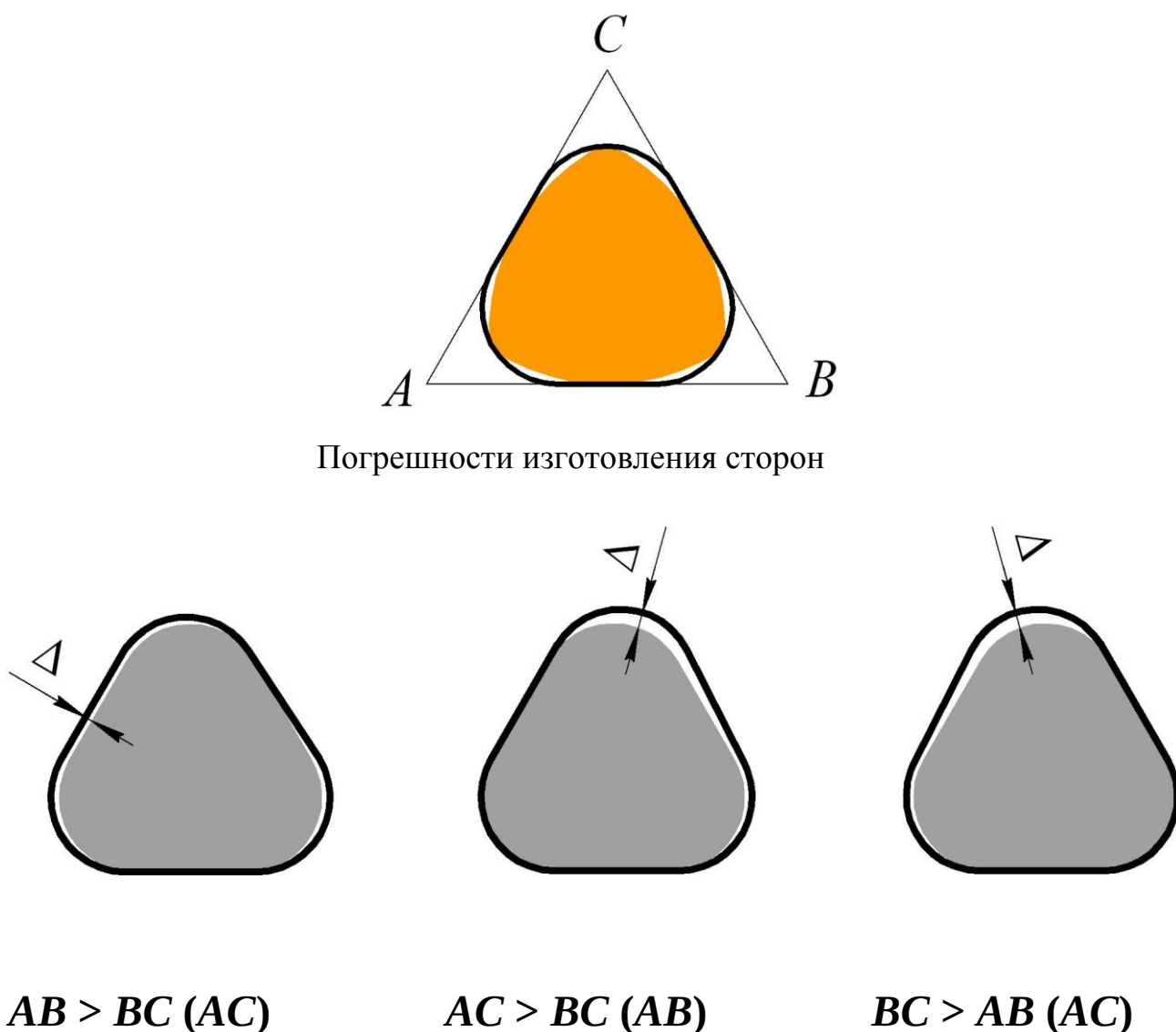


Рис.4 Наибольшие зазоры при неточности длин сторон

Погрешности изготовления углов

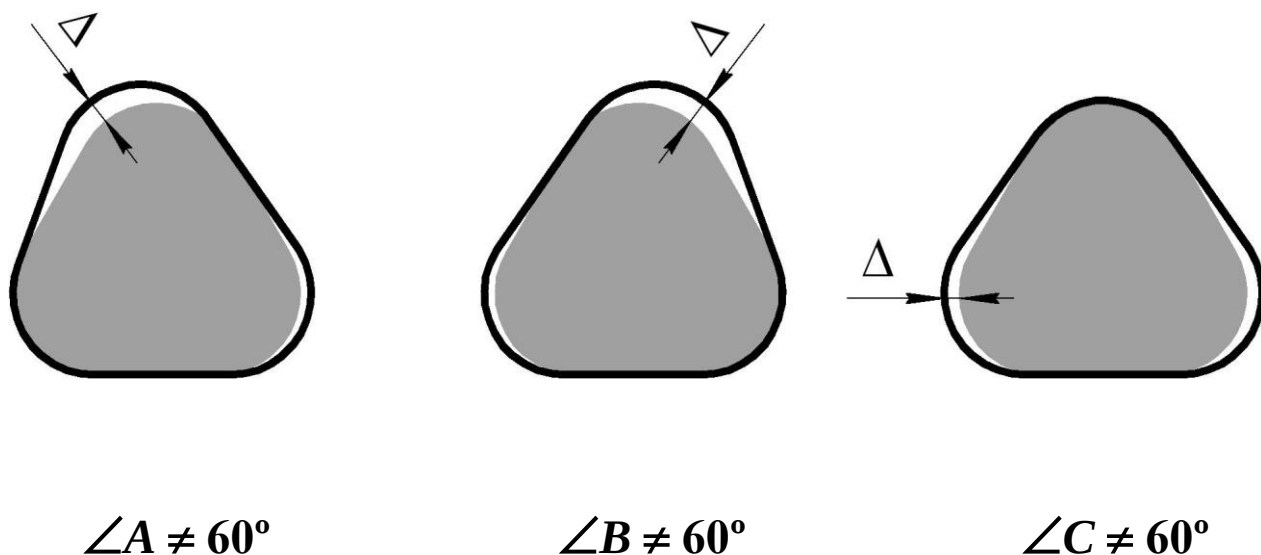


Рис.5 Наибольшие зазоры при неточности углов при вершинах.

Расположение наибольшего зазора и его зависимость от погрешности изготовления разберем на примере последнего рисунка. Для этого введем систему координат (ХУ), проведем прямые-продолжения сторон, а также проведем прямую линию из начала координат, на которой располагается наибольший зазор (рис.6):

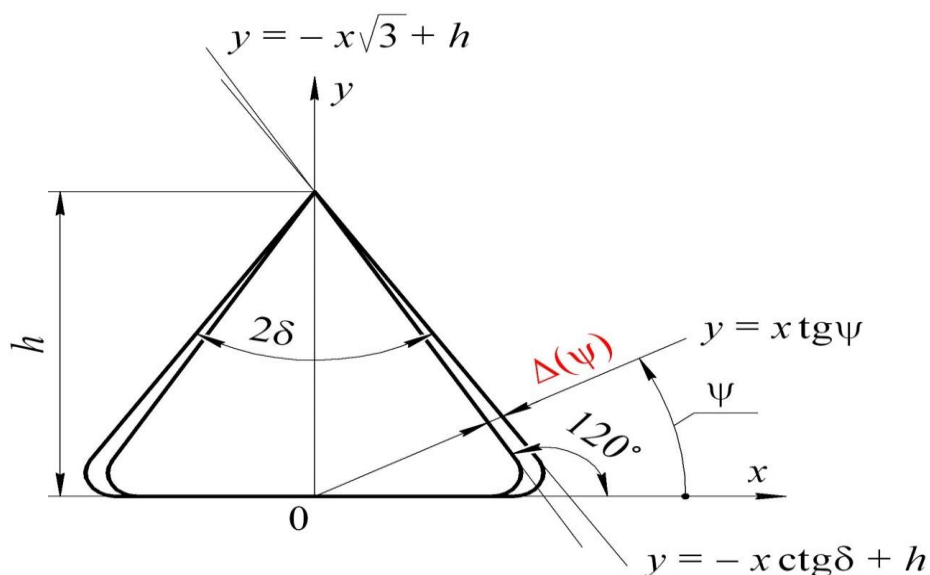


Рис.6 Пример расчета максимального зазора Δ

Получаем уравнения (рис.6):

$$\begin{aligned}
 y &= -\sqrt{3} \cdot x + h \\
 y &= -x \cdot \operatorname{ctg} \delta + h \\
 y &= -x \cdot \operatorname{tg} \psi
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Решаем системы уравнений, чтобы найти точки пересечения:

$$\begin{cases} y = -\sqrt{3} \cdot x + h \\ y = -x \cdot \operatorname{tg} \psi \end{cases} \text{ и } \begin{cases} y = -x \cdot \operatorname{ctg} \delta + h \\ y = -x \cdot \operatorname{tg} \psi \end{cases}.$$

Получаем точки:

$$\text{A:} \begin{cases} x = \frac{h}{\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3}} \\ y = \frac{h \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3}} \end{cases} \quad \text{B:} \begin{cases} x = \frac{h}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta} \\ y = \frac{h \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta} \end{cases}.$$

Следовательно, расстояние между ними Δ :

$$\Delta = \sqrt{\left(\frac{h}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta} - \frac{h}{\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{h \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta} - \frac{h \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3}} \right)^2}
 \tag{2.5}$$

После упрощений (2.5) получаем:

$$\Delta = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta) \cdot \sqrt{\operatorname{tg}^2 \psi + 1}}{(\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta) \cdot (\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3})} \quad (2.6)$$

Для нахождения максимального значения расстояния нужно взять производную по переменной Ψ :

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \psi} = \left(\frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta) \cdot \sqrt{\operatorname{tg}^2 \psi + 1}}{(\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta) \cdot (\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3})} \right), \quad (2.7)$$

После преобразований получаем:

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \psi} = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta) \cdot (\operatorname{tg}^3 \psi + \operatorname{tg}^2 \psi \cdot \operatorname{ctg} \delta + \operatorname{ctg} \delta - \operatorname{tg} \psi \cdot \sqrt{3} + \operatorname{tg} \psi - \operatorname{ctg} \delta \cdot \sqrt{3})}{(\operatorname{tg} \psi + \operatorname{ctg} \delta)^2 \cdot (\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3})^2 \cdot \cos \psi} = 0. \quad (2.8)$$

Максимум ищем на промежутке $\operatorname{tg} \Psi = (0; 90)$. Для решения числителя примем замену:

$$\operatorname{tg} \psi = x. \quad (2.9)$$

Так как

$h \neq 0$ и $\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta \neq 0$, то

$$x^3 + x^2 \cdot \operatorname{ctg} \delta + x - x \cdot \sqrt{3} + \operatorname{ctg} \delta - \operatorname{ctg} \delta \cdot \sqrt{3} = 0 \quad (2.10)$$

Сгруппируем:

$$(x^3 + x - x \cdot \sqrt{3}) + (x^2 \cdot \operatorname{ctg} \delta + \operatorname{ctg} \delta - \operatorname{ctg} \delta \cdot \sqrt{3}) = 0 \quad (2.11)$$

Вынесем за скобки и найдем корни:

$$x(x^2 + 1 - \sqrt{3}) + \operatorname{ctg} \delta (x^2 + 1 - \sqrt{3}) = 0;$$

$$(x + \operatorname{ctg} \delta) \cdot (x^2 + 1 - \sqrt{3}) = 0;$$

$$x = -\operatorname{ctg} \delta; \quad (2.12)$$

$$x = \pm \sqrt{\sqrt{3} - 1}.$$

Вернемся к замене, подставим:

$$\operatorname{tg} \psi = -\operatorname{ctg} \delta \quad , (2.13)$$

при выполнении этого равенства знаменатель обращается в ноль;

$$\operatorname{tg} \psi = \pm \sqrt{\sqrt{3} - 1};$$

$$\operatorname{tg} \psi = -\sqrt{\sqrt{3} - 1} \Rightarrow \psi = 175,110^\circ,$$

это решение не удовлетворяет промежутку $(0; 90)$;

$$\operatorname{tg} \psi = \sqrt{\sqrt{3}-1} \Rightarrow \psi = 4,89^\circ \quad (2.14)$$

входит в промежуток $(0;90)$, следовательно, является углом, при котором Δ принимает максимальное значение.

Подставим найденное значение ψ (2.14) в (2.6), определим $\Delta_{\max}$:

$$\Delta_{\max} = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta) \cdot \sqrt{\sqrt{3}-1} + 1}{(\sqrt{\sqrt{3}-1} + \operatorname{ctg} \delta) \cdot (\sqrt{\sqrt{3}-1} + \sqrt{3})} = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} \delta) \cdot \sqrt[4]{3}}{(\sqrt{\sqrt{3}-1} + \operatorname{ctg} \delta) \cdot (\sqrt{\sqrt{3}-1} + \sqrt{3})}. \quad (2.15)$$

Для проверки подставим в (2.6) значение угла $\delta=30^\circ$ (то есть угол при вершине $2\delta = 60^\circ$, а значит, выполнен без погрешности, следовательно, зазора быть не должно) получаем:

$$\Delta(30) = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \operatorname{ctg} 30) \cdot \sqrt[4]{3}}{(\sqrt{\sqrt{3}-1} + \operatorname{ctg} 30) \cdot (\sqrt{\sqrt{3}-1} + \sqrt{3})} = \frac{h \cdot (\sqrt{3} - \sqrt{3}) \cdot \sqrt[4]{3}}{(\sqrt{\sqrt{3}-1} + \sqrt{3}) \cdot (\sqrt{\sqrt{3}-1} + \sqrt{3})} = 0. \quad (2.16)$$

Проверка выполнена.

3 Разработка технологического процесса изготовления сверла

3.1 Анализ исходных данных.

Разработаем технологический процесс изготовления сверла с хвостовиком Капто. Сверлом называют режущий инструмент, который предназначен для сверления (в сплошном слое материала) отверстий [10]. Выберем диаметр режущей части сверла 40мм, так как при таком диаметре сверления, по исследованиям в первом параграфе данной работы, рекомендуется использовать хвостовик Капто, а не конус Морзе, чтобы исключить возможность проворачивания инструмента в шпинделе станка (рис. 3). Примем в качестве хвостовика Капто С4 с диаметром фланца 40 мм.

На рисунке 7 представлен эскиз сверла, а в таблице 3 – классификация поверхностей сверла:

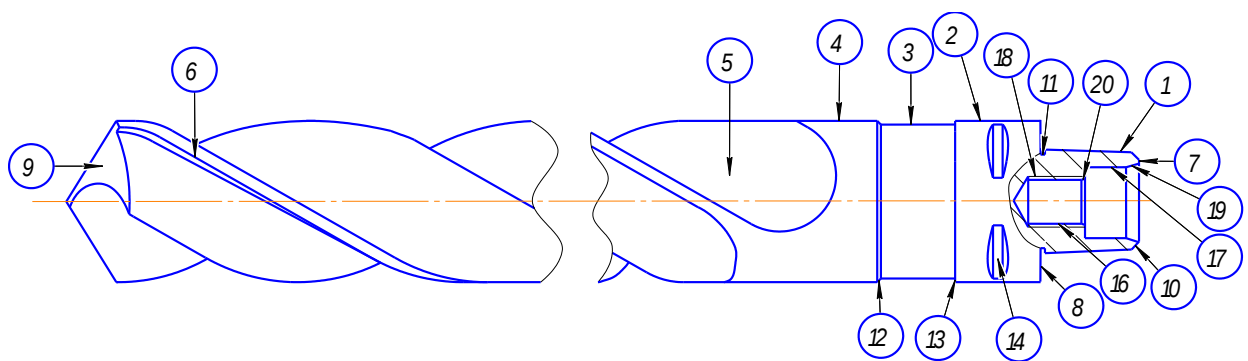


Рис.7 Эскиз сверла

Таблица 3 - Классификация поверхностей сверла

Вид поверхности	№ поверхности
Основные конструкторские базы	4, 6
Вспомогательные конструкторские базы	1, 8, 18
Исполнительные	9
Свободные	2, 3, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20

Материал режущей части – быстрорежущая сталь P6M5, материал хвостовой части сверла – сталь 40X [11].

Материал хвостовика - сталь 40X по ГОСТ 4543-71 - обладает следующими характеристиками (таблица 4):

Таблица 4 - Характеристики стали 40X

Марка стали	C в %	Si в %	Cr в %	Mn в %	Ni в %
40X	0,36-0,44	0,17-0,37	0,8-1,1	0,5-0,8	до 0,3

Твердость в состоянии поставки – 217 HB, после закалки – 40-45 HRC.

Материал режущей части - быстрорежущая сталь P6M5 по ГОСТ 1133-71 - обладает следующими характеристиками (таблица 5):

Таблица 5 - Характеристики быстрорежущей стали P6M5

Марка стали	C, %	Si, %	Cr, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Mo, %	W, %	V, %	Co, %	Cu, %
40X	0,82 -0,9	0,2- 0,5	3,8- 4,4	0,2- 0,5	До 0,6	До 0,025	До 0,03	4,8-5,3	5,5-6,5	1,7-2,1	До 0,5	До 0,25

Твердость в состоянии поставки – 255 HB, после закалки – 63-65 HRC.

Соединение хвостовика и режущей части инструмента будет осуществляться сваркой трением, так как она обеспечивает высокую производительность, высокое и стабильное качество соединений, а самое главное – возможность сварки различных металлов [12].

3.2 Разработка технологического маршрута изготовления сверла.

При разработке тех. маршрута (таблица 6) использовалась методика из [13].

Таблица 6 - Разработка тех. маршрута изготовления инструмента

№ операции	Оборудование	Квалитет	Шероховатость	Содержание операции
000 Заготовительная	Абразивно-отрезной станок МСТ 35-5	14	Ra 12,5	Отрезать заготовки
005 Сварочная	Станок сварки трением МСТ 51-2	14	Ra 12,5	Приварить заготовку режущей части сверла к заготовке хвостовой части сверла
010 Термическая	Печь шахтная	-	-	Отжечь заготовку
015 Токарно-фрезерная	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	12	Ra 6,3	Переход 1 Точить цилиндрические поверхности 1,2, торцы 7, 8 и проточку 11
		10	Ra 2,5	Переход 2 Точить коническую поверхность 1
		9	Ra 6,3	Переход 3 Сверлить отверстие 16
		10	Ra 6,3	Переход 4 Сверлить отверстие 17, фаски 19,20.
		10	Ra 6,3	Переход 5 Нарезать резьбу 18
		9	Ra 2,5	Переход 6 Фрезеровать пазы 14

Продолжение таблицы 6

020 Токарно-фрезерная	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	10	Ra 12,5	Переход 1 Точить торец 9, сверлить центровое отверстие (со стороны режущей части).
		11	Ra 3,2	Переход 2 Точить цилиндрические 3, 4, 21 и конические 9 поверхности режущей части. Точить фаску 12
025 Фрезерная	Координатно-фрезерный станок 6904BMФ2	8	Ra 2,5	Фрезеровать стружечную канавку 5 и ленточку 6
030 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	8	Ra 1,6	Шлифовать поверхность 1
035 Термическая	Печь шахтная	-	-	Объемная закалка со средним отпуском
040 Центро-шлифовальная	Центро-шлифовальный станок MB 119	8	Ra 1,6	Шлифовать центровое отверстие
045 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	7	Ra 0,8	Переход 1 Шлифовать коническую поверхность 1
		6	Ra 0,32	Переход 2 Шлифовать коническую поверхность 1
050 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	7	Ra 0,8	Переход 1 Шлифовать цилиндрическую поверхность 4
		6	Ra 0,32	Переход 2 Шлифовать цилиндрическую поверхность 4
055 Заточная	Шлифовально-заточной станок Walter CNC55	7	Ra 0,8	Заточить режущую кромку инструмента 9
060 Моечная	Моечная машина МПП-250	-	-	-
065 Контрольная	Контрольный стол	-	-	Контроль согласно рабочему чертежу

3.3 Выбор технологических баз.

Для базирования заготовки необходимо лишить ее шести степеней свободы, то есть, достаточно шести опорных точек, расположенных определенным образом. Эти точки и называются технологическими базами заготовки.

Для базирования цилиндрических заготовок обычно используют двойную направляющую (лишает четырех степеней свободы, рекомендуется принимать в качестве нее ось поверхности вращения с отношением длины заготовки к ее диаметру больше единицы) и две опорные (лишают по одной степени свободы). Еще технологические базы подразделяют по характеру их проявления: явные и скрытые, а также по реализации: естественные и искусственные. Явными называют реальные элементы конфигурации заготовки, а скрытыми – воображаемые плоскости, линии, точки, используемые в качестве технологических баз. Естественные базы – это реальные элементы конструкции заготовки, используемые в качестве технологических баз, а искусственные – дополнительные элементы, создаваемые на заготовке, с целью реализации теоретической схемы базирования. Выбор технологических баз и характер их проявления представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Выбор технологических баз

N операций	N Опорных точек	Наименование базы	Характер проявления		Реализация	
			Явная	Скрытая	Естественная	Искусственная
000	1-4	Д.Н.		+	+	
	5	О	+		+	
	6	О	+		+	
005	1-4	Д.Н.		+	+	
	5	О	+		+	
	6	О	+		+	
015 Переход 1	1-4	Д.Н.		+	+	
	5	О	+		+	
	6	О	+		+	

Продолжение таблицы 7

015 Переход 2	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
015 Переход 3	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
015 Переход 4	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
015 Переход 5	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
015 Переход 6	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
020 Переход 1	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
020 Переход 2	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ + +	
025	1-4 5 6	Д.Н. О О	+ +	+	+ 	+ +

Продолжение таблицы 7

030	1-4	Д.Н.		+		+
	5	О	+			+
	6	О	+		+	
040	1-4	Д.Н.		+		+
	5	О	+			+
	6	О	+		+	
045	1-4	Д.Н.		+		+
	5	О	+			+
	6	О	+		+	
050	1-4	Д.Н.		+		+
	5	О	+			+
	6	О	+		+	
055	1-4	Д.Н.		+		+
	5	О	+			+
	6	О	+		+	

3.4 Выбор средств технологического оснащения.

После разработки технологического маршрута и теоретических схем базирования произведем выбор средств технологического оснащения (таблица 8).

Таблица 8 - Выбор СТО

Наименование операции	Наименование оборудования	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контроль измерений
000 Заготовительная	Абразивно-отрезной станок МСТ 35-5	Патрон цанговый 6155-0065 ГОСТ 20505-75	Круг отрезной 41 400х 4,0х 32 14А 80-Н 41-43 ВF М 80 м/с 2кл. ГОСТ 21963-2002	Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89
005 Сварочная	Станок сварки трением МСТ 51-2	-	-	Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 8

010 Термическая	Печь шахтная	-	-	Твердомер Бринелля
015 Токарно- фрезерная	Токарно- фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	Патрон цанговый 6155-0065 ГОСТ 20505- 75	Резец вставка с возможностью регулирования Типа L16x20x20 $\varphi=91^0$ T5K10 ГОСТ 29133-91 Сверло из быстрорежущей стали P6M5 диаметр 14мм ГОСТ 2034-80 Резец-вставка 2120-0525 N ГОСТ 29133-91 P6M5 Сверло из быстрорежущей стали ступенчатое P6M5 диаметр 18мм ГОСТ 2034-80 Метчик M14 P6M5 ГОСТ 3449-84 Концевая фреза с цилиндрическим хвостовиком типа I ГОСТ 17025-71 d=3 P6M5	Штангенцикуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89 Набор концевых мер ГОСТ 9038-90 Калибр резьбовой ГОСТ 2016-86
020 Токарно- фрезерная	Токарно- фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	Патрон цанговый 6155-0065 ГОСТ 20505- 75	Сверло центровое комбинированное 2317-0001 ГОСТ 14952-75 P6M5 Резец вставка с возможностью регулирования Типа L16x20x20 $\varphi=91^0$ T5K10 ГОСТ 29133-91	Штангенцикуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89 Калибр центральной ГОСТ 14826-69

Продолжение таблицы 8

025 Фрезерная	Координатно-фрезерный станок 6904ВМФ2	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75 Делительная головка ДН-2	Фреза фасонная полукруглая выпуклая диаметр 80, z=18, В=33, Р18 ГОСТ 9305-93	Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89
030 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	Патрон специальный Центр упорный ГОСТ 13214-79	Шлифовальный круг 1 600х32х304,8 14А F36 L7 V 50 м/с 2кл.	Микрометр ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89
035 Термическая	Печь шахтная	-	-	Твердомер Роквелла
040 Центро-шлифовальная	Центро-шлифовальный станок МВ 119	Тиски призматические 7200-0252 ГОСТ 21168-85	Шлифовальная коническая головка KE25456A N30N5B ГОСТ 2447-82	Калибр центровой ГОСТ 14826-69
045 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	Патрон специальный Центр упорный ГОСТ 13214-79	Шлифовальный круг 1 600х32х304,8 25А F54 L7 V 50 м/с 2кл. Шлифовальный круг 1 600х32х304,8 25А F80 L7 V 50 м/с 2кл.	Микрометр ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89
050 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок Studer S36	Патрон специальный Центр упорный ГОСТ 13214-79	Шлифовальный круг 1 600х100х304,8 14А F54 L7 V 50 м/с ГОСТ Р52781-07 Шлифовальный круг 1 600х100х304,8 25А F80 L7 V 50 м/с ГОСТ Р52781-07	Микрометр ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 8

055 Заточная	Шлифовально-заточной станок Walter CNC55 с ЧПУ	Оправка специальная	Шлифовальный круг 2 400х63х48 14A F54 L7 V50 м/с ГОСТ P52781-07	Микрометр ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89
060 Моечная	Моечная машина МПП-250	-	-	-
065 Контрольная	Контрольный стол			Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89 Микрометр ГОСТ 6507-90 Твердомер Роквелла Набор концевых мер ГОСТ 9038-90 Калибр резьбовой ГОСТ 2016-86

Маршрутная карта представлена в приложении А.

3.5 Расчет режимов резания и проектирование технологической наладки на фрезерную операцию №025.

Разработаем технологическую наладку и рассчитаем режимы резания на операцию №025. При расчете использовались [14-16].

Выбор оборудования: согласно технологическому маршруту будем использовать координатно-фрезерный станок 6904ВМФ2.

Выбор приспособлений: согласно технологическому маршруту будем использовать центр вращающийся (ГОСТ 8742-75) и делительную головку ДН-2.

Выбор режущего инструмента: при фрезеровании будем использовать фасонную фрезу фасонную полукруглую выпуклую диаметр 80, z=18, B=33, P18 ГОСТ 9305-93.

Операционный эскиз:

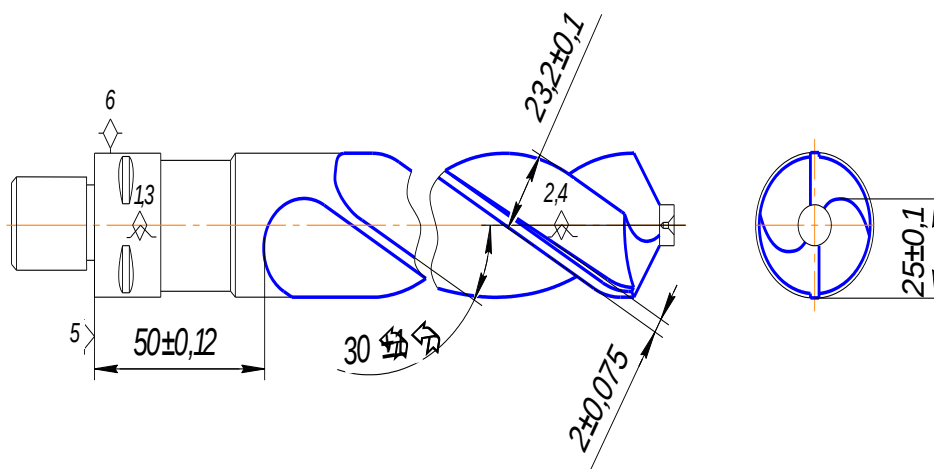


Рис.8 Операционный эскиз на фрезерование стружечной канавки

Расчет:

Подача на зуб фрезы:

$$s_z = \frac{C_s \cdot D^{1,2} \cdot K_1 \cdot K_2}{t^{0,53} \cdot B^{0,53}}, \text{ мм/зуб}; \quad (3.5.1)$$

где C_s - коэффициент, учитывающий тип фрезы;

-D - диаметр фрезы, мм;

- K_1 - поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала;

- K_2 - поправочный коэффициент, характеризующий схему закрепления фрезы;
- t - толщина снимаемого припуска (глубина канавки сверла), мм;
- B - ширина фрезерования (ширина стружечной канавки), мм.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_y \cdot D^{0,45} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{t^{0,3} \cdot B^{0,1} \cdot T^{0,33} \cdot s_z^{0,2} \cdot z^{0,1}}, \text{ м/мин;} \quad (3.5.2)$$

где C_y - коэффициент, учитывающий профиль фрезы ;

- D - диаметр фрезы, мм;
- K_1 - поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала;
- K_2 - поправочный коэффициент, характеризующий схему закрепления фрезы;
- K_3 - поправочный коэффициент, характеризующий тип обрабатываемого материала;
- t - толщина снимаемого припуска (глубина канавки сверла), мм;
- B - ширина фрезерования (ширина стружечной канавки), мм;
- T - стойкость фрезы, мин;
- s_z - подача на зуб фрезы, мм/зуб;
- z - количество зубьев фрезы.

Частота вращения фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин;} \quad (3.5.3)$$

где V - скорость фрезы, м/мин;

- D - диаметр фрезы, мм.

Окружная сила резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^h \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp}, \text{ Н}; \quad (3.5.4)$$

где C_p - коэффициент и x, y, h, q, w - показатели степени - табличные данные,

- t - толщина снимаемого припуска (глубина канавки сверла), мм;
- s_z - подача на зуб фрезы, мм/зуб;
- B - ширина фрезерования (ширина стружечной канавки), мм;
- z - количество зубьев фрезы;
- K_{mp} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
- D - диаметр фрезы, мм;
- n - частота вращения фрезы, об/мин.

Эффективная мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}; \quad (3.5.5)$$

где P_z - окружная сила резания;

- V - скорость фрезы, м/мин.

По формуле (3.5.1) найдем подачу на зуб фрезы:

$$s_z = \frac{C_s \cdot D^{1,2} \cdot K_1 \cdot K_2}{t^{0,53} \cdot B^{0,53}} = \frac{0,0041 \cdot 100^{1,2} \cdot 0,78 \cdot 1,5}{25^{0,53} \cdot 33^{0,53}} = 0,032 \text{ мм/зуб.}$$

По формуле (3.5.2) найдем скорость резания:

$$V = \frac{C_y \cdot D^{0,45} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{t^{0,3} \cdot B^{0,1} \cdot T^{0,33} \cdot s_z^{0,2} \cdot z^{0,1}} = \frac{48 \cdot 80^{0,45} \cdot 0,78 \cdot 1,5 \cdot 0,5}{25^{0,3} \cdot 33^{0,1} \cdot 120^{0,33} \cdot 0,032^{0,2} \cdot 18^{0,1}} = 17,2 \text{ м/мин.}$$

По формуле (3.5.3) найдем частоту вращения фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,2}{3,14 \cdot 80} = 70 \text{ об/мин.}$$

По формуле (3.5.4) найдем окружную силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^h \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{\text{мр}} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 25^{0,86} \cdot 0,032^{0,72} \cdot 33^1 \cdot 18}{80^{0,86} \cdot 101,9^0} \cdot 1 = 8711 \text{ Н.}$$

По формуле (3.5.5) найдем эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{8711 \cdot 17,2}{1020 \cdot 60} = 2,45 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{рез}} < N_{\text{станка}} \cdot \eta = 4,5 \text{ кВт}$ (по паспорту станка), делаем вывод, что данный станок подходит.

Теперь рассчитаем нормы времени для этой операции:

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}}, \text{ мин,} \quad (3.5.6)$$

где - T_0 – основное время, мин;

- T_B – вспомогательное время, мин;

- $T_{\text{об}}$ – время обслуживания, мин;

- $T_{\text{пер}}$ – время перерывов, мин;

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{s_z \cdot n \cdot z} \cdot i, \text{ мин}, \quad (3.5.7)$$

где L – расчетная длина обработки, мм;

-i- количество стружечных канавок;

- s_z - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

-n – частота вращения фрезы, об/мин;

-z- количество зубьев фрезы.

Вспомогательное время определяется в долях от основного:

$$T_B = 0,20 \cdot T_0, \text{ мин.} \quad (3.5.8)$$

Время обслуживания и время перерывов определяются в долях от суммы вспомогательного и основного времен.

Время обслуживания:

$$T_{об} = 0,06 \cdot (T_0 + T_B), \text{ мин.} \quad (3.5.9)$$

Время перерывов:

$$T_{пер} = 0,025 \cdot (T_0 + T_B), \text{ мин.} \quad (3.5.10)$$

Основное время по (3.5.7):

$$T_0 = \frac{L}{s_z \cdot n \cdot z} \cdot i = \frac{220}{0,032 \cdot 70 \cdot 18} \cdot 2 = 10,8 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по (3.5.8):

$$T_B = 0,20 \cdot T_0 = 0,20 \cdot 10,8 = 2,11 \text{ мин.}$$

Время обслуживания по (3.5.9):

$$T_{об} = 0,06 \cdot (T_0 + T_е) = 0,06 \cdot (10,8 + 2,1) = 0,77 \text{ мин.}$$

Время перерывов по (3.5.10):

$$T_{пер} = 0,025 \cdot (T_0 + T_е) = 0,025 \cdot (10,8 + 2,1) = 0,32 \text{ мин.}$$

Подставив найденные значения в формулу (3.5.6) найдем штучное время на операции:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{пер} = 10,8 + 2,11 + 0,77 + 0,32 = 14 \text{ мин.}$$

Разработаем наладку и операционную карту на эту операцию, которая представлена в приложении Б.

3.6 Расчет режимов резания и проектирование технологической наладки на шлифовальную операцию №045.

Разработаем технологическую наладку и рассчитаем режимы резания на операцию №045. Данная шлифовальная операция предусматривает два перехода – черновой и чистовой. На чистовом переходе, в отличие от чернового перехода, будем использовать более мелкозернистый шлифовальный круг. Также будут различаться режимы резания. Припуск на операцию примем равным 0,35 миллиметров (на черновой переход – 0,3 миллиметра, на чистовой переход – 0,05).

Выбор оборудования: согласно технологическому маршруту будем использовать кругло-шлифовальный станок Studer S36 .

3.6.1. Переход 1.

Выбор приспособлений: согласно технологическому маршруту будем использовать патрон поводковый 7108-0027 ГОСТ 2571-71.

Выбор режущего инструмента: при шлифовании будем использовать круг 1 600x32x304,8 25A F54 L7 V 40 м/с 2кл.

Операционный эскиз:

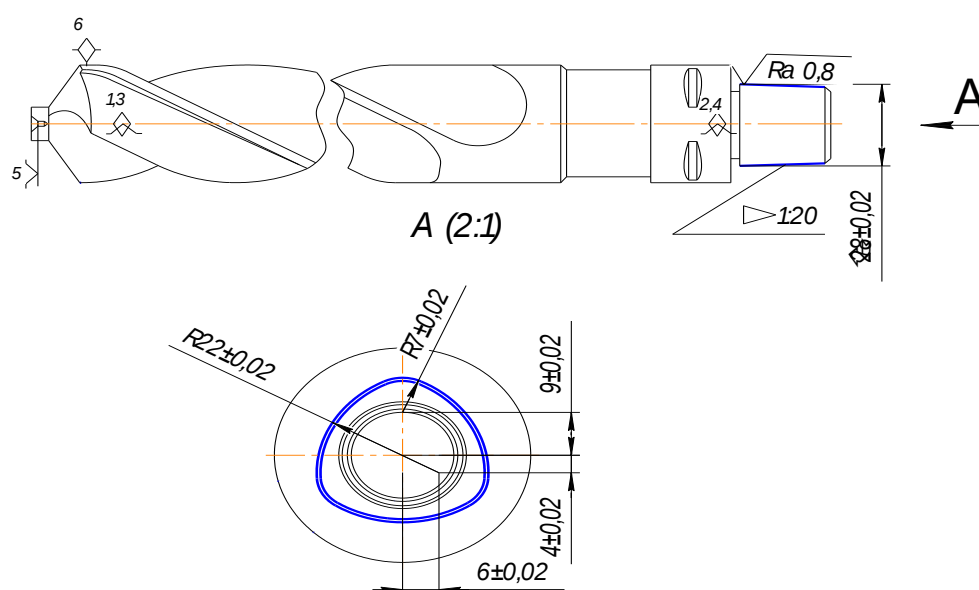


Рис. 9 Операционный эскиз на первый переход шлифовальной операции 045

Расчет:

На первом переходе данной операции предварительно обрабатывается коническая поверхность Капто, для обработки поверхности используем периферию круга.

Частота вращения заготовки:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин,} \quad (3.6.1)$$

где V_3 - скорость вращения заготовки, м/мин;

-d - диаметр заготовки, мм.

Расчетная мощность:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s_p^y \cdot d^q \cdot b^z, \text{ кВт;} \quad (3.6.2)$$

где C_N - коэффициент и r, y, z, q показатели степени - табличные данные,

- V_3 - скорость вращения заготовки, м/мин;

-s - поперечная подача, мм/об;

-d - диаметр шлифования, мм;

-b- ширина шлифования, мм.

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин,} \quad (3.6.3)$$

где V_k - скорость вращения шлифовального круга, м/мин;

-d - диаметр круга, мм.

По формуле (3.6.1) найдем частоту вращения заготовки:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 5}{3,14 \cdot 28} = 60 \text{ об/мин.}$$

По формуле (3.6.2) найдем расчетную мощность:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s_p^y \cdot d^q \cdot b^z = 0,14 \cdot 5^{0,8} \cdot 0,01^{0,8} \cdot 28^{0,2} \cdot 32^1 = 1,5 \text{ кВт.}$$

$N_{рез} < N_{станка} \cdot \eta = 7,5 \text{ кВт}$ (по паспорту станка), делаем вывод, что данный станок подходит.

По формуле (3.6.3) найдем частоту вращения шлифовального круга:

$$n_\kappa = \frac{1000 \cdot v_\kappa}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 2100}{3,14 \cdot 400} = 1672 \text{ об/мин.}$$

Теперь рассчитаем нормы времени для этого перехода:

Основное время:

$$T_0 = \frac{q}{s \cdot n} \cdot K, \text{ мин,} \quad (3.6.4)$$

где q – припуск на сторону, мм;

- s - поперечная подача, мм/об;

- n – частота вращения заготовки, об/мин;

- K – коэффициент, учитывающий врезание.

Штучное время на всей операции найдем как сумму штучных времен на первом и втором переходах:

$$T_{um} = T_{um}^1 + T_{um}^2, \text{ мин.} \quad (3.6.5)$$

Основное время по (3.6.4):

$$T_0 = \frac{q}{s \cdot n} \cdot K = \frac{0,15}{0,01 \cdot 60} \cdot 1,5 = 0,4 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по (3.5.8):

$$T_B = 0,40 \cdot T_0 = 0,40 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ мин.}$$

Время обслуживания по (3.5.9):

$$T_{об} = 0,06 \cdot (T_0 + T_B) = 0,06 \cdot (0,4 + 0,2) = 0,04 \text{ мин.}$$

Время перерывов по (3.5.10):

$$T_{пер} = 0,025 \cdot (T_0 + T_B) = 0,025 \cdot (0,4 + 0,2) = 0,01 \text{ мин.}$$

Подставив найденные значения в формулу (3.5.6) найдем штучное время на первом переходе:

$$T_{um}^1 = T_0 + T_B + T_{об} + T_{пер} = 0,4 + 0,2 + 0,04 + 0,01 = 0,65 \text{ мин.}$$

3.6.2. Переход 2.

Выбор приспособлений: согласно технологическому маршруту будем использовать патрон поводковый 7108-0027 ГОСТ 2571-71.

Выбор режущего инструмента: при шлифовании будем использовать круг 1 600x32x304,8 25A F80 L7 V 40 м/с 2кл.

Операционный эскиз:

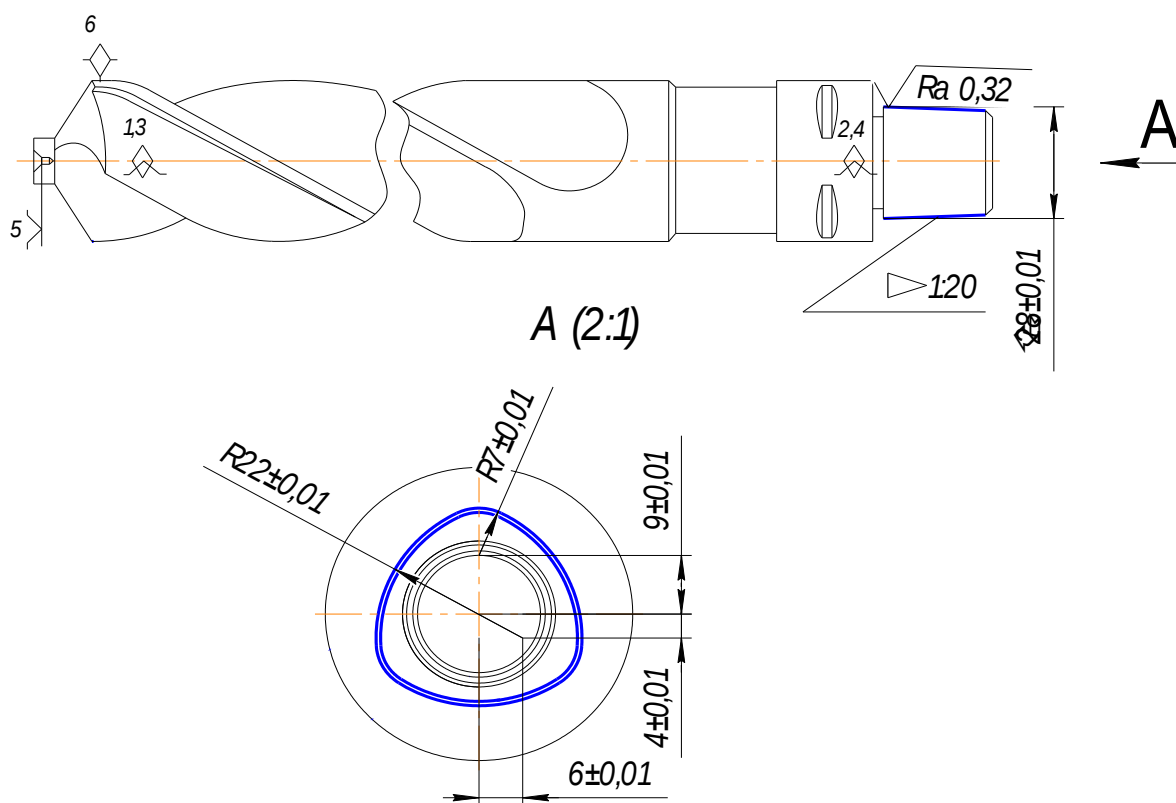


Рис. 10 Операционный эскиз на второй переход шлифовальной операции 045

Расчет:

На втором переходе данной операции окончательно обрабатывается коническая поверхность Капто. Для обработки поверхности используем периферию круга.

По формуле (3.6.1) найдем частоту вращения заготовки:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 2}{3,14 \cdot 28} = 20 \text{ об/мин.}$$

По формуле (3.6.2) найдем расчетную мощность:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s_p^y \cdot d^q \cdot b^z = 0,14 \cdot 2^{0,8} \cdot 0,005^{0,8} \cdot 28^{0,2} \cdot 32^1 = 0,6 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{рез}} < N_{\text{станка}} \cdot \eta = 7,5 \text{ кВт}$ (по паспорту станка), делаем вывод, что данный станок подходит.

По формуле (3.6.3) найдем частоту вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 2100}{3,14 \cdot 400} = 1672 \text{ об/мин.}$$

Основное время по (3.6.4):

$$T_0 = \frac{q}{s \cdot n} \cdot K = \frac{0,025}{0,0025 \cdot 20} \cdot 1,5 = 0,75 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по (3.5.8):

$$T_B = 0,40 \cdot T_0 = 0,40 \cdot 0,75 = 0,3 \text{ мин.}$$

Время обслуживания по (3.5.9):

$$T_{об} = 0,06 \cdot (T_0 + T_B) = 0,06 \cdot (0,75 + 0,3) = 0,06 \text{ мин.}$$

Время перерывов по (3.5.10):

$$T_{пер} = 0,025 \cdot (T_0 + T_e) = 0,025 \cdot (0,75 + 0,3) = 0,02 \text{ мин.}$$

Подставив найденные значения в формулу (3.5.6) найдем штучное время на втором переходе:

$$T_{шт}^2 = T_0 + T_B + T_{об} + T_{пер} = 0,75 + 0,3 + 0,06 + 0,02 = 1,13 \text{ мин.}$$

Штучное время на всей операции по (3.6.5):

$$T_{шт} = T_{шт}^1 + T_{шт}^2 = 0,65 + 1,13 = 1,78 \text{ мин.}$$

Теперь разработаем технологическую наладку и операционную карту на данную операцию, которая представлена в приложении Б.

4 Проектирование приспособления

4.1 Исходные данные.

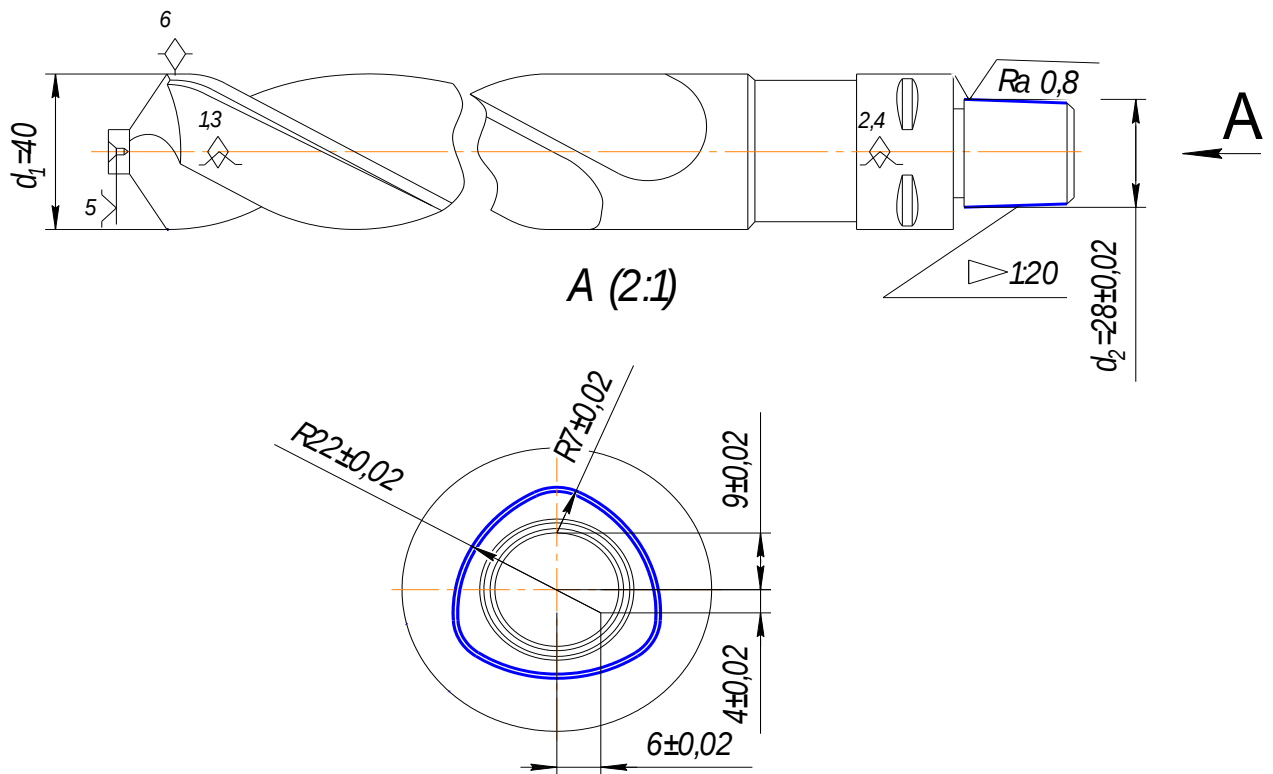


Рис. 11 Эскиз заготовки

Вид и материал заготовки – сверло после ТО, сталь $\sigma_b = 850$ МПа. Вид обработки - чистовая (шлифование).

Инструмент - круг 1 600x32x304,8 25A F54 L7 V 40 м/с 2кл.

Режимы резания: глубина $t = 0,15$ мм, подача $S = 0,01$ мм/об, скорость резания $V = 5$ м/мин, $V_{кр} = 35$ м/с, ширина шлифования $b = 32$.

Тип приспособления - поводковый патрон с фасонными кулачками.

Шлифовальный станок – Studer S36.

4.2 Введение в раздел.

При механической обработке важным элементом технологической системы является приспособление. Именно в него помещается исходная заготовка и именно от его параметров зависит значительная часть

точностных характеристик получаемой детали, удобство работы для станочника и производительность обработки [17].

Данный раздел ставит своей целью проектирование поводкового патрона с фасонными кулачками и составление соответствующей конструкторской документации.

Цель раздела: выполнить необходимые расчёты для проектирования патрона и силового привода к нему, разработать конструкцию поводкового патрона с фасонными кулачками с механизированным приводом.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1.Расчитать силы резания и усилия зажима;
- 2.Спроектировать зажимной механизм;
- 3.Расчитать силовой привод;
- 4.Произвести компоновку и начертить сборочный чертеж со спецификацией к нему.

4.3 Расчет сил резания.

При срезании стружек на абразивные зерна шлифовального круга действуют силы сопротивления металла заготовки разрушению. Силой резания P называют равнодействующую всех действующих на инструмент сил в процессе шлифования.

Между составляющими силы резания P_z и P_y (при шлифовании большинства материалов различными кругами) существует зависимость $f = P_z/P_y \approx 0,3...0,5$, где f — коэффициент абразивного резания.

При врезном шлифовании составляющие P_z и P_y (см. рис.12) силы резания рассчитываются по формулам:

$$P_z = \frac{N \cdot 1000}{V_{кр}}, \text{ Н}; \quad (4.3.1)$$

где N – мощность шлифования, кВт;

- $V_{кр}$ - скорость вращения шлифовального круга, м/с.

$$P_y = \frac{P_z}{0,5}, \text{ Н} \quad (4.3.2)$$

Расчетная мощность:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s_p^y \cdot d_2^q \cdot b^z, \text{ кВт}; \quad (4.3.3)$$

где C_N - коэффициент и r, y, z, q показатели степени - табличные данные,

- V_3 - скорость вращения заготовки, м/мин;

- s - поперечная подача, мм/об;

- d_2 - диаметр шлифования, мм;

- b - ширина шлифования, мм ;

По формуле (4.3.3) найдем расчетную мощность:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s_p^y \cdot d_2^q \cdot b^z = 0,14 \cdot 5^{0,8} \cdot 0,01^{0,8} \cdot 28^{0,2} \cdot 32^1 = 1,5 \text{ кВт}.$$

Подставив в формулы 4.3.1 и 4.3.2, получим значения сил резания:

$$P_z = \frac{N \cdot 1000}{V_{кр}} = \frac{1,5 \cdot 1000}{35} = 42,9 \text{ Н};$$

$$P_y = P_z / 0,5 = 42,9 / 0,5 = 85,8 \text{ Н}.$$

4.4 Расчёт усилия зажима.

В процессе обработки заготовки на нее воздействует система сил. С одной стороны действуют составляющие силы резания, которые стремятся вырвать заготовку из кулачков, с другой - сила зажима препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учётом коэффициента запаса определяются необходимые зажимное и исходное усилия [18].

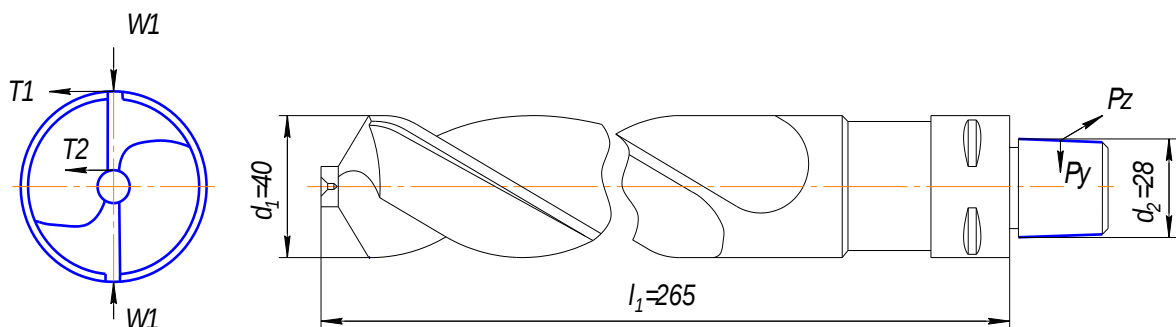


Рис. 12 Схема приложения сил

Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится провернуть заготовку в кулачках, и равен:

$$M_p = P_z \cdot \frac{d_2}{2}, \text{ Н} \quad (4.4.1)$$

Проворачиванию заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M_3 = W_1 \cdot f_1 \frac{d_1}{2} + W_1 \cdot f_1 \frac{d_1}{2} + W_1 \cdot f_2 \frac{d_3}{2}, \text{ Н}, \quad (4.4.2)$$

где W - усилие зажима,

f - коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства моментов M_p и M_3 определим необходимое усилие зажима, препятствующее проворачиванию заготовки в кулачках.

$$M_p = M_3 \Rightarrow W_1 \cdot f_1 \frac{d_1}{2} + W_1 \cdot f_1 \frac{d_1}{2} + W_1 \cdot f_2 \frac{d_3}{2} = P_z \cdot \frac{d_2}{2} \Rightarrow$$

$$W_1 = \frac{P_z \cdot d_2}{2 \cdot (f_1 \cdot d_1 + f_2 \cdot d_3 / 2)} \quad (4.4.3)$$

Значение коэффициента запаса K , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (4.4.4)$$

где $K_0 = 1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

- K_1 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при черновой обработке $K_1 = 1,2$, при чистовой $K_1 = 1,0$;

- K_2 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

- K_3 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании (при прерывистом резании $K_3 = 1,2$, для непрерывного $K_3 = 1,0$);

- K_4 - коэффициент, характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом. Для механизированных приводов $K_4 = 1,0$.

- K_5 - коэффициент, характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима и т.д.). Для механизированных приводов $K_5 = 1,0$.

- K_6 вводится в расчёт только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри.

Коэффициент K по формуле 4.4.4 равен:

$$K_1 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8, \text{ принимаем } K_1 = 2,5;$$

$$K_2 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8, \text{ принимаем } K_2 = 2,5.$$

Коэффициент трения f между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности. Примем $f = 0,8$. Подставив в формулу 4.4.3 исходные данные, получим:

$$W_1 = \frac{P_z \cdot d_2}{2 \cdot (f_1 \cdot d_1 + f_2 \cdot d_3 / 2)} \cdot K_1 = \frac{49,2 \cdot 28}{2 \cdot (0,8 \cdot 40 + 0,8 \cdot 4,25 / 2)} \cdot 2,5 = 450 \text{ Н.}$$

Сила P_y стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно оси, создавая момент:

$$M_p = P_y \cdot l_1, \text{ Н} \quad (4.4.5)$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима:

$$M_z = W_2 \cdot f_1 \left(\frac{d_1 - d_3}{2} \right), \text{ Н} \quad (4.4.6)$$

Необходимая сила зажима равна:

$$M_p = M_z \Rightarrow W_2 \cdot f_1 \left(\frac{d_1 - d_3}{2} \right) = P_y \cdot l_1 \Rightarrow$$

$$W_2 = \frac{2 \cdot P_y \cdot l_1}{f_1 (d_1 - d_3)} \cdot K_2 = \frac{2 \cdot 85,8 \cdot 265}{0,8 \cdot (40 - 4,25)} \cdot 2,5 = 3975 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай: $W = 3975 \text{ Н}$.

Величина усилия зажима W_1 , прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием W и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(\frac{3l_k}{H_k}\right) f\right)}, \text{ Н}, \quad (4.4.7)$$

где l_k - вылет кулачка - расстояние от середины рабочей поверхности сменного кулачка до середины направляющей постоянного кулачка;

- H_k - длина направляющей постоянного кулачка, мм;

- f - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса ($f = 0,3$).

Примем: толщину сменного кулачка $b_c = 70 \text{ мм}$, постоянного – $b_k = 10 \text{ мм}$, ширину направляющей постоянного кулачка $B_k = 45 \text{ мм}$, ширину сменного кулачка $B_1 = 25 \text{ мм}$, длину кулачка $H_k = 95 \text{ мм}$, вылет - $l_k = 55 \text{ мм}$. Размеры кулачка представлены на рисунке 13.

Подставив исходные данные в формулу 4.4.7, получим:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3l_k}{H_k}\right) \cdot f} = \frac{3975}{1 - \left(\frac{3 \cdot 55}{95}\right) \cdot 0,3} = 8316 \text{ Н}.$$

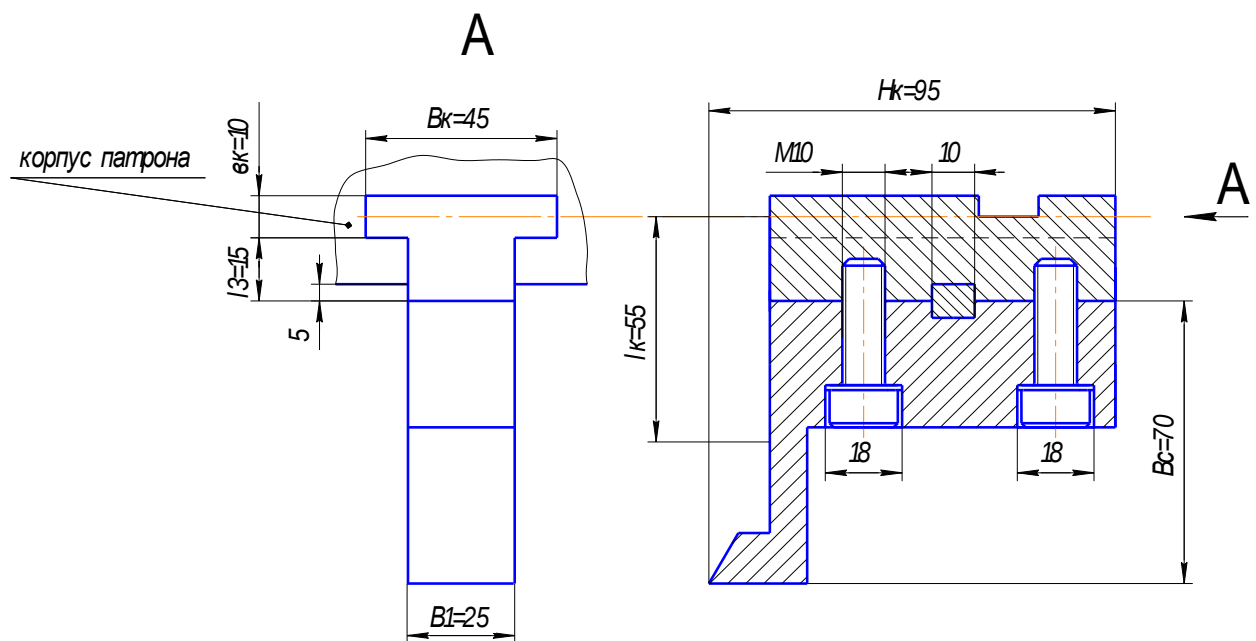


Рис. 13. Размеры кулачков

4.5 Расчёт зажимного механизма патрона.

При расчёте зажимного механизма определяется усилие Q , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся постоянному кулачку.

$$Q = W/i_c, H, \quad (4.5.1)$$

где i_c - передаточное отношение по силе зажимного механизма (выигрыш в силе). Данное отношение для рычажного механизма равно:

$$i_{c.p.m} = A/B, \quad (4.5.2)$$

где $A=70$ мм и $B=35$ мм - плечи рычага.

Подставим в формулу 4.5.2:

$$i_{C.P.M} = A/B = 70/35 = 2.$$

На этапе расчёта наружный диаметр патрона можно определить по формуле:

$$D_{\Pi} = d_1 + 2H_k, \text{ мм}, \quad (4.5.3)$$

где H_k - длина постоянного кулачка, мм.

По формуле 4.5.3 наружный диаметр патрона равен:

$$D_{\Pi} = d_1 + 2H_k = 40 + 2 \cdot 95 = 230 \text{ мм}.$$

По формуле 4.5.1 усилие на штоке равно:

$$Q = W/i_{c.p} = 8316/2 = 4158 \text{ Н}.$$

Схема зажимного механизма представляет собой неравноплечий угловой рычаг 1 (рис. 14), смонтированный в корпусе патрона на неподвижных осях 2, и который своими сферическими концами входит с посадкой в пазы постоянного кулачка 3 и центральной втулки 4.

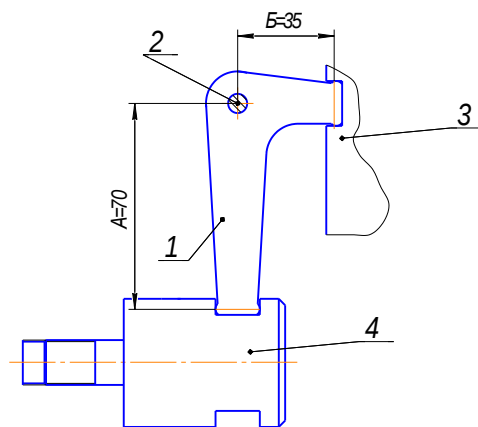


Рис.14 Схема зажимного механизма

4.6 Расчет силового привода.

Для создания исходного усилия Q используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем и муфту для подвода рабочей среды. В качестве приводов наибольшее применение получили пневматический и гидравлический вращающиеся цилиндры.

Диаметр поршня пневмоцилиндра определяется по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{(Q/P)}, \text{ мм}, \quad (4.6.1)$$

где: P - избыточное давление воздуха, принимаемое в расчётах равным 1,6 МПа.

Ход поршня цилиндра рассчитывается по формуле:

$$S_Q = S_W/i_n, \text{ мм}, \quad (4.6.2)$$

где S_w - свободный ход кулачков, который можно принять равный 12,5 мм.

$i_n = l/i_c$ - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению. Значение S_Q - принимать с запасом 10...15 мм.

По формуле 4.6.1 диаметр поршня пневмоцилиндра равен:

$$D = 1,13 \sqrt{(Q/P)} = 1,13 \sqrt{(4158/1,6)} = 56 \text{ мм}.$$

Примем $D = 50$ мм.

Диаметр штока пневмоцилиндра равен:

$$d = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ мм}.$$

4.7 Расчет погрешности установки заготовки в приспособление.

Погрешность установки определяется по формуле:

$$E_y = \sqrt{E_B^2 + E_3^2 + E_{IP}^2}, \quad (4.7.1)$$

где E_B - погрешность базирования, равная при данной схеме нулю, так как измерительная база используется в качестве технологической.

E_3 - погрешность закрепления - это смещение измерительной базы под действием сил зажима ($E_3 = 0$).

$E_{\text{ПР}}$ - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

$$E_y = \omega A / 2 = 0,5 \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (4.7.2)$$

где ωA - колебания замыкающего размера A_{Δ} ,

Размерная схема представлена на рисунке 15.

Δ_1, Δ_3 - погрешности, возникающие вследствие несоосности изготовления размеров A_1 и A_3 . При $A_1=62$ мм и $A_3=1$ мм по таблицам из [19] для 6 качества точности погрешности равны:

$$\Delta_1 = TA_1 = 0,009 \text{ мм}, \Delta_3 = TA_3 = 0,006 \text{ мм}.$$

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_6$ - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях ($\Delta_2, \Delta_4, \Delta_6 = S_{\text{НБ}} - S_{\text{НМ}}$). Так как обработка требует большой точности примем для размеров A_4 и A_6 посадку H5/h6, а для размера A_2 – H6/p5. При $A_2=10$ мм, $A_4=15$ и $A_6=15$ мм по таблицам из [19] погрешности равны:

$$\Delta_4 = \Delta_6 = S_{\text{НБ}4} - S_{\text{НМ}4} = S_{\text{НБ}6} - S_{\text{НМ}6} = 0,006 \text{ мм};$$

$$\Delta_2 = S_{\text{НБ}2} - S_{\text{НМ}2} = 0,007 \text{ мм}.$$

Δ_5 - погрешность, появляющаяся из-за неточности изготовления плеч рычага, равная:

$$\Delta_5 = A \cdot \operatorname{tg} \Delta \beta = 70 \cdot \operatorname{tg} 0,05' = 0,0092 \text{ мм.}$$

Погрешность установки не должна превышать для чистовой обработки:

$$E_{\text{доп}} = 0,3Td = 0,3 \times 0,04 = 0,012 \text{ мм.}$$

Подставим найденные значения погрешностей в формулу 4.7.2:

$$E_y = 0,5 \cdot \sqrt{0,009^2 + 2 \cdot 0,008^2 + 0,007^2 + 0,0092^2 + 0,006^2} = 0,0097 \text{ мм.}$$

$E_y < E_{\text{доп}}$ - условие выполнено.

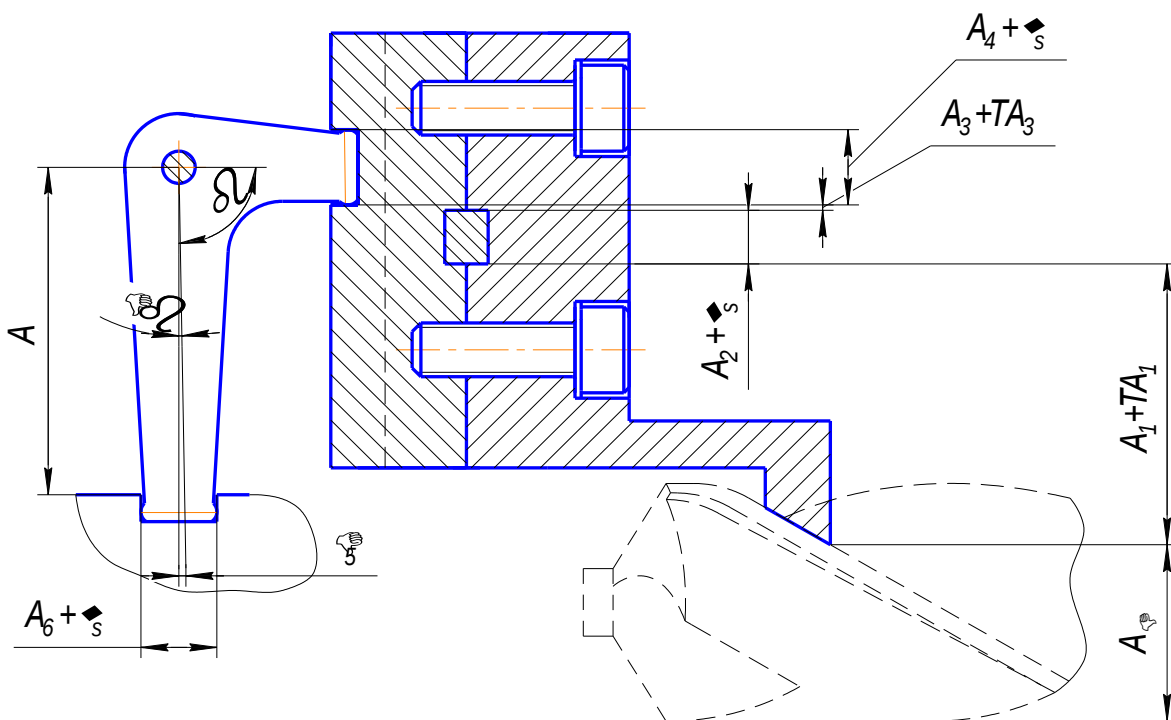


Рис. 15 Размерная схема

Как итог, в данном разделе был спроектирован поводковый патрон с фасонными кулачками с силовым пневматическим приводом и составлена соответствующая конструкторская документация (приложение В). Характеристики и параметры спроектированного приспособления полностью соответствуют требованиям, изложенным в задачах на проектирование.

5 Безопасность и экологичность работы

5.1 Конструкторско-технологическая характеристика объекта.

Данные об операциях и оборудовании, применяемом в технологическом процессе, сведем в таблицу 9.

Таблица 9 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
ТП изготовления сверла	Заготовительная	Станочник широкого профиля	Абразивно-отрезной станок МСТ 35-5	Металл, СОЖ
	Сварочная	Сварщик	Станок сварки трением МСТ-51-2	
	Термическая	Термист	Печь шахтная	
	Токарно-фрезерная	Оператор станков с ЧПУ, наладчик станков и манипуляторов с ЧПУ	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	
	Фрезерная		Координатно-фрезерный станок 6904ВМФ2	
	Шлифовальная		Круглошлифовальный станок Studer S36	
	Термическая	Термист	Печь шахтная	
	Центрошлифовальная	Оператор станков с ЧПУ, наладчик станков и манипуляторов с ЧПУ	Центрошлифовальный станок MB 119	
	Шлифовальная		Круглошлифовальный станок Studer S36	
	Заточная		Шлифовально-заточной станок Walter CNC55	
	Моечная	Оператор моечной установки	Моечная машина	
	Контрольная	Контроллер станочных и слесарных работ	Контр.стол	

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных рисков.

Сделав анализ технологического процесса, сведем данные о вредных производственных факторах [20] в таблицу 10.

Таблица 10 - Идентификация профессиональных рисков

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Заготовительная	Движущиеся машины и механизмы	Шлифовальный круг со значительной скоростью вращения
	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев заготовки в зоне обработки
	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Рабочие органы станка
	Повышенный уровень вибрации	Шлифовальный круг со случайным расположением абразивных зерен
	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Абразивно-отрезной станок
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Абразивная пыль
	Канцерогенные вещества	СОЖ
	Перенапряжение анализаторов	Экраны стойки управления
Сварочная	Движущиеся машины и механизмы	Заготовки со значительной скоростью вращения
	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев заготовки в зоне сварки
	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Станок сварки трением
Термическая	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев поверхности закалки

Продолжение таблицы 10

Токарно-фрезерная, фрезерная	Движущиеся машины и механизмы	Стол станка и вращающийся шпиндель
	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев заготовки в зоне обработки
	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Рабочие органы станка
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Заготовка, инструмент
	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Ток в электрической цепи станка
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Пары СОЖ
	Канцерогенные вещества	СОЖ
	Перенапряжение анализаторов	Экраны стойки управления
Шлифовальная	Движущиеся машины и механизмы	Шлифовальный круг со значительной скоростью вращения
	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев заготовки в зоне обработки
	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Рабочие органы станка
	Повышенный уровень вибрации	Шлифовальный круг со случайным расположением абразивных зерен
	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Шлифовальный станок
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Абразивная пыль
	Канцерогенные вещества	СОЖ
	Перенапряжение анализаторов	Экраны стойки управления
Термическая	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев поверхности закалки

Продолжение таблицы 10

Центро-шлифовальная, шлифовальная, заточная	Движущиеся машины и механизмы	Шлифовальный круг, шлифовальная головка со значительной скоростью вращения
	Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Значительный нагрев заготовки в зоне обработки
	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Рабочие органы станка
	Повышенный уровень вибрации	Шлифовальный круг, шлифовальная головка со случайным расположением абразивных зерен
	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Шлифовальный станок
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Абразивная пыль
	Канцерогенные вещества	СОЖ
	Перенапряжение анализаторов	Экраны стойки управления
Моечная	Канцерогенные вещества	Жидкость для промывки
Контрольная	Перенапряжение анализаторов	Индикаторы, шкалы приборов контроля

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

Средства защиты от опасных факторов представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
---	--	--

Продолжение таблицы 11

Движущиеся машины и механизмы	Применение специальных ограждений, проведение специального инструктажа	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, кожаные ботинки с защитным подноском, наколенники, защитная каска, подшлемник
Повышенная или пониженная температура поверхностей, оборудования, материалов	Применение СОЖ	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение звукоизоляционных материалов при изготовлении оборудования	Наушники противозумные или вкладыши противозумные
Повышенный уровень вибрации	Применение демпфирующих опор	Ботинки кожаные с защитным подноском
Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Надежная изоляция электропроводки, наличие предохранителей	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенная запыленность и загазованность воздуха	Ведение работ в зоне отделенной от человека, применение пылесборников	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)
Канцерогенные вещества	Применение канцерогенных веществ в минимально возможном количестве, с возможностью автоматического распыления и доставки	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)
Перенапряжение анализаторов	Увеличение времени перерывов	-
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Введение в технологический процесс слесарных переходов по округлению острых углов и заусенцев	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности

рассматриваемого технического объекта.

Информация о классе пожаров, технических средствах борьбы с ними и организационно-технических мероприятиях представлена в таблицах 12-14.

Таблица 12 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Заготовительная	Абразивно-отрезной станок МСТ 35-5	В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окр. среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму.	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, сооружений, энергетического оборудования, технологических установок, инженерно-технического оборудования, агрегатов. Образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования. Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов. Термохимические воздействия при тушении пожара огнетушащими веществами на предметы и людей.
Сварочная	Станок сварки трением МСТ-51-2			
Термическая	Печь шахтная			
Токарно-фрезерная	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER			
Фрезерная	Координатно-фрезерный станок 6904ВМФ2			
Шлифовальная	Круглошлифовальный станок Studer S36			
Термическая	Печь шахтная			
Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок MB 119			
Шлифовальная	Круглошлифовальный станок Studer S36			
Заточная	Шлифовально-заточной станок Walter CNC55			
Моечная	Моечная машина			
Контрольная	Контр.стол			

Таблица 13 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства тушения пожара	Мобильные средства тушения пожара	Стационарные установки системы тушения пожара	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Песок, пенный огнетушитель	Пожарная мотопомпа	Аэрозольная система тушения пожара	Респираторы, промышленные противогазы	Лопата совковая, багор, ведро	Извещатели пожарные

Таблица 14 - Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий (организационно-технических)	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
ТП изготовления сверла	Организация пожарной охраны, организация ведомственных служб пожарной безопасности в соответствии с законодательством, паспортизация веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности, привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности; Организацию обучения правилам пожарной безопасности на производстве. Разработка правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;	Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и/или предотвращением образования в ней источников зажигания. Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться одним из следующих способов: -максимально возможным применением негорючих веществ и материалов; -максимально возможным ограничением массы и/или объема горючих веществ, материалов; -изоляцией горючей среды; -поддержанием температуры и давления среды, при которых

Продолжение таблицы 14

	Изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности; Порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами; Нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре; Разработка мероприятий по действиям администрации, рабочих, на случай возникновения пожара.	распространение пламени исключается; -максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ; -установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках; -применением устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих и отсекающих устройств. Предотвращения образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одним из следующих способов или их комбинаций: -применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания; -применением электрооборудования на пожароопасных технических моющих средствах.
--	--	---

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Запишем список мероприятий по предотвращению антропогенных воздействий на различные среды в таблицы 15-16.

Таблица 15 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, техпроцесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
---	---	--	---	--

Продолжение таблицы 15

ТП изготовления сверла	Абразивно-отрезной станок МСТ 35-5	-	Забор воды из источников водоснабжения	Образование отходов (стружки)
	Станок сварки трением МСТ-51-2	-		
	Печь шахтная	-		
	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ HS-22M + BF1200, Tongtai TOPPER	-		
	Координатно- фрезерный станок 6904BMФ2	-		
	Кругло- шлифовальный станок Studer S36	-		
	Печь шахтная	-		
	Центро- шлифовальный станок MB 119	-		
	Кругло- шлифовальный станок Studer S36	-		
	Шлифовально- заточной станок Walter CNC55	-		
	Моечная машина	-		

Таблица 16 - Разработанные мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления сверла
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переработка СОЖ методом «Обратный осмос» – данная технология основана на физическом принципе обратного осмоса и дает весьма тонкую фильтрацию вещества. Ее можно считать одной из наиболее безвредных.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация стружки: брикетирование или прессование стружки в компактный брикет (пакет) для наименьшего угара стружки при переплавке в сталеплавильных печах.

Выводы:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» был приведен технологический процесс изготовления сверла, перечислены операции, должности работников, применяемое оборудование, материалы, комплектующие и производимые изделия.
2. Определены профессиональные риски по выполняемым операциям технологического процесса.
3. Разработан перечень мероприятий по снижению профессиональных рисков.
4. Подобраны средства индивидуальной защиты работников.
5. Произведено классифицирование пожара и его опасных факторов. Разработаны методы и меры по обеспечению пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объекте.
6. Для обеспечения экологической безопасности на техническом объекте были разработаны мероприятия по снижению воздействия негативных антропогенных факторов на различные среды.

6 Экономическая эффективность работы

В данном разделе произведем расчет экономической эффективности путем сравнения базового и проектного варианта.

1) Базовый вариант – при сверлении используется инструмент со стандартным хвостовиком.

2) Проектный вариант – при сверлении используется инструмент с хвостовиком Капто, который является быстросменной модульной оснасткой, позволяющей снизить время обработки за счет работы с большими подачами [1].

Капитальные вложения в конструктивные изменения режущего инструмента, связанные с изменением его хвостовика, составляют $K_{вв.пр.} = 8114944,5$ рублей.

Использование методики «Расчет технологической себестоимости» [21] позволило получить необходимые данные для определения полной себестоимости предложенного проекта, которая представлена в таблице 17.

Таблица 17 - Калькуляция себестоимости

Статьи затрат	Затраты, руб.		Изменения +/-
	Вар. 1	Вар.2	
Основная заработная плата рабочих операторов и наладчика ($З_{пл.осн}$)	25,49	5,74	- 19,75
Начисления на заработную плату ($Н_{з.пл.}$)	7,65	1,72	- 5,93
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ($Р_{э.об}$)	20,76	12,96	- 7,8
Итого технологическая себестоимость ($С_{тех}$)	53,9	20,42	- 33,48

Продолжение таблицы 17

Общие цеховые расходы ($P_{цех}$)	43,84	9,87	- 33,97
Итого цеховая себестоимость ($C_{цех}$)	97,74	30,29	- 67,45
Заводские накладные расходы ($P_{зав}$)	50,22	11,31	- 38,91
Итого заводская себестоимость ($C_{зав}$)	147,96	41,6	- 106,36
Внепроизводственные расходы ($P_{вн}$)	0,44	0,12	- 0,32
Всего полная себестоимость ($C_{пол}$)	148,4	41,72	- 106,68

Учитывая полученные данные, можно наглядно отобразить составные элементы полной себестоимости операции сверления с видоизмененным инструментом в виде диаграммы калькуляции себестоимости (рис.15).

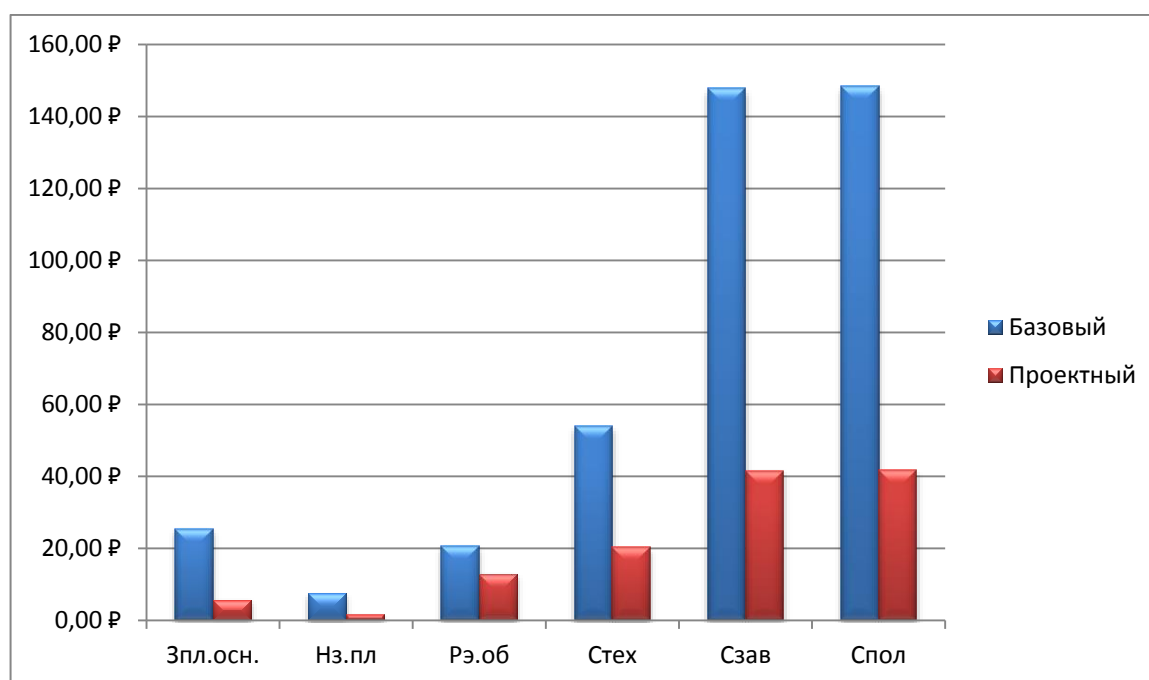


Рис.15 Диаграмма калькуляции себестоимости

Для окончательного определения целесообразности внедрения рассмотренных изменений, проведем экономическое обоснование эффективности с использованием методики [21], согласно которой определяем следующие величины:

$$PP_{OЖ} = \mathcal{E}_{y-\Gamma} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot П_{\Gamma} = (148,4 - 41,72) \cdot 100000 = 10668000 \text{ руб};$$

$$H_{ПР} = PP_{OЖ} \cdot K_{НАЛ} = 10668000 \cdot 0,2 = 2133600 \text{ руб};$$

$$PP_{ЧИСТ} = PP_{OЖ} - H_{ПР} = 10668000 - 2133600 = 8534400 \text{ руб};$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{PP_{ЧИСТ}} + 1 = \frac{8114944,5}{8534400} + 1 = 2 \text{ года};$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = PP_{ЧИСТ.ДИСК(T)} = \sum_{t=1}^T PP_{ЧИСТ_t} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} = 8534400 \cdot (0,833 + 0,694) = 13032028,8 \text{ руб};$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} = 13032028,8 - 8114944,5 = 4917087,3 \text{ руб};$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}} = \frac{13032028,8}{8114944,5} = 1,61 \text{ руб} / \text{руб}.$$

Вывод: проведенные расчеты дают возможность сделать заключение об эффективности рассмотренных мероприятий, которые подтверждают целесообразность внедрения, в результате которого можно получить снижение себестоимости выполнения сверлильной операции примерно на 71,9%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были решены следующие задачи:

1. Изучена и проанализирована научная литература о закреплении инструмента, в частности при использовании хвостовика Капто;
2. Определены области применения инструмента с хвостовиком Капто;
3. Проанализирован профиль конуса Капто и математически обоснована область появления максимального зазора при неточностях изготовления.
4. Разработаны теоретические схемы базирования, выбраны средства технологического оснащения, определен технологический маршрут обработки спирального сверла с хвостовиком Капто;
5. Разработан технологический процесс изготовления спирального сверла с хвостовиком Капто;
6. Рассчитаны режимы резания, нормы времени и спроектированы наладки на две разнохарактерные операции - фрезерную и шлифовальную.
7. Спроектировано приспособление – поводковый патрон с фасонными кулачками с пневматическим приводом.
8. Были разработаны мероприятия по противопожарной защите технического объекта, а также мероприятия, снижающие степень антропогенного воздействия на окружающую среду.
9. Произведен расчет экономической эффективности.

В результате работы была получена технология изготовления спирального сверла с хвостовиком Капто, определены области и условия его

применения, а также найдена зависимость между максимальным зазором в соединении (инструментального шпинделя и инструмента) и угловой погрешностью изготовления отверстия, возникающей из-за неточности изготовления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Elain McClarence / E. McClarence // Metalworking world. 3. - Sweden: Spoon publishing, 2007. - p. p. 6-7. ISBN 1652-5825.
2. Modern Surface Engineering Treatments / Ed. Mahmood Aliofkhazraei. - InTech, 2013. - 238p. ISBN 978-953-51-1149-8.
3. Torque Control / Ed. Moulay Tahar Lamchich. - InTech, 2011. - 304p. ISBN 978-953-307-428-3.
4. Mechanical Engineering / Ed. Murat Gokcek. – InTech, 2012. – 682p. ISBN 978-953-51-0505-3.
5. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов. М.: Машиностроение, 2009. – 640 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
7. Справочник технолога – машиностроителя, в 2х томах. Под ред. Дальского А. М. М.: Машиностроение, 2003 г. т. 1 – 912 стр., т. 2 – 944 с.
8. Малышев В.И. Технология изготовления режущего инструмента : [учеб. пособие по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. производств"]/ В.И. Малышев - Тольятти : Издательство Тольяттинского гос. университета, 2013. - 367 с.
9. Малышев В.И. Технология изготовления режущего инструмента : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. И. Малышев. - Старый Оскол : ТНТ, 2015. - 439 с.

10. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 2-е, доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2005. – 278с.
11. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
12. Welding Processes / Ed. Radovan Kovacevic. - InTech, 2012. - 450p. ISBN 978-953-51-0854-2.
13. Соболев С.Ф., Кузьмин Ю.П. Методические указания по разработке технологических процессов изготовления деталей механической обработкой. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2007. – 118с.
14. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. Вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн: Высш. школа, 1983.- 256с.
15. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г – 272 с.
16. Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении : учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Гриф УМО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2003. - 179 с.
17. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
18. Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

19. Мягков, В.Д. Допуски и посадки / В.Д.Мягков [и д.р.] - Машиностроение. : Ленингр. отд-ние", 1982. - 543 с.
20. Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2003г. – 17с.
21. Зубкова Н.В. Учебно – методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско – технологическое обеспечение машиностроительных производств». / Н.В. Зубкова – Тольятти: ТГУ, 2015. – 73с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Маршрутная карта

Рисунок А1 - Первый лист

А	Цех	Уч.	Рн	Опер.	Код наименования операции	Проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Класс	Тех.	Тип
Б	Код наименования операции				СМ	Код наименования операции									Тип
A24				020	Токарно-фрезерная	18217	22	1	1	1	1	50			
B25	Токарно-фрезерный полуавтомат с ЧПУ КС-22М-8F1200 Tolpato TORPER														
B26	Прогнуть торцы 9 в размер 28±0,4, сверлить центральное отверстие.														
B27	Прогнуть цилиндрические поверхности 3 в размер 38±0,06, 4 в размер 40±0,06, 21 в размер 7±0,05, конические поверхности 9, погнуть фланец 12.														
T28	Патрон конический 6155-0065 ГОСТ 20505-75. Резец-вставка с базисностью регулирования типа L 16-20-20 Т5К10 ГОСТ 29133-91														
T29	Штангенциркуль ШЦ-2-250 001 ГОСТ 166-89, набор концевых мер ГОСТ 9038-90.														
A30				025	Фрезерная										
B31	Координатно-фрезерный 6904ВМ02					18632	22	1	1	1	1	50			
B32	Фрезеровать стружечные канавки 5 и лепестку 6.														
T33	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75, делительная головка ДН-2, фреза фасонная двугранный несимметричная Ф80 z=18, В±0,3 Р18 ГОСТ 9305-93														
T34	Штангенциркуль ШЦ-2-250 001 ГОСТ 166-89														
A35				030	Шлифовальная										
B36	Круглошлифовальный станок Studer S35					18632	22	1	1	1	1	50			
B37	Шлифовать поверхность 1 в размер 28±0,06.														
T38	Патрон специальный центр упорный ГОСТ 13214-79, шлифовальный круг 1 600-32-304,8 14А Р36 Л7 V50 м/с 2кл.														
T39	Микрометр ГОСТ 6507-90, штангенциркуль ШЦ-2-250 001 ГОСТ 166-89														
A40				035	Термообработка										
B41	Печь шахтная.														
T42	Твердометр Роквелла														
A43				040	Центрошлифовальная										
B44	Центрошлифовальный станок MB119					18873	22	1	1	1	1	50			
B45	Шлифовать центральное отверстие.														
T46	Тиски призматические 7200-0252 ГОСТ 21168-95, шлифовальная коническая головка КС25-56А 13015В ГОСТ 2447-82, калибр центральный ГОСТ 14826-89														
A47				045	Шлифовальная										
B48	Круглошлифовальный станок Studer S36					18873	22	1	1	1	1	50			
B49	Шлифовать поверхность 1 в размер 28,07±0,04.														
B50	Шлифовать поверхность 1 в размер 28±0,022.														
T51	Патрон специальный центр упорный ГОСТ 13214-79, шлифовальные круги 1 600-32-304,8 14А Р54 Л7 V50 м/с 2кл, 1 600-32-304,8 14А Р80 Л7 V50 м/с 2кл, ГОСТ Р52781-07.														
T52	Микрометр ГОСТ 6507-90, штангенциркуль ШЦ-2-250 001 ГОСТ 166-89														
МК															

Рисунок А2 - Второй лист

Операционные карты

[illegible]

Рисунок Б1 – Операционная карта на фрезерную операцию 025

