

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления шпинделя

Обучающийся

Е.В. Фильчагин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

В работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления шпинделя инструментальной головки для объема выпуска 1000 штук в год. Для разработанного чертежа детали выполнен анализ технологичности, который позволил выявить трудности при выполнении обработки шпинделя, связанные с необходимостью зубообработки и обработки центрального отверстия и прямоугольного паза. Определен тип производства – среднесерийный с его характеристиками и для него спроектирована технология.

С учётом среднесерийного типа производства в ходе сравнительного анализа методов получения исходной заготовки из двух вариантов выбран метод штамповки. Данный метод обеспечивает необходимую точность и минимальные значения операционных припусков. Далее разработана маршрутная технология, которая состоит из обработки следующих типов поверхностей: крайних торцов, буртиков, сквозного ступенчатого отверстия и паза, цилиндрических шеек, резьбы и зубьев. С учётом типового технологического процесса изготовления шпинделя сформированы технологические операции. Так как одной из главных операций является обработка ступенчатых отверстий и отделочная обработка конуса, подробное проектирование представлено на эти операции – сверлильную с переходами по обработке отверстий и шлифовальную операции. Для шлифовальной операции спроектировано приспособление в виде переналаживаемого трех кулачкового мембранного патрона, а также на сверлильную спроектировано сверло. Спроектированное станочное приспособление наилучшим образом подходит для среднесерийного производства за счет возможности быстрой переналадки, а также использования механизированного привода зажима. Сборное сверло имеет высокую стойкость режущей пластины. Для технологии предусмотрены меры по защите охраны труда и экологичности, а изменения конструкции сверла обоснованы в ходе экономического расчёта.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Анализ состояния вопроса | 6 |
| 1.1 Служебное назначение вала..... | 6 |
| 1.2 Классификация поверхностей по служебному назначению..... | 6 |
| 1.3 Анализ технологичности детали | 7 |
| 1.4 Задачи работы..... | 9 |
| 2 Технологическая часть работы | 11 |
| 2.1 Определение типа производства | 11 |
| 2.2 Выбор метода получения и проектирование заготовки..... | 11 |
| 2.3 Разработка технологических переходов..... | 15 |
| 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки..... | 16 |
| 2.5 Разработка технологического маршрута | 20 |
| 2.7 Разработка схем базирования | 21 |
| 2.6 Выбор средств технологического оснащения..... | 22 |
| 2.7 Расчет режимов резания | 24 |
| 2.8 Расчет норм времени | 29 |
| 3 Проектирование станочного приспособления и режущего инструмента. 33 | |
| 3.1 Проектирование патрона..... | 33 |
| 3.2 Проектирование инструмента..... | 42 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта..... | 44 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта | 44 |
| 4.2 Идентификация профессиональных рисков..... | 45 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения рисков..... | 46 |
| 4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта..... | 46 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта..... | 47 |
| Заключение | 54 |
| Список используемых источников..... | 55 |
| Приложение А Маршрутные карты | 59 |
| Приложение Б Спецификация на приспособление | 66 |
| Приложение В Спецификация на инструмент | 68 |

Введение

В основе изготовления конкурентоспособной продукции, имеющей высокие технологические, конструкторские и эксплуатационные характеристики, лежат уровень ее конструирования и проектирования, технологии изготовления. Кроме этого, рациональные технологии обеспечивают минимальную себестоимость. Соответственно по себестоимости формируется цена продукции, которая определяет спрос на нее и различные экономические показатели. Технологии, с одной стороны должны быть максимально упрощены, стандартизированы, выполняться на недорогом и доступном оборудовании. С другой стороны в основе производства качественной продукции лежат принципы максимальной автоматизации, использования прогрессивных методов обработки.

При разработке технологического процесса изготовления шпинделя, который является ответственной деталью в инструментальной головке, необходимо рациональное сочетание типовых технологий, стандартизированной оснастки и использования современных технологий, методов и материалов.

В основе эффективности технологических процессов лежит правильный выбор технологического оборудования и оснащения. Производительное современное оборудование обеспечивает высокую концентрацию технологических переходов, что избавляет современное производство от необходимости больших производственных помещений, значительного количества работников. При этом на выходе получается продукция полностью соответствующая техническим требованиям чертежа.

Одной из основных, высоко сложных деталей различных преобразующих механизмов является шпиндель, предназначенный для передачи крутящего момента и частоты вращения с привода на инструмент.

Это деталь, устанавливаемая по подшипникам, передает крутящий момент при помощи зубчатой поверхности и дополнительных

конструктивных элементов, в качестве которых используется сквозной паз. Обработка таких поверхностей отличается своими особенностями, включая использование специализированного оборудования, зуборезного и долбежного инструмента.

Возможности универсального автоматизированного оборудования современного типа обеспечивает обработку различных поверхностей на универсальных станках типа токарно-фрезерных центров. Это даёт возможность получения различных поверхностей, в том числе зубчатых, высокой точности с высокой производительностью.

Из-за уменьшения количества используемого инструмента снижается количество переустановок заготовок, что повышает точность относительного положения обрабатываемых с одного установа основных конструкторских баз - шеек под подшипник.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение вала

Шпиндель предназначен для передачи крутящего момента. Является элементом выходной ступени инструментально головки [2].

Работает в условиях действия значительных нагрузок. Деталь работает в динамическом режиме со значительными циклическими нагрузками на зубьях.

В качестве материала детали выбрана сталь 35ХМ ГОСТ 4543-71 [7].

1.2 Классификация поверхностей по служебному назначению

Инструментальный шпиндель передаёт крутящий момент при помощи исполнительных поверхностей 8 и 9 и базового конуса под установку инструмента 10. Основными конструкторским базами являются посадочные поверхности под подшипник К ним относятся цилиндрические шейки 2, 4, а также опорные торты прилегающие к этим шейкам в 13 и 16. Для закрепления и раскрепления инструмента применяется отверстие М10 номер 11. К вспомогательным конструкторским базам относятся поверхности 11, 1, 12, 9, 10. Сведения систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация поверхностей по служебному назначению

| Вид | № поверхности |
|--------------------------------------|----------------|
| Исполнительные | 8,9,10 |
| Основные конструкторские базы | 2,4,13,16 |
| Вспомогательные конструкторские базы | 1,5,9,10,11,12 |
| Свободные | Остальные |

На рисунке 1 показаны номера поверхности, которые используются для систематизации их служебного назначения.

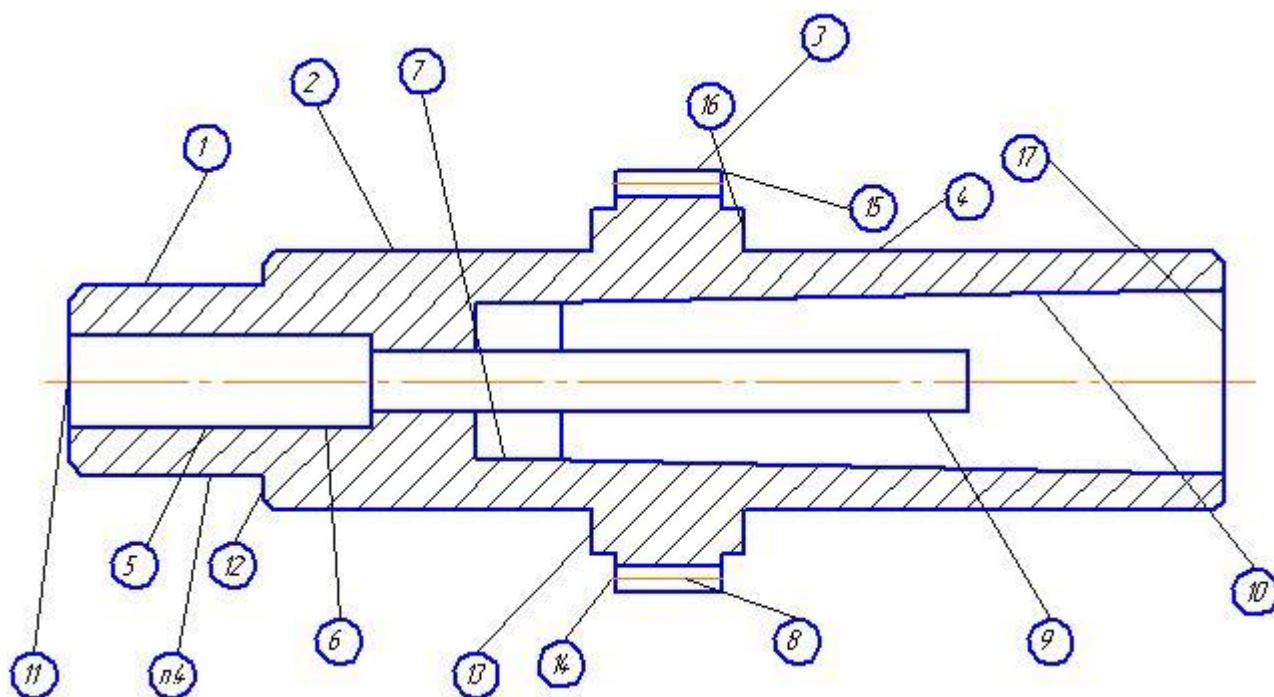


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

1.3 Анализ технологичности детали

Анализ химического состава материала детали приведен в таблице 2, физико-механических свойств в таблице 3.

Сведения по химическому составу представлены для обозначенных химических составляющих элементов процентного содержания в материале.

Таблица 2 - Химический состав стали 35 ХМ (ГОСТ 4543-71) в процентах

| C | Si | Mn | S | P | Ni | Cr |
|------|------|-----------|-------|---|------|---------|
| 0,35 | 0,03 | 0.50-0.80 | 0,035 | | 0.30 | 0,9-1,1 |

Механические свойства представлены в порядке следования: σ_T - предел текучести, $\sigma_{вр}$ - предел прочности; δ_5 - относительное удлинение; Ψ - относительное сужение, НВ - твёрдость по шкале Бринелля [7].

Таблица 3 - Механические свойства стали 35ХМ

| σ_T , МПа | $\sigma_{вр}$, МПа | δ_5 , % | Ψ , % | НВ (не более) |
|------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|
| 750 | 950 | 11 | 45 | 230 |

По технологичности материал относится к группе неудовлетворительно обрабатываемых сплавов, так как коэффициент обрабатываемости 0,8-0,9. Материал не дефицитный, среднелегированный и может обрабатываться различными методами [22].

Для получения заготовки можно использовать как прокат, так и штамповку. Конфигурация ступенчатого вала с центральной шейкой делает наиболее подходящим метод штамповки, так как для проката процент использования материала будет очень маленьким.

Кроме этого протяжённость поверхности относительно невелика, так как габариты детали небольшие. Длина максимальная составляет 108 мм, но при этом инструментальная доступности ограничена. Это касается обработки высокоточного базового конического отверстия конуса Морзе, а также сквозного отверстия прямоугольной формы с минимальной шириной 6,5 мм. Это делает возможным обработку такого паза только методом строгания или долбления специальным инструментом - резцом.

Вся наружная поверхность выполняются с высокой точностью по шестому качеству. При этом разделяющих канавок по конструкции детали не предусматривается. Зубчатый венец имеет нормальный вход и выход режущего инструмента.

Точность изготовления зубчатого венца высокая и составляет 6 степень точности по ГОСТ 1643-81. Очень маленькая по параметру шероховатость Ra

0,4 мкм. Аналогичные требования к шероховатости на базовые шейки, а также на зубчатый венец.

В результате технологический процесс изготовления будет состоять на финишной стадии из кругло-шлифовальных операций по доводке до необходимого класса точности и чистоты поверхности наружных цилиндрических поверхностей, а также на операции по зубчатому шлифованию центрального зубчатого венца.

Доступность контроля, также как инструментальная доступность, ограничена. Получить точность на заготовительной операции невозможно, поэтому все поверхности будут подвергаться обработке.

Элементы шпинделя стандартизированы и унифицированы, требования технические соответствуют ГОСТам.

Установка возможна как при базировании по наружной поверхности, так и по отверстию. Для наружной поверхности можно применять весь спектр установочных зажимных приспособлений, таких как трёх кулачковый патрон, цанговый патрон и гидро пластмассовые патроны. Для установки шпинделя по отверстию необходимо учитывать его конусность, поэтому здесь необходимо использовать оправки с соответствующими базовыми поверхностями, расположенными под углом.

В целом деталь имеет среднюю технологичность.

1.4 Задачи работы

Задачей работы является на основе анализа технических требований рабочего чертежа шпинделя, анализа общей технологичности детали с выявленными недостатками и предложенными изменениями, выбрать тип производства [12].

С учётом типа производства определить способ получения исходной заготовки, назначить технологические переходы. С учётом типового технологического процесса сгруппировать их в соответствующие

технологические операции, подобрать подходящие технологическое оборудование и соответствующее оснащение.

Для определённой лимитирующей или ответственной операции выполнить проектирование зажимного приспособления и обрабатываемого инструмента.

Предусмотреть меры по обеспечению охраны труда и выполнить экономическое обоснование предложенных изменений.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование рабочего чертежа детали с изменениями конструкции, которые основаны на анализе технологичности конструкции шпинделя. Анализ технологичности показал определенные трудности, которые будут возникать в ходе изготовления данной детали.

Сформулированы задачи по выполнению данной работы.

2 Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

Первым этапом проектирования технологии является выбор типа производства. Он основан на анализе трудоёмкости, которая определяется косвенно по массе самой детали и заданному годовому выпуску. Для массы 0,334 кг и 1000 деталей в год тип производства – среднесерийный [22].

2.2 Выбор метода получения и проектирование заготовки

Если проектировать прокат, то выбираем только припуск на максимальный диаметр 40 мм и длину 108 мм (рисунок 2).

Для проката с учетом двух переходов для шейки (черновое и чистовое точение) припуск $Z_3=2$ мм на сторону [13]. Для торцов при фрезеровании принимаем $Z_1=Z_2=2,5$ мм.

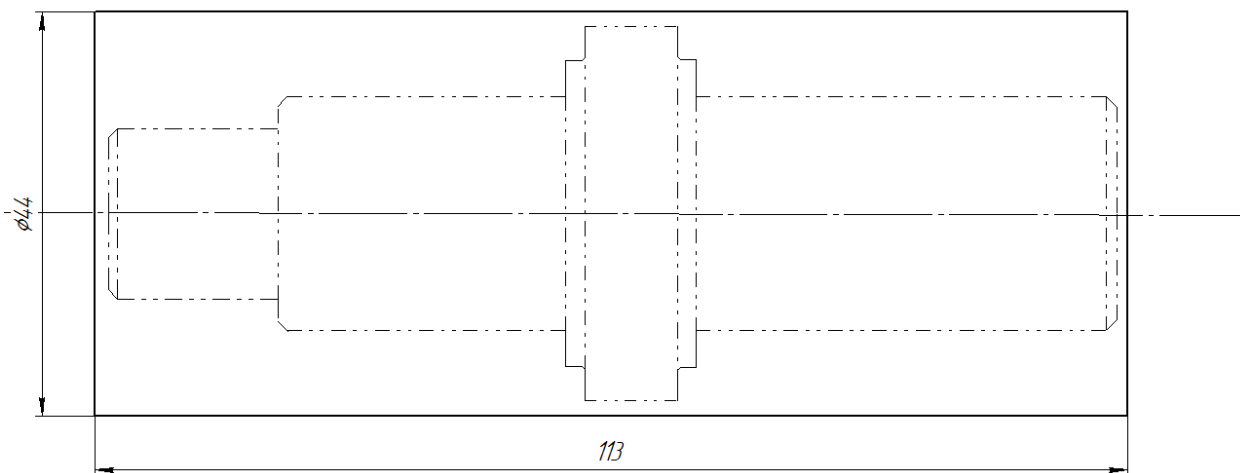


Рисунок 2- Эскиз заготовки шпинделя

Общие размеры у проката равны

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{дет}} + 2 \cdot Z_{1,2}, \quad (1)$$

где $L_{\text{пр}}$ – длина проката, мм;

$L_{\text{дет}}$ – длина детали, мм.

$$L_{\text{пр}} = 108 + 5 = 113 \text{ мм.}$$

А диаметр равен

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{дет}} + 2 \cdot Z_3, \quad (2)$$

где $d_{\text{пр}}$ – диаметр проката, мм;

$d_{\text{дет}}$ – диаметр детали, мм.

Тогда

$$d_{\text{пр}} = 40 + 4 = 44 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ 2590-88 размер $d_{\text{пр}}^{\text{стандартный}}$ равным 44 мм.

Масса детали: 0,334 кг. Масса заготовки из проката: 1,11 кг.

Коэффициент использования материала прокат по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q}, \quad (3)$$

где q – масса детали, кг;

Q – масса заготовки, кг.

$$K_{\text{им}} = \frac{0,334}{1,11} = 0,3.$$

Формула, для определения технологической себестоимости заготовки с учётом затрат на обработку [11]

$$C_m = \frac{q}{K_{\text{им}}} \cdot [C_{\text{заг}} + (C_{\text{мех}} - C_{\text{отх}}) \cdot (1 - K_{\text{им}})], \quad (4)$$

где q – масса детали, кг;

K_{M_i} – коэффициент использования материала для способа

получения исходной заготовки;

$C_{заг}$ – стоимость заготовки, руб/кг;

$C_{мех}$ – стоимость обработки, руб/кг;

$C_{отх}$ – стоимость отходов, руб/кг.

Для проката

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot h_{ф}, \quad (5)$$

где $C_{пр}$ – стоимость килограмма проката, руб;

$h_{ф}$ – коэффициент формы.

Килограмма проката

$$C_{заг} = 18,45 \cdot 1 = 18,45 \text{ руб./кг.};$$

Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_C + E_M \cdot C_K, \quad (6)$$

где C_C – текущая стоимость обработки, руб/кг;

C_K – капитальная стоимость обработки, руб/кг;

E_H – стандартный параметр отдачи капитальных вложений.

Примем для расчета: $C_C=4,95$ руб/кг, $C_K=10,85$ руб/кг, $E_H=0,15$. Для общего машиностроения.

$$C_{мех} = 4,95 + 10,85 \cdot 0,15 = 6,58 \text{ руб.}$$

Для отходов $C_{отх}$ принимаем цену 1,4 руб/кг.

$$C_m = 1,11 \cdot [18,45 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,3)] = 24,5 \text{ руб.}$$

Для штамповки из стали 35ХМ. Ориентировочная масса штамповки через поправочный коэффициент $K_p=1,3 \dots 1,6$. Откуда примем 1,6 и масса равна 0,53 кг.

Группа стали – М1. Размеры штамповки для диаметра равны

$$D=40 \cdot 1,05=42 \text{ мм.}$$

Для длины примем 111 мм. Тогда масса штамповки: 0,69 кг. Для коэффициента сложности ориентируемся на коэффициент использования проката 0,3, тогда – С2.

Плоскость разъема штампа простая, плоская [10]. Для определения исходного индекса

$$\text{ИН} = \text{N1} + (\text{MS} - 1) + (\text{ST} - 1) + 2(\text{КТ} - 1), \quad (7)$$

где N1 — номер интервала массы штамповки;

MS — группа стали;

ST — степень сложности поковки;

КТ — класс точности.

Тогда для N1 равного 1, MS равного 1, ST равного 2 и КТ равного 4

$$\text{ИН} = 1 + (1 - 1) + (2 - 1) + 2(4 - 1) = 7.$$

Для исходного индекса 7 припуски на размеры приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Припуски

| Наименование | Размер, мм | Шероховатость, мкм | Припуск, мм |
|--------------|------------|--------------------|-------------|
| Диаметр | 40 | 3,2 | 1,5 |
| Диаметр | 25 | 0,4 | 1,5 |
| Длина | 108 | 12,5 | 1,5 |
| Длина | 14 | 0,8 | 1,5 |

Остальные технические требования допустимое смещение штампа штамповочные уклоны, радиусы и дефектный слой показаны на листе. На рисунке 3 показана заготовка - штамповка.

Стоимость штамповки шпинделя равна

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (8)$$

где $C_{шт}$ – справочная стоимость базового способа штамповки, руб/кг;

h_T – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

h_C – коэффициент, учитывающий сложность заготовки;

h_B – коэффициент, учитывающий массу заготовки;

h_M – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

h_{II} – коэффициент, учитывающий группу серийности» [11].

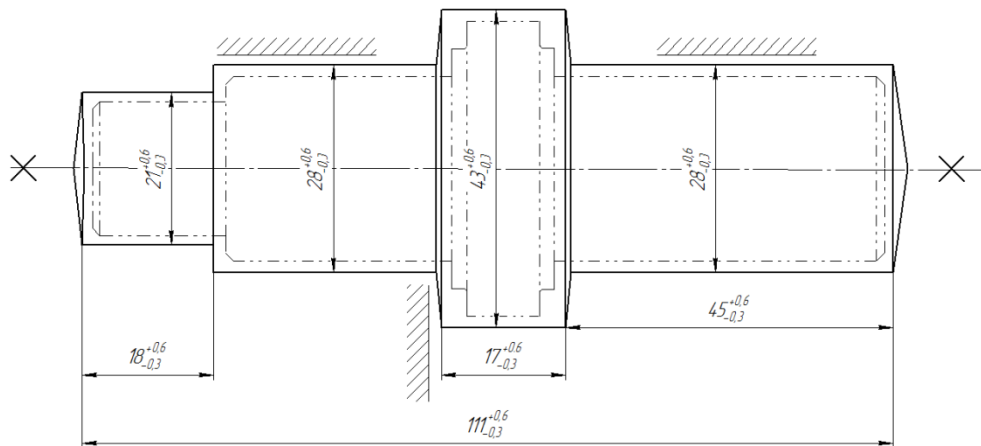


Рисунок 3 - Эскиз штамповки

Тогда штамповка

$$C_{заг} = 27,03 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 14,8 \text{ руб.}$$

Общая стоимость штамповки получается

$$C_m = 0,69 \cdot [14,8 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,48)] = 12,1 \text{ руб.}$$

В результате сравнительных расчетов получено, проката выше, поэтому применяем в способ получения заготовки штамповкой.

2.3 Разработка технологических переходов

С учётом выбранного способа получения исходной заготовки шпинделя штамповкой, на все поверхности детали со сформулированными

техническими требованиями по чертежу, выбираются переходы, которые показаны в таблице 5 по группам поверхностей [5].

Таблица 5 - Выбор технологических переходов

| Вид | Ra | Переходы (шероховатость, качество) |
|-------------------|------|--|
| Крайний торец | 12,5 | Фрезерование черновое (Ra 12,5; 11). |
| Буртик | 1,25 | Обтачивание торцов черновое (Ra 12,5; 13); обтачивание торцов чистовое (Ra 3,2; 10); Термообработка; шлифование чистовое (Ra 2,5;8.) |
| Шейка | 0,63 | Обтачивание черновое (Ra 12,5; 12 кв); обтачивание чистовое (Ra 2,5; 8 кв.); ТО; шлифование (Ra 0,63; 6) |
| Паз | 12,5 | Долбление (Rz 40, 13); Термообработка |
| Зубья | 1,25 | Зубофрезерование (Ra 3.2; 10); Зубошевингование (Ra 2.5; 7) Термообработка; Зубошлифование (Ra 1,25, 6) |
| Отверстие | 0,4 | Сверление (Ra 12,5; 12); Растачивание черновое (Ra 6,3 11); обтачивание чистовое (Ra 2,5; 9 кв.); Термообработка; Шлифование (Ra 0,63; 6) Полирование (Ra 0,4; 6) |
| Внутренняя резьба | 2,5 | Сверление (Ra 12,5; 11); цекование (Ra 3,2, 9); нарезание резьбы (Ra 2,5) |

Маршруты обработки поверхностей выбираем в зависимости от заданных качеств точности и шероховатости [6], а также от коэффициента удельных затрат.

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Необходимо расчетным способом определить значение минимальных припусков и размеры на переходы по обработке шеек диаметром $25_{-0.013}$ мм с шероховатостью Ra 0,63 мкм.

Для вычисления припуска необходимо определить его составляющие, куда входят глубина дефектного слоя и шероховатость от предыдущего перехода, возможное пространственное отклонение в виде различных смещений и короблений, опять же от предыдущего перехода, а также погрешность установки, возникающая при выполнении перехода на данной операции.

Дефектный слой и шероховатость [11]

$$a = Rz + h. \quad (9)$$

где Rz – шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм;

h - дефектный слой, мкм.

Все выбранные показатели сведены в таблицу 6. Для определения пространственного коробления шеек на заготовительной операции учитываем табличные значения удельного коробления и размеры самого шпинделя

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (10)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - величина коробления, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$ - погрешность зацентровки, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ - смещение поверхности, мкм.

Первое слагаемое в формуле (7)

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l, \quad (11)$$

где Δk – величина удельного коробления, мкм/мм;

l - длина нормируемой поверхности, мкм.

Для всей длины шпинделя

$$\rho_{\text{кор}} = 1,5 \cdot 108 = 162 \text{ мкм.}$$

Зацентровка

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot TD_3^2 + 1}, \quad (12)$$

где TD_3 – допуск шейки заготовки, мм.

Тогда

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot 0,9^2 + 1} = 1,1 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{0,16^2 + 1,1^2 + 0,6^2} = 1,26 \text{ мм.}$$

С учетом повышения точности

$$\rho_{\text{точ1}} = K_i \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (13)$$

где K_i – коэффициент уточнения.

Тогда для четырех переходов

$$\rho_{\text{точ1}} = K_1 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 1,26 = 0,08 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{точ2}} = K_2 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 1,26 = 0,06 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{шл2}} = K_3 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 1,26 = 0,05 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{шл2}} = K_4 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,03 \cdot 1,26 = 0,04 \text{ мм.}$$

Расчеты занесем в таблицу 6.

Таблица 6 - Расчет припуска

| Переход | Элемент припуска, мкм | | | | Td, мм | 2·Z, мм | | D, мм | |
|------------------|-----------------------|----------------|------|----------------|--------|---------|-------|--------|--------|
| | T | R _z | ρ | ε _ц | | min | max | min | max |
| Штамповка | 50 | 50 | 1260 | - | 0,1 | 7,45 | 7,5- | 14,9 | 15 |
| Точение черновое | 50 | 50 | 96 | 30 0 | 0,4 | 4 | 6,6 | 70,842 | 71,242 |
| Точение чистовое | 30 | 30 | 80 | 70 | 0,12 | 0,392 | 0,672 | 70,45 | 70,57 |
| Шлифование | 15 | 5 | 64 | 30 | 0,03 | 0,28 | 0,37 | 24,987 | 25,0 |

В таблице 3 приняты следующие обозначения: T- дефектный слой; Rz – шероховатость; ρ – пространственные отклонения; ϵ_z – погрешность установки; Td – допуск; Z – припуск на сторону; D – диаметр.

Определить припуск на обработку поверхности 10 диаметром 17,780h6 детали «Шпиндель». Метод получения заготовки - штамповка.

Определяем, что для получения 6 качества точности и шероховатости Ra 0,4 требуется 5 переходов. Заносим переходы, начиная с заготовительного, в таблицу 7.

Таблица 7 –Припуски на отверстие

| Переход | IT | Допуск Td, мм | Допуск ρ , мм | Дефекты, слой h, мм | Погрешность установки ϵ_y , мм | Припуск Z, мм | Размер d, мм |
|-----------------------|----|---------------|--------------------|---------------------|---|---------------|--------------|
| Сверление | 12 | 0,18 | 0,054 | 0,2 | 0,08 | - | 16,49 |
| Растачивание черновое | 10 | 0,07 | 0,021 | 0,05 | 0,08 | 0,39 | 17,27 |
| Растачивание чистовое | 8 | 0,027 | 0,0081 | 0,1 | 0,03 | 0,168 | 17,434 |
| Шлифование | 6 | 0,011 | 0,0033 | 0,02 | 0,03 | 0,146 | 17,726 |
| Полирование | 6 | 0,011 | 0,0033 | 0,02 | 0,03 | 0,027 | 17,780 |

По таблице 8 назначаем припуски на обработку на сторону и сводим их таблицу.

Таблица 8 - Припуски и допуски

| Размеры (мм) | Припуск (мм) | Допуск (мм) | Окончательный размер(мм) |
|--------------|--------------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Диаметр 18 | 1,5 | 0,9 | Диаметр 21 |
| Диаметр 25 | 1,5 | 0,9 | Диаметр 28 |
| Диаметр 40 | 1,5 | 0,9 | Диаметр 43 |
| Диаметр 25 | 1,5 | 0,9 | Диаметр 28 |
| Длина 18 | 1,5 | 0,9 | Длина 18 |

Продолжение таблицы 8

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-----|-----|-----------|
| Длина 108 | 1,5 | 0,9 | Длина 111 |
| Длина 14 | 1,5 | 0,9 | Длина 17 |
| Длина 45 | 1,5 | 0,9 | Длина 45 |

Штамповка имеет по ГОСТу 7505-89 следующие параметры. Для материала 35ХМ группа материала М2. Для соотношения объемов деталей и описанного цилиндра группа сложности С1. Для штамповки на ГКШП - класс точности Т4. С учётом массы заготовки до 1 кг, исходной индекс равняется 10.

Дополнительные параметры по заготовке смешение штампов 0,8 мм штамповочные уклоны в диапазоне от 3 до 5 градусов.

Штамповочные радиусы не менее 2 мм.

Разработанный чертёж показан на листе.

2.5 Разработка технологического маршрута

В таблице 9 представлена маршрутная технология в виде перечня операций, куда входят выбранные и указанные в таблице 5 отдельные технологические переходы [9].

Структура технологического процесса является типовой для обработки детали такого типа. Два этапа технологии включают лезвийную обработку до закалки и абразивную после термообработки. Черновая обработка ведется для цилиндрических наружных поверхностей, обработка группы отверстий с последующим растачиванием на конус. Отдельно обработка зубчатой поверхности последующей ее отделкой. Для получения необходимой точности шлифовальные операции используем для шеек, отверстия и зубчатого венца.

Обработка различных конструктивных элементов производится на станках наиболее приспособленных для данных переходов [21].

Таблица 9 - Технологический маршрут обработки детали

| Операция | Наименование операции | Номер обработанной поверхности | IT | Ra |
|----------|---------------------------------|--------------------------------|----------|-------------|
| 000 | Заготовительная (штамповка) | Все | 15 | 20 |
| 010 | Фрезерно-центровальная | 11,17 | 12 10 | 12,5 2,5 |
| 020 | Токарная черновая | 3,4,15,16 | 12 | 12,5 |
| 030 | Токарная черновая | 1,2,12,13,14 | 12 | 12,5 |
| 040 | Токарная получистовая, чистовая | 1,2,12,13 | 10 8 | 3,2 1,6 |
| 050 | Токарная получистовая, чистовая | 3,4,16 | 10 8 | 3,2 1,6 |
| 060 | Сверлильная | 7,10 | 12 | 12,5 |
| 070 | Сверлильная | 5,6,9 | 12 | 12,5 |
| 080 | Долбежная | 9 | 10 | 3,2 |
| 090 | Расточная получистовая | 10 | 10 | 3,2 |
| 100 | Зубофрезерная | 8 | 10 | 6,3 |
| 110 | Зубошевинговальная | 8 | 10 | 1,6 |
| 120 | Контрольная (промежуточная) | - | - | - |
| 130 | Термообработка (закалка) | - | - | - |
| 140 | Торцекруглошлифовальная | 4,16 | 6,7 | 0,8 0,4 |
| 150 | Торцекруглошлифовальная | 1,2,12,13 | 6,7 | 0,8 0,4 |
| 160 | Внутришлифовальная | 10 | 6 | 0,8 |
| 170 | Зубошлифовальная | 8 | 10 | 0,8 |
| 180 | Притирочная | 10 | 6 | 0,4 |
| 190 | Моечная | - | - | - |
| 200 | Контрольная | - | - | - |

2.7 Разработка схем базирования

Для установки шпинделя применим типовую схему с центральными базирующими отверстиями. На первом этапе технологии, до обработки ступенчатого отверстия, базирование проводим по центровым фаскам, которые получаем на фрезерно-центровальной операции. Для этого на

первой фрезерно-центральной операции проводится обработка центровых отверстий с двух сторон. Схема базирования: двойная направляющая по шейкам под подшипники и упор в торец [18].

Установка на токарных операциях проводится при помощи трех кулачкового самоцентрирующего патрона и вращающегося центра.

После сверлильной операции, где применяется самоцентрирующие тиски, установка ведётся при помощи трех кулачкового патрона и люнета. Схема базирования получается: двойная направляющая и две опорные базы.

На операции по зубофрезерованию и зубошевингованию установка ведётся в цанговый патрон с поджимом задним центром.

После термообработки - закалки, идёт шлифовальные операции с установкой в поводковый патрон с поджимом грибовидным центром.

Для обработки отверстий на шлифовальной операции используется установка в мембранном патроне при помощи люнета.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

В таблице 10 для каждой операции, с учётом выбранного станка, предлагаются выбранные зажимное приспособление для установки заготовки [18], а также режущий инструмент для всех переходов [14], которые показаны в таблице 5, а также средства контроля для измерений [16].

Таблица 10 – Средства оснащения

| Операция | Название операции | Приспособление | Инструмент | Контрольный инструмент |
|----------|---|---|---|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 000 | Заготовительная (штамповка) | ГКШП | - | - |
| 010 | Фрезерно-центральный полуавтомат МР 179Ф4 | УНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом | Фреза торцовая насадная со вставными ножами 2214- | Штангенциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81 |

Продолжение таблицы 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|--|
| - | - | ГОСТ12195-66 | 0331 ГОСТ 1092-80. Пластина Т5К10. Сверло центровочное 04 тип А ГОСТ 14952- 75 Р6М5 | - |
| 020 030 | Токарный токарный станок с ЧПУ Accuway UT 300 | Патрон трех кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 24351-80; центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75 | Резец сборный проходной с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина Т5К10 | Штангенциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81. Штангенциркуль ШЦ-П-0,05 ГОСТ 166-81 |
| 040 050 | Токарный токарный станок с ЧПУ Accuway UT 300 | Патрон поводковый переналаживаемый П7107-4004. Центр вращающийся РКВ7032-4032 | Резец сборный проходной, пластина Т15К6 | Штангенциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81. Штангенциркуль ШЦ-П-0,05 ГОСТ 166-81 |
| 060 | Вертикально-сверлильный KSB 40 CNC | Тиски самоцентрирующие 7300-0241 ГОСТ 21167-75. Вертикальные призмы. | Сверло комбинированное Р6М5. Сверло 6 мм Р6М5. Сверло 9 мм Р6М5. Метчик машинный М10 Р6М5 (раздел 3) | Штангенциркуль ШЦ-Н-0,05 ГОСТ 166-81 |
| 080 | Долбежный 7А412 | УНП ГОСТ 12195-66 | Резец долбежный Р6М5 для отверстий | Штангенциркуль ШЦ-П-0,05 ГОСТ 166-81 |
| 090 | Токарный токарный станок с ЧПУ Accuway UT 300 | Патрон Трех кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 24351-80; центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75 | Резец расточный с креплением твердосплавных пластин. Пластина Т5К10 | Штангенциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81. Штангенциркуль ШЦ-П-0,05 ГОСТ 166-81 |
| 100 | Зубофрезерный станок 5М310 | Приспособление специальное с центром. Центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75 | Фреза червячная однозаходная Т6х112 А-П ГОСТ 9324-80 Е Р6М5 | Приспособление мерительное с индикатором кромочным ЗИМ-15 |
| 110 | Зубо-шевинговальный станок 5А702Г | Патрон поводковый с центром. Центр упорный ГОСТ 18259- 72. | Шевер дисковый класс А ГОСТ 8570-57 Р18 | Приспособление мерительное с индикатором кромочным ЗИМ-15 |

Продолжение таблицы 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---------------------------------------|
| 120 | - | Установка ТВЧ | - | Прибор для измерения твёрдости |
| 140 150 | Торце круглошлифовальный 3Т153 | Патрон поводковый с центром. Центр упорный ГОСТ 18259- 72 | Шлифовальный круг УП 24АF60L8V 350x45x127 | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78 |
| 160 | Внутри шлифовальный 3А225 | Патрон поводковый с центром. Центр упорный ГОСТ 18259- 72 | Шлифовальный круг УП Э40С1К | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78 |
| 170 | Зубо шлифовальный 3Т-40 | Патрон поводковый с центром. Центр упорный ГОСТ 18259- 72. | Шлифовальный круг ЗП 300x30x305 24АF80L8V | Прибор с индикатором кромочным ЗИМ-15 |
| 110 | Притирочный станок полуавтомат ЦПИТА-8170 | Патрон поводковый с центром. Центр упорный ГОСТ 18259- 72 | Чугунный конус СЧ 15 Алмазная паста по ГОСТ 25593-83 А, зернистость 60/40 | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78 |

Для установки шпинделя на операциях механической обработки применяются приспособления универсальные и специализированные наладочные [19]. Необходимо, чтобы данные приспособления имели возможность переналадки на обработку других деталей типа ступенчатый вал или втулка, включая вал-шестерни, так как производство относится к среднесерийному типу. Инструмент также выбираем из категории универсальных. Это даёт возможность обработки разных поверхностей у разных деталей. Выбор инструментального материала определяется материалом заготовки углеродистой легированной стали 35ХМ [9].

2.7 Расчет режимов резания

Для того, чтобы обработка конического отверстия шпинделя на шлифовальных операциях прошла успешно, необходимо обеспечить распределение припуска на данной поверхности максимально равномерно.

Выполняется несколько переходов, связанных со сверлением отверстия, черновым и чистовым растачиванием. Технологическая трудность заключается в том, что диаметр отверстия меньше 18 мм. Это накладывает ограничение на размер расточного инструмента по параметрам державки.

Распределение припуска при обработке отверстий приведено в разделе 2.3. Резание по переходам для сверления, растачивание черного, растачивание чистового с финишным шлифованием и полированием.

Обработка проводится при подаче, скоростях резания и оборотах заготовки (инструмент неподвижен, кроме сверления). Нормы времени на технологические операции по сверлению отверстий и по растачивания определяются основным временем на выполнение элементарного перехода, а также на обслуживание организационно-техническое, отдых и вспомогательное время.

Последние принимаются аналогичными параметрам шлифовальной операции, так как схема установки управление и операционный контроль примерно такой же.

Сверление 14,9 на глубину 65. CoroDrill 870 870-1400-14L20-5. Пластина. Цилиндрический хвостовик (ISO9766).

Скорость резания по расчету 110 м/мин. Подача 0,291мм/об. Частота вращения шпинделя 2370 об/мин. Минутная подача 687 мм\мин. Мощность резания 6,35 кВт. Крутящий момент 25,6 Нм. Усилие подачи 2730 Н.

Общее время обработки 0,1 мин.

Сверление 6 мм на длину 40 мм. Сверление сверлами CoroDrill 460 460.1-0600-045A1-ХМ GC34. Соединение цилиндрический хвостовик (DIN1835-A / DIN6535-НА).

Скорость резания по расчету 94.2 м/мин. Подача 0,153 мм/об. Частота вращения шпинделя 5000 об/мин. Минутная подача 765 мм\мин. Мощность резания 1,31 кВт. Крутящий момент 2,51 Нм. Усилие подачи 655 Н.

Общее время обработки 0,05 мин.

Для остальных переходов параметры аналогично приведены.

Сверление 9 мм на длину 28. CoroDrill 860 860.1-0900-045A1-PM P1BM. Соединение цилиндрический хвостовик (DIN1835-A / DIN6535-NA).

Скорость резания по расчету 141 м/мин. Подача 0,27 мм/об. Частота вращения шпинделя 5000 об/мин. Минутная подача 1350 мм\мин. Мощность резания 4,39 кВт. Крутящий момент 8,39 Нм. Усилие подачи 1490 Н.

Общее время обработки 0,02 мин.

Время на сверлильную операцию приведено в разделе 5 и в приложении В.

На токарной 080 растачивание 16 мм на 70. Резец расточной CoroTurn 107 F10M-SDUCR 07-ER. Пластина DCMT 07 02 08-UM 1125. Цилиндрический хвостовик. Скорость резания по расчету 194 м/мин. Подача 0,23мм/об. Глубина резания 0,5 мм. Частота вращения шпинделя 3860 об/мин. Минутная подача 888 мм\мин. Мощность резания 0,953 кВт. Крутящий момент 25,6 Нм. Усилие подачи 2730 Н. Общее время обработки 0,1 мин.

Расчет режимов резания на группу шлифовальных операций. Согласно технологическому маршруту будем использовать торце-круглошлифовальный станок 3В153Т. Данный станок позволяет обрабатывать наружные цилиндрические поверхности, торцы. На данном станке можно выполнять как черновые, так и чистовые шлифовальные переходы.

Исходные данные для расчета по переходам для чернового шлифования поверхностей – обработка по предварительно обработанной поверхности.

Обрабатываемый материал – сталь 35ХМ.

Используется мембранный патрон с механизированным приводом с поджимом задним центром. Для внутришлифовальной операции вместо центра используем самоцентрирующий люнет. Смена детали – ручная.

Используемый инструмент: шлифовальный круг для наружной обработки 3 350x45x127 24A F40N7V, для внутреннего шлифования - 1 10x8x7 24A F60L8V [14].

Операцию шлифовальную 140 и 150 выполняем так: шлифуем диаметры 25 мм на длину 31 мм совместно с торцом с одной стороны и 45 мм с другой.

Назначаем глубину резания t , мм. Для диаметра 25 t_1 равна 0,185 мм. Для торца t_2 равна 0,2 мм.

Данную операцию осуществляем в 2 прохода.

Выбираем подачу врезания $S_{вр}$ в мм/мин. Для чернового участка $S_{вр}$ примем 0,075 мм/об, для чистового $S_{2вр}$ равна 0,0025 мм/об [15].

Скорость круга v_k принимаем 35 м/с, а скорость заготовки v_3 равной 20 м/мин.

Рассчитываем частоту вращения заготовки [8]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (14)$$

где V – принятая скорость, м/мин;

D - диаметр шейки, мм.

Для диаметра 25,31

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 25,31} = 251,65 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшее значение частоты вращения n примем равным 250 об/мин.

Рассчитываем частоту вращения круга:

$$n_k = \frac{60 \cdot V_k \cdot 1000}{\pi \cdot D_k}, \quad (15)$$

где V – скорость круга, м/мин;

D_k - диаметр круга, мм.

$$n_k = \frac{60 \cdot 35 \cdot 1000}{\pi \cdot 350} = 1910 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка ближайшее значение частоты вращения n_k примем 1250 об/мин.

$$V_k = \frac{\pi \cdot 350 \cdot 1250}{60 \cdot 1000} = 23 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем мощность резания при шлифовании:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^z, \quad (16)$$

где b - ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка или ширине круга, 45 мм;

$C_N, r; x; y; z$ - коэффициенты и показатели.

Примем - $C_N=1,9; r=0,5, x=0,5, y=0,5; z=0$.

$$N = 1,9 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,185^{0,5} \cdot 0,075^{0,5} 45^0 = 1,44 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя главного движения станка 17 кВт.

Шлифовальная операция 150. Данную операцию выполняем: шлифуем диаметры 18 мм на длину 18 мм и диаметр 25 на длину 31 мм совместно с торцами.

Данную операцию осуществляем в 4 прохода.

Назначаем глубину резания t для диаметра 18 t_1 равной 0,185 мм, для диаметра 25 t_2 равной 0,185 мм. Для длины 25 t_3 равной 0,2 мм и для длины 45 t_4 равной 0,2 мм.

Выбираем подачу $S_{вр}$. Для черного участка $S_{вр}$ равно 0,075 мм/об., а для чистового $S_{2вр}$ равно 0,0025 мм/об.

Скорость круга 23 м/с, скорость заготовки 20 м/мин с оборотами 250 об/мин.

Для внутришлифовальной операция 160, на которую представлена наладка, расчет следующий. Данную операцию выполняем так - шлифуем

диаметр d 17,780 на длину 62 мм под конус.

Назначаем глубину резания t , мм. Для диаметра 17,780 t_1 равна 0,146 мм;

Выбираем поперечную подачу $S_{\text{овр}}$ равной 0,007 мм/ход. Выбираем продольную подачу $S_{\text{прод}}$ равной 3 мм/об.

Скорость круга v_k равна 30 м/с; скорость заготовки v_3 равна 20 м/мин.

Рассчитываем частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 17,434} = 365 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшее значение частоты вращения n равно 350 об/мин.

Рассчитываем частоту вращения круга

$$n_k = \frac{60 \cdot 30 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 57324 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка частота вращения n равно 22000 об/мин. Найдем фактическую скорость резания:

$$V_k = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 22000}{60 \cdot 1000} = 11,5 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем мощность резания при шлифовании:

$$N = 1,9 \cdot 12^{0,75} \cdot 0,145^{0,5} \cdot 0,007^{0,5} 10^0 = 2,83 \text{ кВт.}$$

Данные по технологии сведены в приложение А.

2.8 Расчет норм времени

Для нормирования технологической операции шлифования используем следующую формулу [11]

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (17)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время, мин;

T_{n-3} – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество деталей в партии запуска, шт.

«Штучное время [11]:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (18)$$

где T_o – основное время;

T_v – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности», [12].

Основное время:

$$T_o = \frac{(l_1 + l_p + l_2) \cdot i}{S_{мин}} K, \quad (19)$$

где l_1 - длина подвода инструмента к заготовке, мм;

l_p - длина резания, мм;

l_2 - длина перебега режущего инструмента, мм;

i - число проходов (в таблице 10);

$S_{мин}$ - минутная подача;

K – коэффициент выхаживания.

Примем коэффициент выхаживания K равным 1,2

Тогда для перехода с учетом недобега и врезания на чистовой участок рабочего хода придется

$$L_{р.х.} = 0,03 / \sin 26^\circ = 0,07 \text{ мм.}$$

Основное время черного хода

$$T_o = \frac{1,03}{0,075 \cdot 250} = 0,056 \text{ мин.}$$

Основное время чистового хода

$$T_o = \frac{0,07}{0,0025 \cdot 250} \cdot 1,2 = 0,13 \text{ мин.}$$

Для партии запуска n

$$n_3 = \frac{Na}{254}, \quad (20)$$

где N – годовой объем, шт;

a – периодичность 6 дней.

$$n_3 = \frac{Na}{254} = \frac{1000 \cdot 6}{254} = 24.$$

k примем 1,85 как коэффициент серийного производства.

Время отдыха $T_{оп} = 0,05$ мин. Время организационного обслуживания $T_{орг} = 0,039$ мин. Время технического обслуживания $T_{тех} = 0,193$ мин. Время измерения $T_{из} = 0,07$ мин. Управление $T_{уп} = 0,05$ мин. Установка $T_{у.с}$ и снятие $T_{з.о}$ шпинделя суммарно составят 0,085 мин.

Время на обслуживания:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (21)$$

где a – параметр загрузки станка в серийном производстве.

Время на отдых:

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (22)$$

где b – процент для вал-шестерни массой не более 10 кг.

Тогда итоговая норма времени на 150 операцию

$$T_{ш-к} = \frac{25}{24} + 0,19 + 0,38 + 0,193 + 0,039 + 0,05 = 1,9 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{25}{24} + 0,32 + 0,38 + 0,193 + 0,039 + 0,05 = 2,1 \text{ мин.}$$

Расчет норм времени на 160 внутришлифовальную операцию

$$T_{ш-к} = \frac{25}{24} + 2,1 + 0,38 + 0,193 + 0,039 + 0,05 = 3,8 \text{ мин.}$$

На сверлильную операцию основное время подсчитано в разделе 2.7. Конечные расчетные данные по оборудованию, оснащению, режимах резания и штучному времени приведены в приложении А в таблице А1.

Выводы по разделу

В разделе спроектирована технология для среднесерийного производства по изготовлению шпинделя. В качестве исходной заготовки принята штамповка.

С учетом исходной заготовки выбраны методы обработки. Использование современного оборудования и оснащения позволяет снизить количество перестановок заготовки, количество переходов и повысить точность обработки.

Спроектированы технологические операции по шлифованию, наружному и внутреннему, а также на сверлильную операцию.

3 Проектирование специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование патрона

Проектирование зажимного приспособления начинается со сбора исходных данных, к которым относятся параметры материала заготовки, вид обработки, особенности режущего инструмента, а также режимы обработки. Данные параметры были приняты или рассчитаны в разделе 2 Вид и материал заготовки – штамповка из 35ХМ.

Операция выполняется, включая технологические переходы – шлифование отверстия.

Технологический переход: шлифование. Материал заготовки – сталь 35ХМ, твердость 42...45 НRC. Вид поверхности – после растачивания чистового. Режущий инструмент – шлифовальный круг.

Станок внутришлифовальный 3А225.

Мембранный зажимной патрон относится к группе универсальных наладочных приспособлений [20].

Сила резания при шлифовании считается по упрощенной формуле в связи с отсутствием надежной методики расчета сил при обработке шлифовальным кругом.

Касательная составляющая силы резания

$$P_{z0} = N \frac{1020 \cdot 60}{v}, \quad (23)$$

где N – мощность шлифования.

$$P_{z0} = 2,83 \frac{1020 \cdot 60}{20} = 8568 \text{ Н.}$$

Для расчета усилия зажима примем силу резания с учетом затупления круга, что увеличит силу

$$P_z = k \cdot P_{z0}. \quad (24)$$

где k – коэффициент увеличения силы резания.

$$P_z = 1,2 \cdot 8568 = 10280 \text{ Н.}$$

Операционный эскиз показан на рисунке 4.

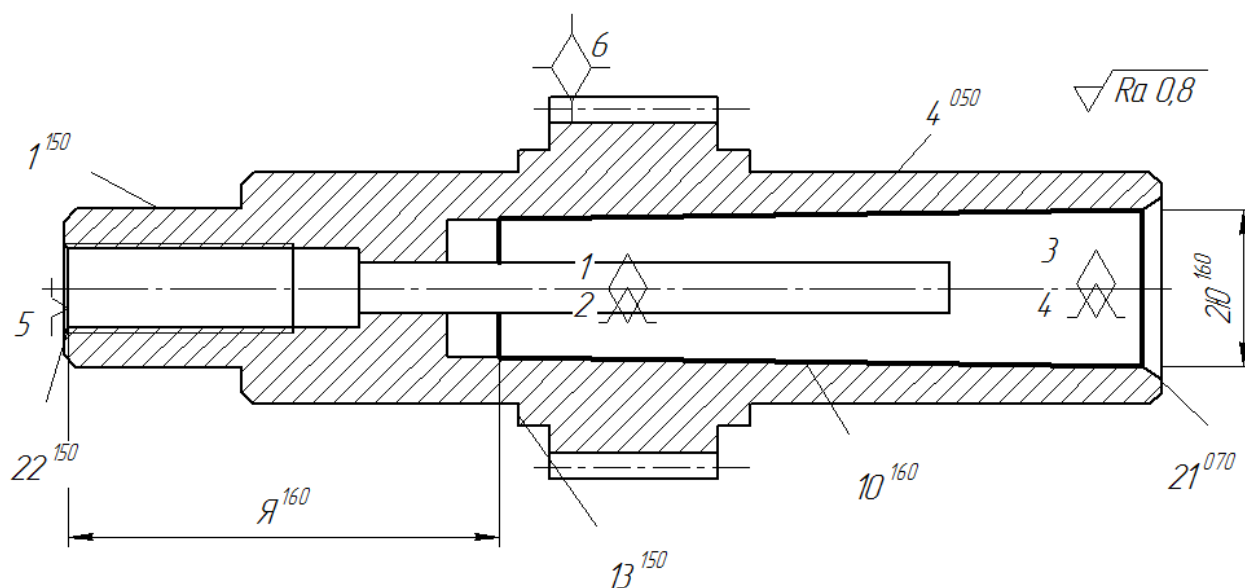


Рисунок 4 -Схема базирования

Для расчёта сил закрепления необходимо знать сдвигающие усилия, которые найдём из расчета составляющих сил резания: тангенциальной, осевой и радиальной [4].

Принимаем мембранный патрон с тремя кулачками с установочными элементами для зажима по цилиндрической гладкой поверхности [1].

Схема действия сил резания и закрепления приведена на рисунке 5. Три составляющих силы вырывают заготовку шпинделя из кулачков. Но люнет препятствует силе радиальной. Осевая сила прижимает заготовку. Учтем только тангенциальную силу, которая проворачивает заготовку.

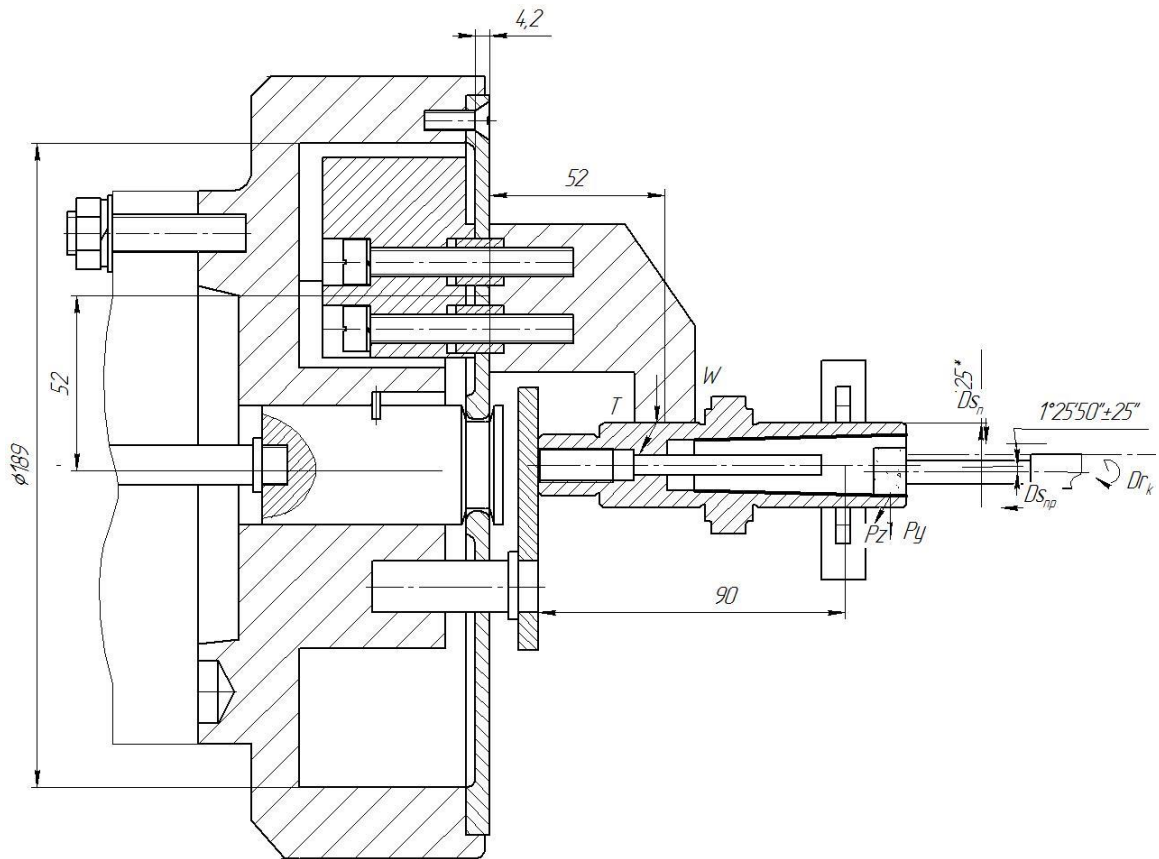


Рисунок 5 -Схема сил резания и зажима

Опрокидыванию заготовки будет препятствовать сила закрепления. Соответственно, для нахождения зажимной силы необходимо составить уравнения статического равновесия [17].

Из данного уравнения выведем силу зажима, необходимую для предотвращения поворота заготовки с учётом коэффициента безопасности

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot \left(P_z \cdot \frac{d_1}{2} \right)}{f \cdot \frac{d_3}{2}}, \quad (25)$$

- где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;
 d_1 – плечо действия сил тангенциальной, м;
 f – коэффициент трения на рабочей поверхности прихвата;
 k – коэффициент запаса;

d_3 – плечо действия сил зажима, м.

Коэффициент запаса k :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (26)$$

где k_0 – минимальный коэффициент безопасности, $k_0 = 1,5$;

k_1 – параметр, учитывающий случайности сил резания для черновой обработки. Он возникает из-за неровностей обрабатываемой поверхности, k_1 примем 1,0;

k_2 – параметр учитывает износ инструмента, k_2 примем 1,1;

k_3 – параметр, учитывающий прерывистое резание. В данном случае у нас непрерывное резание и k_3 примем 1;

k_4 – параметр учитывающий механизацию зажима и в данном случае k_4 примем 1;

k_5 – параметр, учитывающий эргономику ручного привода зажима. В данном случае он отсутствует k_5 примем 1;

k_6 – коэффициент, который не учитываем, так как заготовка не опирается на плоские штыри [19].

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 1,65.$$

Округляем до минимально стандартного – 2,5.

Принимая с учетом того, что установочная поверхность механически обработана и имеет чистую структуру, коэффициент трения f примем равным 0,15.

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot 10280 \cdot 8}{3 \cdot 0,2 \cdot 25} = 13707 \text{ Н}.$$

Для дальнейших расчетов принимаем W 13707 Н.

Для расчёта усилия зажима необходимо учесть параметры зажимной мембраны, которые представлены на расчётной схеме (рисунок б). На первой расчётной схеме (рисунок б, а) показано условное обозначение пластины

мембраны с жесткой заделкой по периметру. Два стержня с размером d зажимаемой заготовки представляют собой зажимные кулачки, зафиксированные на мембране. На второй схеме (рисунок 6, б) показано положение мембраны с кулачками в отведенном положении, где в виде звена Δ показан необходимый зазор для беспрепятственной установки заготовки в данные кулачки.

На последней схеме (рисунок 6, в) представлено положение заготовки в кулачках. При этом зажим происходит за счёт сил упругости самой мембраны. Поэтому расчёт всего зажима сводится к тому, чтобы определить данные силы упругости с учётом конструктивных параметров рабочей мембраны.

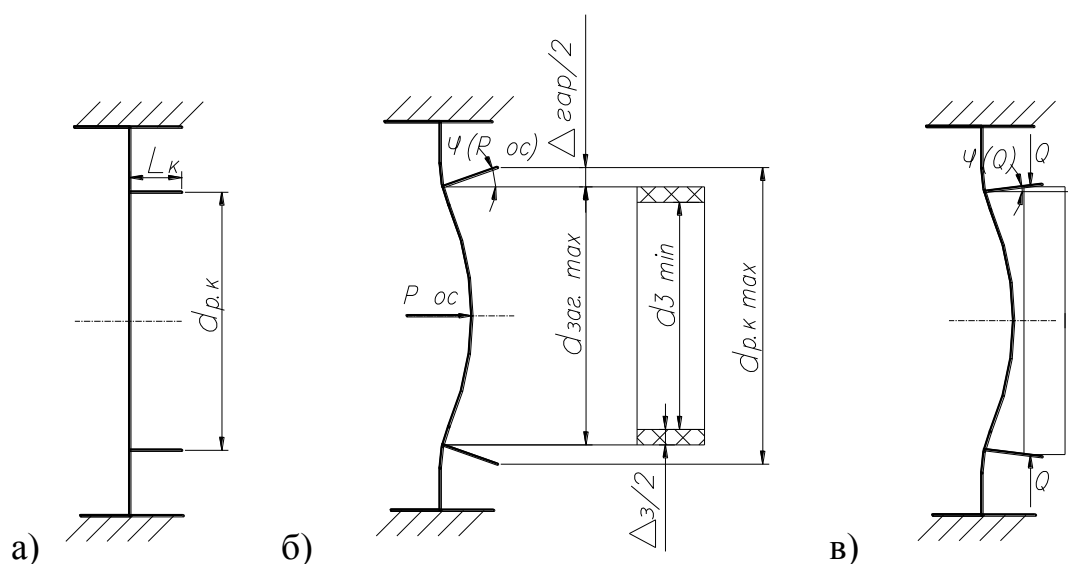


Рисунок 6 - Мембранный патрон: а – исходное положение; б – мембрана разжата перед зажимом заготовки; в – заготовка установлена - зажата

Для того чтобы произвести зажим заготовки необходимо приложить осевое усилие в центре мембраны, которое определяется по формуле с учётом размеров заготовки $d_{p.k.max}$:

$$P_{OC} = 12 \cdot 10^4 (d_{P.K.\max} - d_{P.K.}) b S^3 K(P) \times \quad (27)$$

$$\times \frac{(0,7a^2 + 1,3c^2)}{L_K \left[1,3a^2 \left(b^2 \ln \frac{a}{b} + c^2 \ln \frac{a}{c} \right) - c^2 \left(1,3b^2 \ln \frac{b}{c} - b^2 + a^2 \right) \right]}$$

где $K(P)$ - для расчёта необходимо знать коэффициент жёсткости рабочей мембраны с учётом конструктивного повышения жесткости за счет фиксации на ней рабочих кулачков, которые выполняют функцию рёбер жёсткости [19];

S, a, c, b - конструктивные параметры рабочей мембраны в виде её толщины, радиуса расположения кулачков, радиуса отверстия под захват и радиуса рабочей поверхности зажима;

L - вылет кулачка.

$$P_{OC} = 12 \cdot 10^4 (25,5 - 25) 12,5 \cdot 4,2^3 \cdot 1,1 \times$$

$$\times \frac{(0,7 \cdot 52^2 + 1,3 \cdot 14^2)}{70 \left[1,3 \cdot 52^2 \left(25^2 \ln \frac{52}{12,5} + 14^2 \ln \frac{52}{14} \right) - 14^2 \left(1,3 \cdot 12,5^2 \ln \frac{12,5}{14} - 12,5^2 + 52^2 \right) \right]} = 5628 \text{ Н}$$

Для того чтобы определить фактическое усиление необходимо учесть потери путём подстановки уравнения коэффициента полезного действия $\eta = 0,7 \dots 0,8$:

$$P_{ш} = \frac{P_{OC}}{\eta} \quad (28)$$

$$P_{ш} = \frac{5628}{0,75} = 7504.$$

Воздействие на мембрану в ней возникают напряжение, максимальное значение σ_{\max} которого определяется по формуле

$$\sigma_{\max} = 0,75 \frac{P_{oc}}{S^2} K(\sigma), \quad (29)$$

где $K(\sigma)$ - коэффициент [19];

S - толщина мембраны, $S=4,2$ мм.

$$\sigma_{\max} = 0,75 \frac{7504}{4,2^2} 1,1 = 351 \text{ Па.}$$

Это значительно меньше предела текучести материала 460 МПа.

Формула для определения усилия зажима для одного кулачка

$$Q = 32 \cdot 10^4 \frac{(d_3 - d_{p.k})S^3}{L_k^2 \left[H\left(\frac{x}{y}\right) + \Pi\left(\frac{x}{a}; \frac{y}{a}\right) + \Phi_n\left(\frac{b}{a}\right) \right]}, \quad (30)$$

где d_3 -диаметр закрепления, мм.

$$Q = 32 \cdot 10^4 \frac{(26 - 25)4,2^3}{70^2 [1,125 + (5,6) + 3]} = 856 \text{ Н}$$

Вспомогательная функция равна

$$\Pi\left(\frac{x}{a}; \frac{y}{a}\right) = -2 \ln \left(4 \frac{x^2 + y^2}{a^2} \right). \quad (31)$$

$$\Pi\left(\frac{x}{a}; \frac{y}{a}\right) = -2 \ln \left(4 \frac{x^2 + y^2}{a^2} \right) = 5,6.$$

Для расчёта силового привода необходимо найти диаметр поршня, который будет создавать усилие зажима. Этот диаметр зависит от давления рабочей среды, а также потерь в системе

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\eta P}}, \quad (32)$$

где P – избыточное давление рабочей среды.

Примем первоначально $P = 5$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5628}{5}} = 37,9 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 40$ мм.

Погрешность установки данного приспособления определяется суммой погрешностей размеров изготовления сменных кулачков 4. Это расстояние от базовой зажимной поверхности кулачка до шпоночного паза A_1 . Также это размер A_2 , определяющий положение проточки для отверстия под шпонку 5 относительно наружной центрирующей поверхности корпуса патрона. Также влияет A_3 - соосность центрирующей проточки под мембрану и конического отверстия под установку на шпиндель шлифовального станка. Размер положения отверстия под шпонку и наружной базовой поверхности мембраны A_4 .

Получается размерная цепь из четырех составляющих звеньев, три из которых являются размерами и одно звено является отклонением от соосности. Заданные погрешности будут складываться геометрически.

Погрешность установки детали в приспособлении равна:

$$\varepsilon_v = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2}, \quad (33)$$

где A_1 – расстояние от базовой зажимной поверхности кулачка до шпоночного паза, мм;

A_2 – положение проточки для отверстия под шпонку 5 относительно наружной центрирующей поверхности корпуса патрона, мм;

A_3 – соосность центрирующей проточки под мембрану и конического отверстия под установку на шпиндель шлифовального станка, мм.

A_4 - размер положения отверстия под шпонку и наружной базовой поверхности мембраны, мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{4(0,008)^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

Приспособление специализированное, наладочное предназначено для установки шпинделя на операциях механической обработки, в частности, на шлифовальной.

Мембранный патрон предназначен для базирования и закрепления заготовки шпинделя на шлифовальных операциях при обработке конического отверстия. Приспособление состоит из двух частей: собственно патрона и силового привода зажима [23].

Привод зажима состоит из корпуса 10, в отверстии которого вставляется крышка. В отверстие крышки вставляется стержень 14 с отверстиями для прохода рабочей среды. На стержень 14 надевается муфта 18, которая имеет возможность вращаться на нём. Слева отверстие муфты 18 заглушено крышкой 15. В два конических отверстия со стороны лыски в муфте 18 вкручены штуцера с обжимными гайками 27. В отверстие для подачи рабочей среды стержня 14 вкручена заглушка 28 для её герметизации. Для исключения утечек рабочей среды стержень 14 в крышке фиксируется при помощи гайки 20 и уплотнения 19. В корпусе 10 отверстия для подачи рабочей среды заглушены двумя винтами 29. Крышка корпуса 10 прикрепляется при помощи винтов 22. Внутри корпуса перемещается поршень 11 с уплотнениями в кольцевых проточках 23 и торцевым уплотнением 24. Поршень 11 крепится на штоке 9 при помощи гайки 12. Сам корпус 9 привода зажима находится внутри рабочего кожуха, который закрепляется на ней и предполагается неподвижным, так как он соединяется с неподвижной муфтой 18. Для исключения протечек из рабочей полости зажимного цилиндра, что проходит в отверстие корпуса 10 с уплотнениями 13, 25. Патрон мембранный крепится при помощи шпилек 26 с гайками 20 и пружинными шайбами 28 на шпинделе шлифовального станка. Внутри корпуса 1 по центральному отверстию перемещается захват 8, в который вкручена тяга 9 до упора в буртик фланца. В проточку захвата 8 вставлена мембрана 2, которая при помощи винтов 30 крепится по периметру к корпусу

1. На мембране под 120° закрепляются зажимные кулачки через проставку 3 и шпонки 5. Через отверстия в проставки 3 и шпонки 5 проходят зажимные винты, которыми происходит фиксация зажимных кулачков 4. Установочная пластина 6 крепится на пальцах 7, которые проходят через отверстия в мембране и запрессованы в корпус патрона 1.

Приспособление работает следующим образом. При перемещении поршня 11 вправо при подаче рабочей среды в левую полость гидроцилиндра, тяга 9 толкает захват 8. За счёт зажима в кольцевой проточке внутренней кромкой отверстия мембраны 2 происходит её выпучивание во внешнюю сторону. При этом кулачки 4 разводятся от центра патрона и происходит раскрепление заготовки. При подаче давления в правую полость поршень 11 с тягой 9 и захватом 8 перемещаются влево, приводя к деформации мембраны в обратную сторону. Возникает вогнутость и кулачки 4 производят центрирование и зажим заготовки [24].

Для исключения поворота захвата 8 используется направляющий штифт в виде цилиндрического стержня. Спецификация патрона в приложении Б в таблице Б.1.

3.2 Проектирование инструмента

Спроектируем сверло для сверления отверстия на операции 060.

Рабочая часть сверла обеспечивает максимальный вылет 156 мм. Возможен подвод СОЖ к инструменту через центральное отверстие корпуса. Материал корпуса сталь 40Х (рисунок 7).

Данный тип инструмента обеспечивает высокую стабильность процесса сверления из-за высокоточного подвода СОЖ в зону обработки. За счёт использования специальной формы стружечных канавок обеспечивается надежное транспортирование стружки [14].

Корпус имеет высокую жесткость на изгиб и обеспечивает минимальный увод и разбивку отверстия, а встроенная система гашения колебаний повышенную вибрационную устойчивость [25].

Режимы резания в разделе 2 по данному переходу пересмотрены.

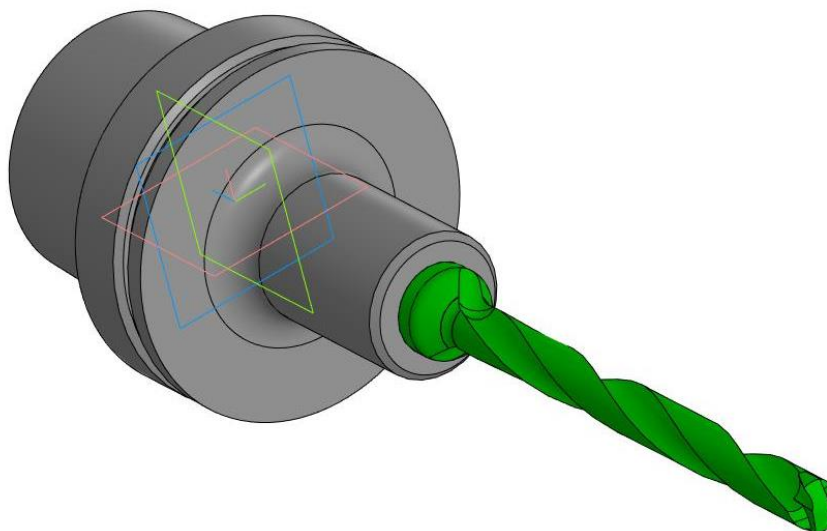


Рисунок 7 – Эскиз сверла в патроне

Использование данного сверла позволило увеличить стойкость инструмента до 80 мин, увеличить минутную подачу до 700 мм/мин, а основное время снизить до 0,1 мин. Спецификация сверла в приложении В в таблице В.1.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование мембранного патрона для проведения обработки на шлифовальной операции по обработке главного отверстия. Приспособление обеспечивает точную фиксацию заготовки на операции при установке в регулируемые сменные кулачки. Сборное сверло обеспечивает высокую точность, снижает расходы на инструмент.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача – разработка мер по безопасности труда для спроектированной технологии изготовления шпинделя [3].

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Разработанная технология изготовления шпинделя из стали 35ХМ состоит из следующих операций.

На фрезерно-центральной операции на фрезерно- центровальном станке МР 179Ф4 проводится обработка фрезами и центровочными сверлами.

На токарном станке с ЧПУ Assiway UT 300 установка при помощи трех кулачкового самоцентрирующего патрона и вращающегося центра, обработка с использованием токарных резцов.

После сверлильной операции на станке 2Н125, где применяется самоцентрирующие тиски, установка на токарных операциях ведётся при помощи трех кулачкового патрона и люнета.

На операции по зубофрезерованию и зубошевингованию на станках 5М310 и 5А702Г установка ведётся в цанговый патрон с поджимом задним центром.

Для обработки наружных цилиндрических шеек на шлифовальной операции на торцекруглошлифовальном станке 3В153Т используется установка в мембранном патроне при помощи грибкового центра.

Лимитирующими операциями являются токарная операция с черновой обработкой всего контура, а также сверлильная операция с обработкой ступенчатого сквозного отверстия.

Обработка ведется с использованием полусинтетической смазочно-охлаждающей жидкости на основе минерального масла TU20.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

К опасным и вредным производственным факторам в технологии изготовления шпинделя в зависимости от выполняемой операции относятся следующие производственные риски. На технологических операциях в механическом цехе это будут факторы, связанные с высоким уровнем температуры заготовки и инструмента. На заготовительном этапе (штамповке) и термообработке – нагревательные устройства и заготовка. На черновой обработке будет загрязнение воздушной среды в зоне дыхания вследствие запылённости из-за мелких частиц поверхностного слоя от заготовки, удаляемых при обработке, и мелкой стружки на чистовых шлифовальных переходах, а также связаны с испарением СОЖ.

Обработка проводится на разнообразном станочном оборудовании, а также технологических установках для его обслуживания (компрессоры, масляные станции). Поэтому будут факторы, связанные с воздействием электрического тока и электромагнитных полей.

Перемещение рабочих органов станка, зажимных элементов приспособлений может привести к травмам.

Процесс обработки происходит при высоких оборотах заготовки и инструмента, что будет вызывать повышенный шум и вибрации.

Режущий инструмент лезвийный и абразивный, стружка, а также острые кромки заготовки могут привести к травмированию станочников.

Операционный контроль связан с перенапряжением анализаторов.

Выполнение вспомогательных технологических переходов для повторяющихся заготовок сопровождается психофизиологическим воздействием.

Источниками данных факторов являются станки, процесс резания, режущий инструмент и установочно-зажимные приспособления, а также транспортное оборудование.

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Для снижения указанных рисков при работе на технологических станках применяются средства индивидуальной защиты в виде специальной защитной одежды, обуви, прорезиненных перчаток, а также защитных очков.

На самом оборудовании применяется защитная экранировка с местной системой вентиляции для удаления испаряемых газов и образующейся пыли и мелкой стружки. Подвижные механизмы также экранируют, а также ограничивают доступ в опасные зоны визуальными предупреждающими знаками, а также сеточным ограждением.

Для очистки воздуха в производственном цеху используется общая вентиляция вытяжного типа с системой фильтрации выходящего воздуха.

Исполнители станочники обязательно проходят инструктаж по охране труда.

Для защиты от поражения электрическим током используется заземление и изоляция токоведущих элементов оборудования, а также предохранители.

В целях снижения психофизиологического воздействия используются перерывы в работе, а также правильная организация рабочего места с достаточным уровнем освещения и вентиляции.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

Технология изготовления шпинделя осуществляется в различных производственных подразделениях.

Обработка по обеспечению снятия припуска и напуска проводится в механическом цехе, получение заготовки штамповки в прессовом цехе, термообработка осуществляется в термическом цеху.

Для данных подразделений класс пожарной опасности будет относиться к категориям В и Е, где опасными факторами при пожаре

являются пламя, искры, а также неисправности электропроводки. Это может привести при пожаре к разрушению оборудования с выносом высокого напряжения на металлические части. В случае тушения пожара может оказывать вредное воздействие огнетушащее средства.

Для тушения пожара рабочее подразделение оборудуется набором огнетушителей порошкового типа, пожарными гидрантами с напорными пожарными рукавами, средствами по пожарному оповещению с управление эвакуацией. Также используются автоматические извещатели, а для тушения пожара непосредственно исполнителями могут использоваться ручной инструмент – лопаты и топоры, ящики с песком.

Для защиты органов дыхания используют средства индивидуальной защиты в виде противогазов и респираторов.

Все исполнители обязательно проходят пожарный инструктаж на регулярной основе.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Разработанная технология с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы.

Воздействие на воздушную среду заключается в возможной запыленности и токсических испарениях при высокотемпературной обработке (штамповка, черновая обдирка по заготовительной корке, чистовая обработка, термообработка и шлифовальные переходы). С точки зрения вредного воздействия на сточные воды опасными факторами в данной технологии являются взвешенные вещества и нефтепродукты, а также используемые технологические среды, включая смазочно-охлаждающую полусинтетическую с добавлением минерального масла жидкость. С точки зрения загрязнения литосферы образуются отходы в виде стружки и ветоши.

Для снижения влияния вредных факторов при воздействии на воздушную среду можно использовать фильтрационные системы. Для

снижения воздействия на сточные воды - локальную многоступенчатую очистку сточных вод. Для снижения влияния вредных факторов на литосферу - утилизация полученных отходов на полигоне.

Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления шпинделя, включающей в себя штамповку, токарные и шлифовальные операции, а также зубообработку, были получены следующие результаты.

Для предложенного технологического процесса проанализированы основные операции и оборудование, а также материалы и оснащение. С учётом проведённого конструкторско-технологического описания выявлены опасные и вредные производственные факторы, характерные для соответствующих этапов технологии изготовления шпинделя, к которым отнесены высокотемпературные воздействия, возможные повреждения острыми кромками, поражение электрическим током, загрязнение воздушной среды, шум, вибрации и психофизиологические воздействия. Разработаны мероприятия по защите работников в виде средств индивидуальной защиты, а также защитных мер по организации работы в виде системы вентиляции и освещения, организации режима работы, а также различных инструктажей.

Проанализирована пожарная безопасность цехов, участвующих в технологии изготовления корпуса и предложены меры по ее обеспечению.

Разработанные организационно-технические меры по обеспечению пожарной безопасности включают в себя подбор соответствующего инструмента, мероприятий по организации работы, а также меры, необходимые в случае возникновения пожара. Проанализированы вредные экологические факторы. Предложены меры по снижению данных вредных воздействий путём организации общей вентиляции, системы очистки сточных вод, а также утилизации отходов.

5 Экономическая эффективность работы

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

Данный раздел, являются итоговым в написании бакалаврской работы, в ходе которой предлагается внести изменения в технологический процесс изготовления шпинделя, а именно заменить инструмент на сверлильной операции.

Подробное описание предложенных совершенствований описано в предыдущих разделах бакалаврской работы, а краткое их описание представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления шпинделя

| Элементы технологического процесса | Базовый вариант | Проектный вариант |
|------------------------------------|--|---|
| Оборудование | Сверлильный станок, модель 2Н125 | Сверлильный станок, модель 2Н125 |
| Оснастка | Тиски самоцентрирующие | Тиски самоцентрирующие |
| Инструмент | Сверло спиральное Р6М5, Ø15 мм | Сверло сборное Т15К6, Ø15 мм |
| Трудоемкость | $T_0 = 0,42$ мин $T_{шт-к} = 2,8$ мин | $T_0 = 0,1$ мин $T_{шт-к} = 2,4$ мин |

Для экономического обоснования предложенных совершенствований необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений. Данный алгоритм состоит из 5 этапов, которые включают обязательное выполнение соответствующих расчетов. Этапы выполнения алгоритма и сопровождающие их экономические расчеты представлены в таблице 12.

Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных. Данный этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

Таблица 12 – Этапы алгоритма определения экономической эффективности технологических решений

| Номер и название этапа | Параметры, которые, собираются или определяются входе этапа | Формула расчета параметра |
|--|--|--|
| Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных | - «трудоемкость выполнения операций; - оборудование, оснастка и инструмент, применяемые в ТП; - технические характеристики оборудования (габариты и мощность); - количество необходимого оборудования ($N_{ОБ}$); - коэффициент загрузки оборудования (K_3)» [7] | |
| Этап 2. Определение технологической себестоимости | - «основной материал (M); - основная заработная плата рабочих ($Z_{ПЛ.ОСН}$); - социальные отчисления ($НЗП$); - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{Э.ОБ}$); - технологическая себестоимость ($C_{ТЕХ}$)» [7] | $M = M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ} - M_0 \cdot Ц_0$ $Z_{ПЛ.ОСН} = Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.Н}$ $НЗП = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_C$ $P_{Э.ОБ} = P_{ОБ} + P_{ПР} + \dots + P_i$ $C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ.ОСН} + НЗП + P_{Э.ОБ}$ |
| Этап 3. Определение полной себестоимости | - «цеховая себестоимость ($C_{ЦЕХ}$); - производственная (заводская) себестоимость ($C_{ЗАВ}$); - полная себестоимость ($C_{ПОЛН}$)» [7] | $C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ $C_{ПОЛН} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$ |
| Этап 4. Определение инвестиций | - «капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$); - сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$); - общий объем инвестиций ($K_{ИНВ}$)» [7] | $K_{ОБ} = \sum N_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{СОП} = Z_{ПР} + K_{ПР} + \dots + K_i$ $K_{ИНВ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$ |
| Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса | - «чистая прибыль ($П_{ЧИСТ}$); - срок окупаемости (T); - чистый дисконтированный доход ($ЧДД$); - индекс доходности ($ИД$); - доход на капитал ($Д_{КАП}$)» [7] | $П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{П}$ $T = \frac{K_{ИНВ}}{П_{ЧИСТ}}$ $ИД = \frac{Д_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ИНВ}}$ |

Этап 2. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Этап 3. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Этап 4. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых мероприятий по совершенствованию технологического процесса.

Применение данного алгоритма, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов по этапам 2-5. Так как этап 1 является предварительным, т.е. служит только для получения исходных данных, поэтому выводы по нему писать нет необходимости. Результаты выполнения этапа 2 представлены на рисунке 8.

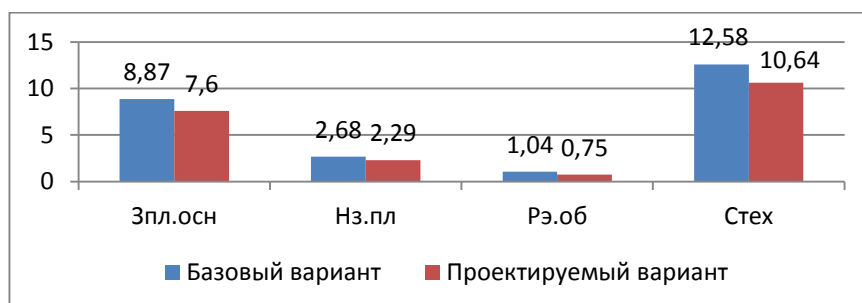


Рисунок 8 – Определение технологической себестоимости детали «Шпиндель», сверлильной операции по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 8 можно сделать вывод о том, что расходы по представленным параметрам снижаются, и позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 15,4%.

Результаты выполнения этапа 3 представлены на рисунке 9. Так как основой для определения полной себестоимости является технологическая себестоимость, то целесообразно данную величину включить в это графическое изображение.

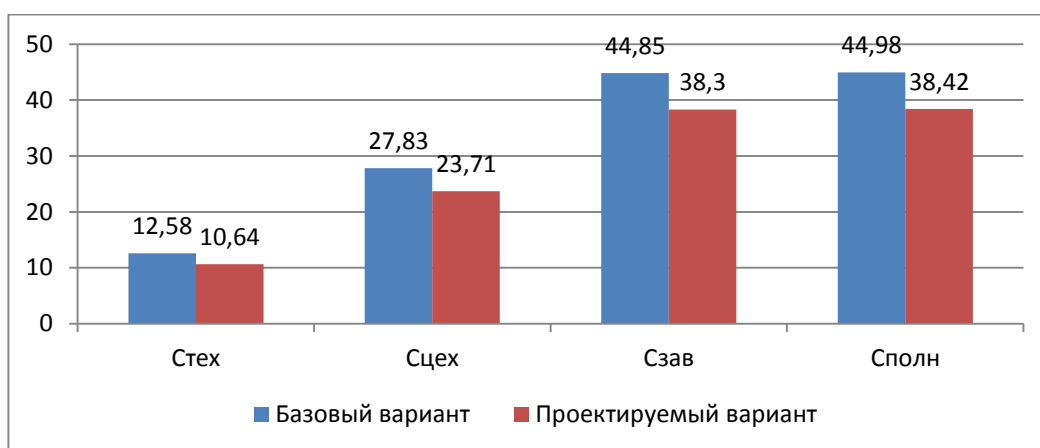


Рисунок 9 – Определение полной себестоимости, детали «Шпиндель», сверильной операции по вариантам, руб.

Значения, представленные на рисунке 9, также имеют тенденцию к снижению в проектируемом варианте. Разница величины полной себестоимости между вариантами составляет уже 14,6%, т.е. в проектируемом варианте полная себестоимость меньше на 6,56 рублей.

Результаты выполнения этапа 4 представлены на рисунке 10.

Как видно из рисунка 10, инвестиций потребуют: затраты на проектирование ($Z_{пр}$) и затраты на инструмент ($K_{ин}$). Учитывая полученную величину перечисленных параметров, общий объем инвестиций ($K_{инв}$) составит 16991,75 руб.

Результаты выполнения этапа 5 представлены в таблице 13.

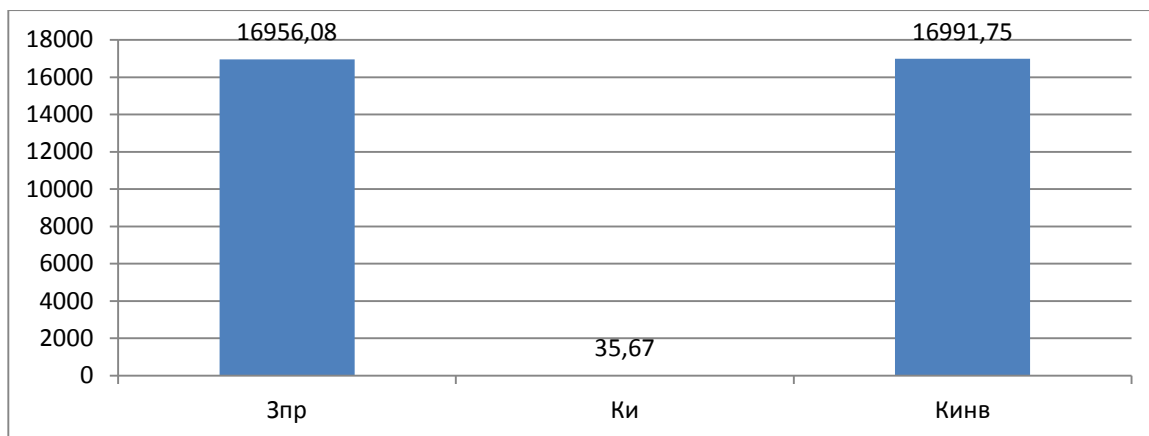


Рисунок 10 – Определение инвестиций на выполнение измененной сверлильной операции детали «Шпиндель», руб.

Таблица 13 – Экономическое обоснование изменений технологического процесса

| Экономический показатель, единица измерения | Условное обозначение | Значение |
|---|-------------------------|----------|
| Общий объем инвестиций, руб. | <i>К_{инв}</i> | 16991,75 |
| Чистая прибыль, руб. | <i>П_{чист}</i> | 5248 |
| Срок окупаемости, год | <i>T</i> | 4 |
| Чистый дисконтированный доход (интегральный экономический эффект), руб. | <i>ЧДД</i> | 2902,3 |
| Индекс доходности, руб. / руб. | <i>ИД</i> | 1,17 |

Наиболее значимой величиной, из всех представленных в таблице 13, является числовое значение чистого дисконтируемого дохода, а именно то, что оно положительное. Это значит, что инвестиции вкладывать в предлагаемые изменения технологического процесса экономически целесообразно.

Выводы по разделу

Данные действия позволят получить дополнительную прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,17 рублей, что подтверждает значение индекса доходности.

Заключение

В работе выполнено проектирование технологии изготовления шпинделя для условий серийного производства. Данная деталь входит в конструкцию редуктора и выполняется из материала стали 35ХМ, которая имеет среднюю обрабатываемость. С учетом среднесерийного типа производства в работе выбран метод получения заготовки из штамповки на ГКШП.

Спроектирована технология для среднесерийного производства по изготовлению шпинделя. С учетом исходной заготовки выбраны методы обработки, которые сконцентрированы на семнадцати технологических операциях. Это позволяет снизить количество перестановок заготовки, количество переходов на операциях, упростить их структуру и повысить точность обработки. Технические требования на шпиндель очень высокие, особенно по шероховатости. Для первоначального формирования конфигурации детали используется последовательная обработка на токарном станке. Поэтому цикл обработки в себя включает как черновую, получистовую лезвийную обработку, так и отделочное шлифование.

Выполнено проектирование технологического оснащения для проведения обработки на шлифовальной операции по обработке шпинделя методами внутреннего шлифования. Применяемый режущий инструмент обеспечивает высокую точность, снижает расходы на инструмент. Приспособление – мембранный патрон для обработки обеспечивает фиксацию заготовки на операции при установке в регулируемые сменные кулачки.

На основе анализа операций, оборудования, инструмента и методов обработки для изготовления шпинделя для всех операций определяются вредные и опасные факторы. С учетом этого предусмотрены меры снижения или устранения их влияния. Экономический раздел подтверждает принятые изменения базовой технологии.

Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Бабичев А. П., Попов М. Е., Эль Дакдуки А., Пастухов Ф. А. Поиск новых технологических методов упрочняющей обработки коленчатых валов двигателей // Вестник Донского государственного технического университета 2015, №1(80), 68-78
3. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
4. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
5. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

8. 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.

9. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

10. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

11. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

12. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

13. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.:

с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

16. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

17. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

18. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

19. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.

20. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

21. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.

22. Cha K. C., Wang N., Liao J. Y. Stability analysis for the crankshaft grinding machine subjected to a variable-position work // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* (2013) 67: pp. 501–516
23. Heinz, Tschätsch *Applied Machining Technology* / Tschätsch Heinz – Springer-Verlag : Berlin, Heidelberg, 2009. – p. 396
24. Grote K.-H., Antonsson E.K. *Springer Handbook of Mechanical Engineering* / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.
25. Nee A. Y. *Handbook of Manufacturing Engineering and Technology* / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

Приложение А

Маршрутные карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

| ГОСТ 3.1118-82 Форма 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------|----------------------------|-------|----------|-----------------------|---------------|-------------------|----|------|------|------|------|---|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Полл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Разраб. | Фильчагин Е.В. | | | | | | | | | | | | | 3 |
| Проверил | Распореуев Д.А. | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Утвердил | Логинов Н.Ю. | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | Распореуев Д.А. | | | | | | | | | | | | | |
| Шпindelь 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь 35ХМ ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | | | | |
| М 01 | Код | ЕВ | МД | ЕН | Н. расх. | КИМ | Код заготовки | Профиль и размеры | КД | МЗ | | | | |
| М 02 | 02 | кг | 0,334 | 1 | 1 | 0,48 | 10 | 40x108 | 1 | 0,69 | | | | |
| А | Цех Уч. РМ | Опер. | Код, наименование операции | | | Обозначение документа | | | | | | | | |
| Б | Код, наименование оборудования | | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпз. | Тшт. | |
| А03 | 000 Штамповка заготовительная | | | | | | | | | | | | | |
| Б04 | Пресс К8542 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А05 | 010 4269 Фрезерно-центровальная | | | | | | | | | | | | | |
| Б06 | Фрезерно-центровальный МР-179Ф4 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А07 | 020 4233 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | | | | | | |
| Б08 | Токарный станок Ассилай УТ 300 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А09 | 030 4233 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | | | | | | |
| Б10 | Токарный станок Ассилай УТ 300 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А11 | 040 4233 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | | | | | | |
| Б12 | Токарный станок Ассилай УТ 300 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А13 | 050 4233 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | | | | | | |
| Б14 | Токарный станок Ассилай УТ 300 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| А15 | 060 4214 Вертикально-сверлильная | | | | | | | | | | | | | |
| Б16 | Вертикально-сверлильный станок 2Н125 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | |
| МК | Маршрутная карта | | | | | | | | | | | | | 2 |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| ГОСТ 3.1118-82 Форма | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-----|----|-------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|------|-----|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Площ. | | | | | | | | | | 2 | | | | | | |
| шпиль | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АСКОН 10100. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код. наименование операции | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КЮИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпз | Тшт. |
| Б | Код. наименование оборудования | | | | | | | | | | | | | | | |
| КМ | Наименование детали, сб. единицы или материала | | | | | | | | | | | | | | | |
| Обозначение. код | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Обозначение. код | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A01 | 080 4233 Токарная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B02 | Токарный станок Ассилай UT 300 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A03 | 090 4175 Долбежная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B04 | Долбежный станок 7A412 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A05 | 100 4153 Зубофрезерная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B06 | Вертикальный зубофрезерный 5M310 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A07 | 110 4157 Зубошевинговальная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B08 | Вертикальный зубошевинговальный 5A702Г | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A10 | 120 5000 Термическая обработка | | | | | | | | | | | | | | | |
| B11 | ИЗУВ 5/50-38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A12 | 140 4145 Торцешлифовальная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B13 | Круглошлифовальный станок 3Т153Е | | | | | | | | | | | | | | | |
| A14 | 160 4132 Внутришлифовальная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B15 | Внутришлифовальный станок 3А225В | | | | | | | | | | | | | | | |
| A16 | 170 4151 Зубошлифовальная | | | | | | | | | | | | | | | |
| B17 | Зубошлифовальный 3Т-40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | Маршрутная карта | | | | | | | | | | | | | | | 3 |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| Дубл. | | Взам. | | Тлобл. | | ГОСТ 3.1118-82 | | Форма | | | | | | | | | |
|-------|--|-------|-----------------------|--------|----------------------------|----------------|-------|----------|--------------|----|------|----|----|------|-----|------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | шпindelь | АСКОН 10100. | | | | | | | | |
| А | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код. наименования операции | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпз | Тшт. | Н. расх. |
| Б | Код. наименования оборудования | | Обозначение документа | | | | | | | | | | | | | | |
| К/М | Наименование детали, сб. единицы или материала | | Обозначение, код | | | | | | | | | | | | | | |
| Б01 | зубьями 5А872В | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А02 | 180 4195 Притирочная | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б03 | | | 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| А04 | 190 0125 Промыёвка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б05 | | | 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| А06 | 200 0200 Контроль | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б07 | | | 1 1 1 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Т08 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т09 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | Маршрутная карта | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| ГОСТ 3.1404-86 Форма 3 | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----|-----------|---|----------|------|-------------------|--|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 1 |
| | | | | | | | | | | 1 |
| Разраб. | Фильчагин Е.В. | | | | | | | | | |
| Проверил | Расторгуев Д.А. | | | | | | | | | |
| Утвердил | Логинюв Н.Ю. | | | | | | | | | |
| Н. контр. | Расторгуев Д.А. | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | Шлиндель | | 20 | | | | | | 060 |
| Вертикально-сверлильная | | Материал | | Твердость | | МД | | Профиль и размеры | | МЗ |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | Сталь 35ХМ ГОСТ 4543-71 | | 220 | | ке 0,334 | | 40x108 | | 0,69 |
| 2Н125 | | Обозначение программы | | То | | Т пз. | | шт. | | СОЖ |
| | | | | 0,26 | | 1,35 | | 0,63 | | 2,4 |
| | | ПИ | | D или B | | L | | t | | s |
| | | | | | | | | | | p |
| | | | | | | | | | | v |
| T01 | Тиски 7300-0241 ГОСТ 21167-75 | | | | | | | | | |
| O02 | 1. Сверлить глухое отверстие | | | | | | | | | |
| T03 | Сверло сборное, диаметр 14,9 мм Т15К6 | | | | | | | | | |
| P04 | 1 | 14,9 | 75 | 7,45 | 1 | 0,29 | 2370 | 1 | | |
| O05 | 2. Сверлить отверстие | | | | | | | | | |
| T06 | CogoDrill 460 460.1-0600-045A1-XM | | | | | | | | | |
| 07 | 2 | 6,5 | 42 | 3,25 | 1 | 0,153 | 5000 | 94,2 | | |
| 08 | 3. Рассверлить отверстие | | | | | | | | | |
| 09 | 3 | 9 | 32 | 4,5 | 1 | 0,27 | 5000 | 141 | | |
| 10 | 4. Нарезать резьбу | | | | | | | | | |
| 11 | 2629-0054 Метчик ГОСТ 17927-72 | | | | | | | | | |
| 12 | 4 | 10 | 25 | 1 | 1 | 1,25 | 1115 | 35 | | |
| 13 | 5. Снять заготовку | | | | | | | | | |
| OK | | Операционная карта | | | | | | | | 22 |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| | | | |
|----------------|---------------|-------|--|
| ГОСТ 3.1105-84 | | Форме | |
| Циол. | | | |
| Взам. | | | |
| Тлол. | | | |
| | | 3 | |
| | | 005 | |
| | | | |
| КЭ | Карта эскизов | | |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| | | ГОСТ 3.1404-86 Форма 3 | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-------------------------|-----------|-----|-------|-------------------|-------|-----|------|--|------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1 | |
| | | | | | | | | | | | 1 | |
| Разраб. | Фильчагин Е.В. | Шпindelь | | | | | | | | | | |
| Проверил | Расторгуев Д.А. | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | Логинюв Н.Ю. | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | Расторгуев Д.А. | 20 | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | Материал | Твердость | EB | MD | Профиль и размеры | | | | | M3 | КОИД |
| Внутришлифовальная | | Сталь 35ХМ ГОСТ 4543-71 | HRC=43 | кг | 0,334 | | | | | | 0,69 | 1 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | Обозначение программы | To | lv | T пз. | шт. | | | | | СОЖ | |
| 3К225В | | | 2,1 | 0,8 | 20 | 3,8 | | | | | | |
| P | | ПИ | D или B | L | t | i | s | n | v | | | |
| T01 | Патрон мембранный | | | | | | | | | | | |
| O02 | 1. Шлифовать заготовку окончательно | | | | | | | | | | | |
| T03 | Круж 1 10x8x7 24A F60 L 2 V 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83 | | | | | | | | | | | |
| P04 | | - | 17,78 | 60 | 0,15 | 38 | 0,007 | 365 | 11,5 | | | |
| O5 | | | | | | | | | | | | |
| O6 | | | | | | | | | | | | |
| O7 | | | | | | | | | | | | |
| O8 | | | | | | | | | | | | |
| O9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| OK | Операционная карта | | | | | | | | | | 28 | |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| ГОСТ 3.1105-84 Формы | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|-----|
| Дюбл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Площ. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | 160 |

| | |
|----|---------------|
| КЭ | Карта эскизов |
|----|---------------|

Приложение Б

Спецификация на приспособление

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

| Формат Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме- чание |
|-------------------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|------|-----------------|
| | | | | | |
| <i>Документация</i> | | | | | |
| A1 | | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.000.СБ | Сборочный чертеж. Сборочный чертеж | | |
| <i>Детали</i> | | | | | |
| | 1 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.001. | Корпус | 1 | |
| | 2 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.002. | Мембрана | 1 | |
| | 3 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.003. | Противокулачки | 3 | |
| | 4 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.004. | Кулачки | 3 | |
| | 5 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.005. | Шпонка | 6 | |
| | 6 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.006. | Пластина опорная | 1 | |
| | 7 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.007. | Палец | 3 | |
| | 8 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.008. | Центровки | 1 | |
| | 9 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.009. | Тяга | 1 | |
| | 10 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.010. | Корпус | 1 | |
| | 11 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.011. | Поршень | 1 | |
| | 12 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.012. | Гайка паршневая | 1 | |
| | 13 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.013. | Кольцо-проставка | 1 | |
| | 14 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.014. | Стержень муфты | 1 | |
| | 15 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.015. | Крышка-заглушка | 1 | |
| | 16 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.016. | Штуцер | 2 | |
| | 17 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.017. | Втулка промежуточная | 1 | |
| | 18 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.018. | Муфта | 1 | |
| | 19 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.019. | Кольцо | 1 | |
| | 20 | 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.020. | Гайка муфты | 1 | |
| 22.ВКР.ОТМП.334.75.00.000.СП | | | | | |
| Изм. Лист | | № докум. | Подп. | Дата | |
| Разраб. | | Фильчагин Е.В. | | | |
| Проб. | | Рассторгуев Д.А. | | | |
| Н.контр. | | Рассторгуев Д.А. | | | |
| Утв. | | Логинов Н.Ю. | | | |
| Патрон мембранный | | | Лит. | Лист | Листов |
| | | | | 1 | 2 |
| | | | ТГУ, ИМ, ТМДп-1702В | | |

Копировал

Формат А4

