

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 корпуса токарного патрона

Обучающийся

С.С. Ищенко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(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

Тема: Технологический процесс изготовления корпуса токарного патрона.

Автор: Ищенко Сергей Сергеевич.

В работе разработан технологический процесс изготовления детали «корпус», который входит в состав трехкулачкового патрона токарного станка.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, в котором рассмотрено назначение детали «корпус», работа и условия его при работе всего узла в целом, проведена классификация всех поверхностей корпуса, проведен анализ технологичности конструкции корпуса.

В технологической части работы определен тип машиностроительного производства при изготовлении корпуса, проведен сравнительный анализ двух наиболее подходящих вариантов получения заготовки, проведен расчет припусков на одну поверхность корпуса расчетно-аналитическим методом, определены методы обработки каждой поверхности детали и проведен расчет припусков на модернизируемые операции техпроцесса.

В работе спроектировано станочное приспособление для технологической токарной операции. В отличие от базового варианта станочное приспособление имеет автоматизированный привод.

Для протяжной операции спроектирован сложнопрофильный многолезвийный режущий инструмент – шпоночная протяжка.

Работа содержит анализ безопасности и экологичности, а также раздел, где рассчитана экономическая эффективность выполненной модернизации базового варианта техпроцесса.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Анализ исходных данных..... | 5 |
| 1.1 Назначение и условия работы детали..... | 6 |
| 1.2 Классификация поверхностей детали..... | 6 |
| 1.3 Анализ требований к поверхностям детали..... | 7 |
| 2 Технологическая часть..... | 9 |
| 2.1 Определение типа производства..... | 9 |
| 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса..... | 9 |
| 2.3 Выбор метода получения заготовки..... | 10 |
| 2.4 Выбор методов обработки поверхностей..... | 11 |
| 2.5 Расчет припусков..... | 13 |
| 2.6 Расчет режимов резания..... | 16 |
| 3 Проектирование станочного приспособления..... | 21 |
| 3.1 Исходные данные..... | 21 |
| 3.2 Расчет сил резания..... | 22 |
| 3.3 Определение усилия зажима..... | 23 |
| 3.4 Определение усилия привода..... | 24 |
| 4 Проектирование режущего инструмента..... | 29 |
| 4.1 Исходные данные | 29 |
| 4.2 Расчет шпоночной протяжки | 30 |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта..... | 34 |
| 5.1 Мероприятия по снижению уровня потенциальной опасности..... | 34 |
| 5.2 Средства индивидуальной защиты..... | 37 |
| 6 Экономическая эффективность работы..... | 39 |
| Заключение..... | 43 |
| Список используемой литературы..... | 44 |
| Приложение А. Технологическая документация..... | 47 |

Введение

В машиностроении для увеличения производительности труда широко используются металлообрабатывающие станки. Выпуск продукции без использования этого оборудования в нынешних условиях невозможно. Это объясняется высокими требованиями к качеству изготовления машин, а также высокими требованиями к производительности машиностроительного производства, которая диктуется конкуренцией на рынке. Высокая производительность машиностроительного производства характеризуется малым временем изготовления деталей, что соответствует ее низкой себестоимости. При высокой конкуренции на рынке высокая стоимость изготовления изделий машиностроения ведет к снижению или вообще отсутствию покупательской способности.

В машиностроении для переоснащения производства на выпуск другого вида продукции используют различные приспособления. Такого рода преобразование производства за сжатые сроки без использования станочных приспособлений невозможно. Особенно это касается производств серийного типа, где это преобразование происходит довольно часто.

На токарных станках обрабатываются тела вращения. Приспособлениями токарных станков являются патроны, в которые зажимается заготовка; различные центры, которые используются для поджима длинных заготовок; люнеты, используемые в качестве дополнительных опор очень длинных заготовок и так далее.

Корпус трехкулачкового патрона является той деталью в узле, вокруг которой верно позиционируются остальные детали приспособления для выполнения полного спектра функций узла в целом.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса токарного патрона необходимого качества с минимальными производственными затратами.

1 Анализ исходных данных

«Для токарных станков (рисунок 1) используются различные универсальные приспособления: бвух-, трех-, четырехкулачковые патроны, цанговые, поводковые, мембранные патроны, плавающие и поводковые центра, оправки, планшайбы, угольники, люнеты, а также специальные приспособления. В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные поковки и отливки. В четырехкулачковых патронах, на планшайбах и угольниках закрепляют заготовки сложной прямоугольной и несимметричной формы. При различном соотношении длины и диаметра заготовок они устанавливаются либо в патроне, либо в патроне и заднем центре. Длинные детали обрабатываются с использованием люнета». [10]

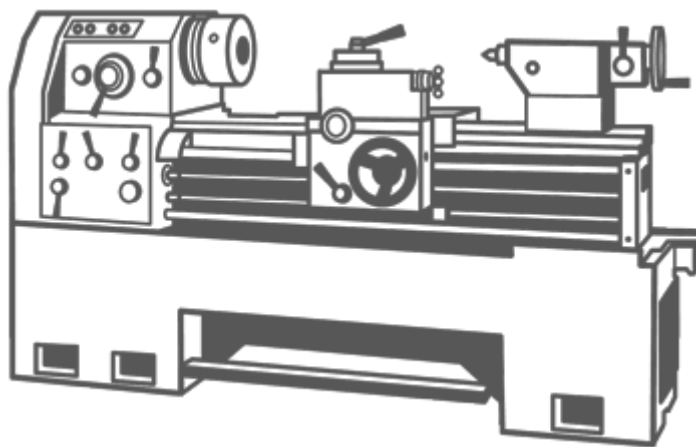


Рисунок 1 – Токарный станок

«Кроме кулачковых патронов для передачи крутящего момента от шпинделя станка к заготовке используются поводковые патроны и центры. Цанговые патроны применяют главным образом для закрепления холоднотянутого прутка или заготовок по предварительно обработанной поверхности». [10]

«Совершенствование токарных приспособлений осуществляется в направлении повышения точности, жесткости закрепления заготовок, быстродействия и универсальности, возможности переналадки и выполнения дополнительных операций обработки, не предусмотренных данным станком». [10]

1.1 Назначение и условия работы детали

Корпус трехкулачкового патрона является той деталью в узле, вокруг которой верно позиционируются остальные детали приспособления для выполнения полного спектра функций узла в целом.

1.2 Классификация поверхностей детали

Выполним классификацию поверхностей детали «корпус патрона», для этого пронумеруем поверхности и представим это на рисунке 2.

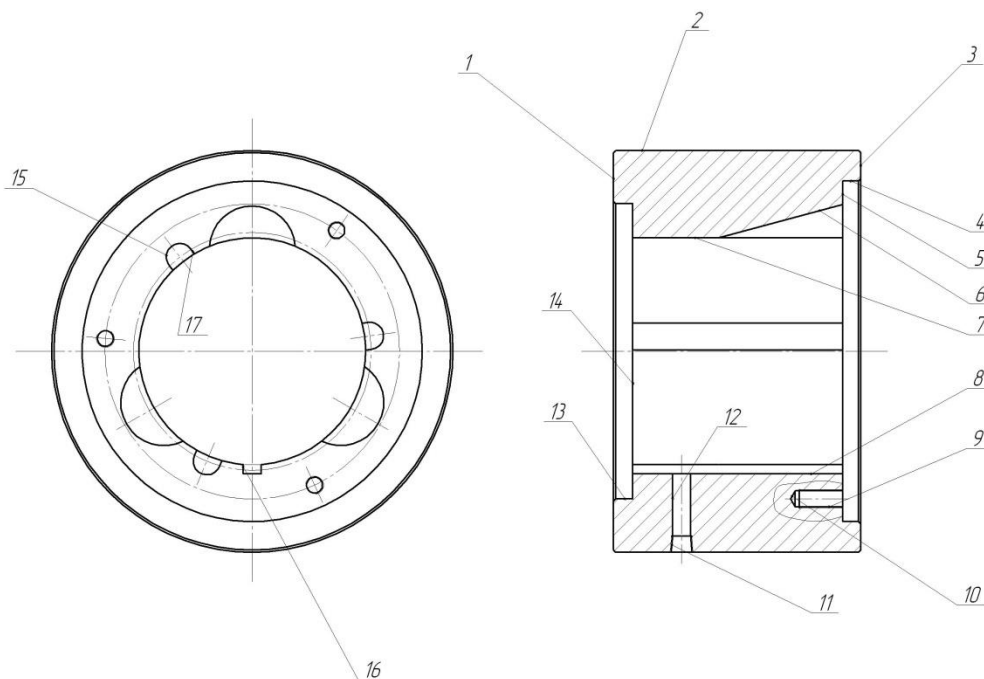


Рисунок 2 - Эскиз корпуса патрона

Исполнительной поверхностью является поверхность 7.

ОКБ являются поверхности 13, 14.

ВКБ являются поверхности 4, 5, 6, 8, 9, 11, 15 и 16.

Остальные поверхности - свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом корпуса патрона является сталь 19ХГН ГОСТ 4543-2016.

[8] В состав данной стали входит углерод с приблизительным содержанием в 0,19%, а также хром, марганец и никель, содержание которых примерно по 1%. Остальной объем, исключая примеси, занимает железо.

Физико-механические свойства стали 19ХГН представлены в таблице 1. [3]

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

| σ_B , МПа | σ_T , МПа | НВ |
|------------------|------------------|-----|
| 1180 | 930 | 217 |

Данные свойства материала вполне удовлетворяют характеристикам корпуса патрона.

Наиболее подходящие способы получения заготовки это штамповка и прокатка.

«Почти 90% выплавляемой стали перерабатывается в прокатном производстве, из них около 40% - сортопрокатное производство, для которого калибровка валков является основой, определяющей качество чистового проката и производительность прокатных станов. Поэтому в общем металлургическом цикле сортопрокатное производство занимает важное место. От уровня его рациональности и в первую очередь эффективности технологии прокатки зависит производительность станов,

безаварийность работы оборудования, уровень механизации и автоматизации, стоимость и в конечном счете потребительское качество готового проката». [20]

«Данными способами обработки давлением получают весьма разнообразные по формам и размерам изделия из металлов, полимеров и других материалов с различной степенью точности размеров, разными механическими и другими характеристиками и качеством поверхности. Поэтому ковочно-штамповочное производство находит широкое применение в машиностроении и приборостроении, в производстве предметов народного потребления и в других отраслях промышленности. Получение изделий ковкой и штамповкой позволяет максимально приблизить исходную форму заготовки к форме и размерам готовой детали и тем самым уменьшить и полностью исключить дорогостоящие операции резания с потерей металла в стружку». [20]

«При изготовлении деталей из прокатных заготовок на машиностроительных заводах с использованием металлорежущих станков теряется в виде стружки до 30...40% металла. Предварительная обработка этих заготовок методами ковочно-штамповочного производства снижает эти расходы в 4...5 раз, уменьшает парк металлорежущих станков и дает значительную экономию средств. Кроме того, ковка и штамповка улучшают свойства металла, вследствие чего наиболее ответственные детали многих машин и приборов часто изготавливают только из поковок». [20]

Проанализировав служебное назначение, конструкцию и материал токарного патрона, перейдем к технологической части работы.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Машиностроительное производство – производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий. В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий различают три типа производства – единичное, серийное и массовое». [21]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m=12,8$ кг и программа выпуска в $N=5000$ деталей в год. Исходя из этих параметров [21], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«При серийном производстве приходится определять размер партии деталей, одновременно запускаемых в производство. От количества деталей в партии зависит характер технологического процесса, применяемого для ее изготовления. Чем меньше количество деталей в партии, тем более простые средства производства должны применяться. Границы применения различных методов обработки партий деталей определяются следующим образом». [2]

Первоначально найдем коэффициент закрепления операций (K_{30}) по формуле

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (1)$$

где для нашего случая $O=10$, $P=3$. [2]

$$K_{30} = \frac{10}{3} = 3,33.$$

Этот K_{30} примем для серийного производства.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Наиболее сложные по конфигурации заготовки можно изготавливать методом литья. Изделия, получаемые методом обработки давлением, должны быть более простыми по форме. Изготовление в поковках отверстий и полостей объемной штамповки в ряде случаев затруднено, а использование напусков резко увеличивает объем последующей механической обработки».

[2]

«Размеры заготовок, получаемые методами литья и обработки давлением, практически не ограничиваются. Нередко определяющим параметром в этом случае являются минимальные размеры (например, минимальная толщина стенок отливки, минимальная масса поковки), Объемной штамповкой и большинством специальных способов литья получают заготовки массой до нескольких десятков или сотен килограммов. Форма и размеры заготовок, получаемых методами порошковой металлургии, ограничены как максимальными, так и минимальными размерами».

[2]

В этом разделе сравним стоимости заготовок из штамповки ($m=21,2$ кг) и проката ($m=25,7$ кг).

Расчёт стоимости удаления 1 кг материала в стружку при обработке.

[12]

$$C_{мех} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2)$$

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

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки-штамповки. [12]

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n, \quad (3)$$

где $C_{шт} = 0,315; k_T = 0,9; k_C = 0,84; k_B = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$. [12]

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали из заготовки-штамповки на ГKM. [12]

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

где $Q_{шт} = 21,2; q = 12,8; C_{отх} = 0,0144$. [12]

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 7,8 + 0,6578(7,8 - 5) - (7,8 - 5)0,0144 = 3,92, \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали из заготовки-проката. [12]

$$C_{пр} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех}(Q_{пр} - q) - C_{отх}(Q_{пр} - q), \quad (5)$$

где $Q_{пр} = 25,7; q = 12,8$.

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 13,7 + 0,6578(13,7 - 5) - 0,0144(13,7 - 5) = 7,27 \text{ руб.}$$

Таким образом, заготовка-штамповка по стоимости выгоднее.

Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_z = (C_{пр} - C_{шт})N_z = (11,43 - 11,16)5000 = 1350 \text{ руб.}$$

Чертеж заготовки, полученной методом штамповки, представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«По каждой группе поверхностей должна быть выявлена необходимость осуществления трех стадий обработки: черновой, чистовой

и отделочной. Установленное чертежом качество групп поверхностей, размеры, масса и формы детали дают возможность определить необходимые методы окончательной обработки. Заключительной стадии предшествуют промежуточные этапы обработки. Каждый этап решает определенные задачи – формирование размера и расположения поверхности, удаление слоя материала, обеспечение шероховатости поверхности и др. Обязательно должно выполняться следующее условие – каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего». [19]

Заданное качество обработки поверхности определяется тремя следующими параметрами: шероховатость поверхности, качество точности и геометрическая форма.

Для достижения необходимой точности до IT14, шероховатости Ra 3,2 и формы поверхностей 1, 2, 3, 6, 10 необходимо выполнить следующие технологические операции: токарная черновая и чистовая обработка.

Для достижения необходимой точности до IT6, шероховатости Ra 0,4 и формы поверхностей 4, 7, 13 необходимо выполнить следующие технологические операции: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая и чистовая обработка, полирование.

Для достижения необходимой точности до IT14, шероховатости Ra 0,4 и формы поверхностей 5, 14 необходимо выполнить следующие технологические операции: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая и чистовая обработка, полирование.

Для достижения необходимой точности до IT10, шероховатости Ra 3,2 и формы поверхностей 8, 15 необходимо выполнить следующие технологические операции: протягивание.

Для достижения необходимой точности до IT10, шероховатости Ra 3,2 и формы поверхностей 9, 11, 12 необходимо выполнить следующие технологические операции: сверление.

Для достижения необходимой точности до IT9, шероховатости Ra 1,6 и формы поверхности 16 необходимо выполнить следующие технологические операции: протягивание.

2.5 Расчет припусков

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический. При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливаются по таблицам, которые составлены на основе обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком является то, припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов. Например, общие припуски – без учета маршрута обработки данной поверхности, промежуточные – без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. В связи с этим опытно-статистические припуски во многих случаях завышены, так как ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака. Расчетно-аналитический метод определения припусков более трудоемок, однако лишен указанного недостатка. В соответствии с этим методом промежуточный припуск, назначаемый для определенного перехода, должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующем технологическом переходе, а также возникающая на выполняемом переходе погрешность установки обрабатываемой заготовки». [18]

Определим припуски на обработку поверхности 4 с параметрами $\varnothing 100H6(^{+0,022})$ мм, $L = 92,5$ мм, $Ra = 0,4$ мкм расчетно-аналитическим методом.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$\ll a = R_z + h_0 \gg. [4] \quad (6)$$

Перед этим найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\ll \Delta = 0,25 \cdot Td \gg. [4] \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 5 = 1,250.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,35 = 0,088.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,14 = 0,035.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,054 = 0,014.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,035 = 0,009.$$

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,022 = 0,006.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. [12] \quad (8)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). [12]$$

(9)

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{1,25^2 + 0,025^2} = 1,6502.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0} = 0,288.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,035^2 + 0^2} = 0,135.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,014^2 + 0} = 0,044.$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{(\Delta_4)^2 + \varepsilon_5^2} = 0,02 + \sqrt{0,009^2 + 0} = 0,029.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,65 + 0,5(5 + 0,35) = 4,325.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,288 + 0,5(0,350 + 0,087) = 0,5065.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,135 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,2055.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,044 + 0,5(0,054 + 0,035) = 0,0885.$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(Td_4 + Td_5) = 0,029 + 0,5(0,035 + 0,022) = 0,0575.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{5\min} = 100,000.$$

$$d_{5\max} = 100,022.$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2Z_{5\min} = 100,022 + 2 \cdot 0,029 = 100,080.$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_5 = 100,080 + 0,022 = 100,102.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 100,102 + 2 \cdot 0,044 = 100,190.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 100,190 + 0,035 = 100,225.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 100,225 + 2 \cdot 0,135 = 100,495.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 100,495 + 0,140 = 100,635.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 100,635 \cdot 0,999 = 100,534.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 100,534 + 0,087 = 100,621.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 100,621 + 2 \cdot 0,288 = 101,197.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 101,197 + 0,400 = 101,597.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 101,597 + 2 \cdot 1,412 = 104,421.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 104,421 + 4,000 = 108,421.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(108,421 + 104,421) = 106,421.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(101,597 + 101,197) = 101,397.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(100,621 + 100,534) = 100,578.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(100,635 + 100,495) = 100,565.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(100,225 + 100,190) = 100,208.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(100,102 + 100,080) = 100,091.$$

$$d_{cp5} = 0,5(d_{5max} + d_{5min}) = 0,5(100,022 + 100,000) = 100,011.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (10)$$

$$2Z_{min} = 104,421 - 100,022 = 4,399.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (11)$$

$$2Z_{max} = 4,399 + 5 + 0,022 = 9,421.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}). \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,399 + 9,421) = 6,910.$$

Рассчитав припуски, перейдем к определению режимов обработки.

2.6 Расчет режимов резания

«Одну заготовку одним инструментом на одном станке можно обработать с применением различных режимов резания. От режима резания зависит стойкость инструмента, производительность и себестоимость обработки. Оптимизация режимов резания является сложной задачей, так как параметры режимов по-разному влияют на производительность процесса, себестоимость операций и стойкость инструмента. Физическая природа влияния параметров режимов резания на стойкость инструмента достаточно

сложная. Многочисленными исследованиями и опытом механообрабатывающей промышленности доказано, что стойкость инструмента в большей степени зависит от скорости резания». [10]

«Под термином «режимы резания» понимают совокупность числовых значений глубины резания t , подачи S и скорости резания V для выбранных геометрических параметров режущей части инструментов при обеспечении заданной стойкости T . Они влияют на многие технико-экономические показатели операций: основное (технологическое) время, вспомогательное время, штучно-калькуляционное время, затраты на энергоносители, цеховую себестоимость и другие». [10]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 015.

1 переход.

Подача, глубина резания.

$$t = 0,25; S_0 = 0,5. [16]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где $V_0 = 150; K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$ [16]

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38, \text{ м/мин.}$$

Частота

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

$$n = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 17,5} = 169,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 177,5 \cdot 160}{1000} = 89 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (15)$$

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (16)$$

$$T_0 = \frac{24 + 7,5 + 50}{80} = 1,02 \text{ мин.}$$

2 переход.

Подача, глубина резания.

$$t = 0,5; S_0 = 0,5. \quad [16]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1 = 94,38 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94}{3,14 \cdot 99} = 302 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 99 \cdot 250}{1000} = 77,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 250 = 125 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{110}{125} = 0,88 \text{ мин.}$$

III переход.

Подача, глубина резания.

$$t = 0,2; S_0 = 0,5. [16]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1 = 94,38 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94}{3,14 \cdot 149} = 201 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 149 \cdot 200}{1000} = 93,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 035.

I переход.

Скорость резания

$$V = 6 \text{ м/мин. [16]}$$

Сила резания

$$P_{Z1} = 0,001F \cdot \Sigma A, \quad (17)$$

$$\text{где } F = 615; S_Z = 0,3. [16]$$

$$\Sigma B = \frac{b_{III}}{\cos \omega} Z_{\max}.$$

$$Z_{\max} = 10; \omega = 3^\circ; b = 12. [16]$$

$$\Sigma B = \frac{12}{\cos 3^\circ} 10 = 120,2 \text{ мм.}$$

$$P_{Z1} = 0,001 \cdot 615 \cdot 120,2 = 74, \text{ кН.}$$

Рабочий ход

$$L_{P.X.} = L_P + l_2 + L_{II}, \quad (18)$$

где $L_P = 92; L_{II} = 40$. [16]

$$L_2 = 200 + 280 + 100 = 580, \text{ мм.}$$

$$L_{PX} = 92 + 580 + 40 = 712, \text{ мм.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{1000V}. \quad (19)$$

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{1000V} = \frac{712}{1000 \cdot 6} = 0,12, \text{ мин.}$$

$$T_0 = 0,12 \cdot 3 = 0,36, \text{ мин.}$$

2 переход.

Скорость резания

$$V = 6 \text{ м/мин. [10]}$$

$$\Sigma A = \frac{8}{\cos 3^\circ} 14 = 112 \text{ мм.}$$

$$P_{Z1} = 0,001 \cdot 615 \cdot 112 = 69, \text{ кН.}$$

Рабочий ход

$$L_{PX} = 92 + 1105 + 40 = 1237, \text{ мм.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{1000V} = \frac{1237}{1000 \cdot 6} = 0,21, \text{ мин.}$$

Режимы резания отображены в технологической документации, представленной в приложении А, и на картах наладок.

3 Проектирование станочного приспособления

«Приспособления – наиболее сложная и трудоёмкая в изготовлении часть технологической оснастки. Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. В условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяют универсально-сборные приспособления. В серийном производстве используют специализированные быстропереналаживаемые приспособления (УСП). В крупносерийном и массовом производстве в большинстве случаев применяют специальные приспособления, имеющие одноцелевое назначение и предназначенные для выполнения определенной операции механической обработки». [14]

3.1 Исходные данные

На токарной 015 операции происходит токарная чистовая обработка наружных и внутренних поверхностей детали на токарном станке с числовым программным управлением. Эскиз операции представлен на рисунке 3.

Режимы обработки были рассчитаны в разделе 2.6 и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы резания на операцию 015

| Глубина резания t , мм | Подача S , мм/об | Скорость резания V , м/мин | Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹ |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|---|
| 0,25 | 0,50 | 89 | 160 |

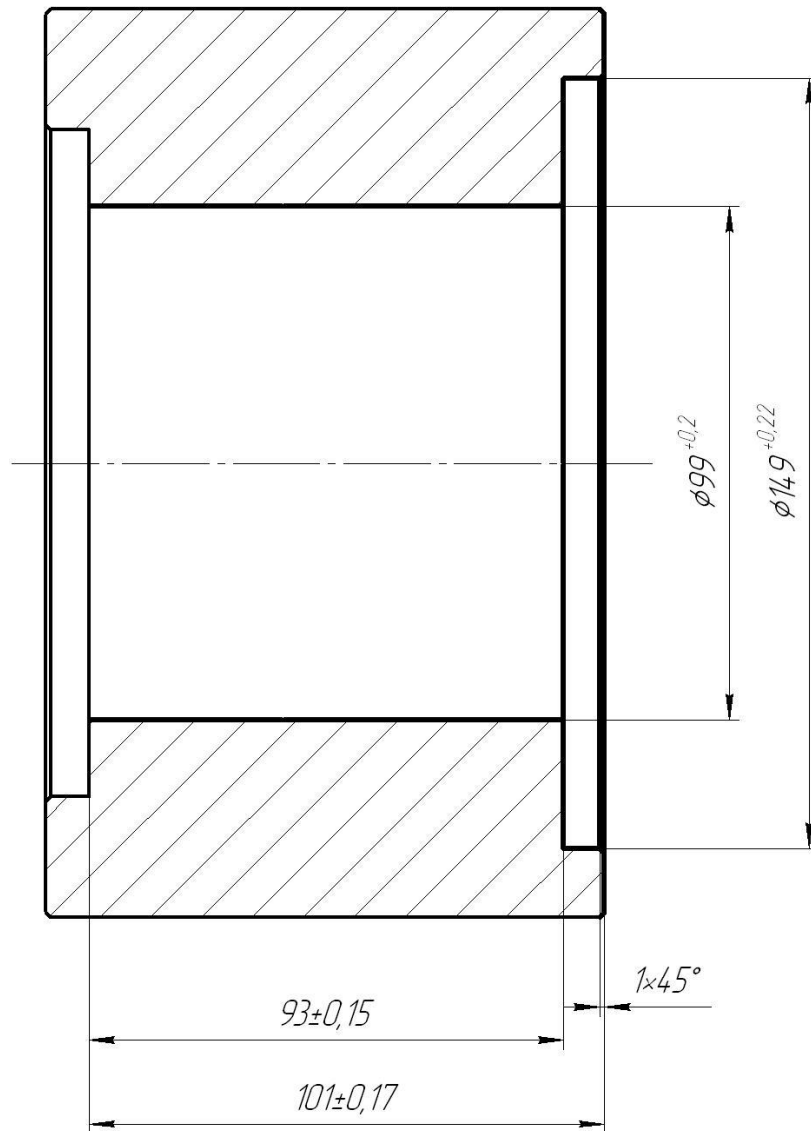


Рисунок 3 – Эскиз операции 015

3.2 Расчет сил резания

В процессе обработки на токарном станке на заготовку действуют силы резания. Определим их.

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (20)$$

где для P_Y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [9]

для P_Z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [9]

$$K_p = 0,9. [9]$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 89^{-0,3} \cdot 0,9 = 108, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 89^{-0,15} \cdot 0,9 = 205, \text{ Н.}$$

Далее перейдем к определению усилия зажима.

3.3 Определение усилия зажима

Схема фиксации заготовки на станке представлена на рисунке 5.

Определим крутящий момент.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (21)$$

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (22)$$

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (23)$$

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (24)$$

где $K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0$. [16]

Тогда $K = 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$.

Примем коэффициент трения $f = 0,3$. [16]

$$W_z^1 = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 205 \cdot 177}{0,3 \cdot 177} = 2460, \text{ Н.}$$

Далее перейдем к определению усилий самого привода. На рисунке 4 представлена схема базирования заготовки на операции.

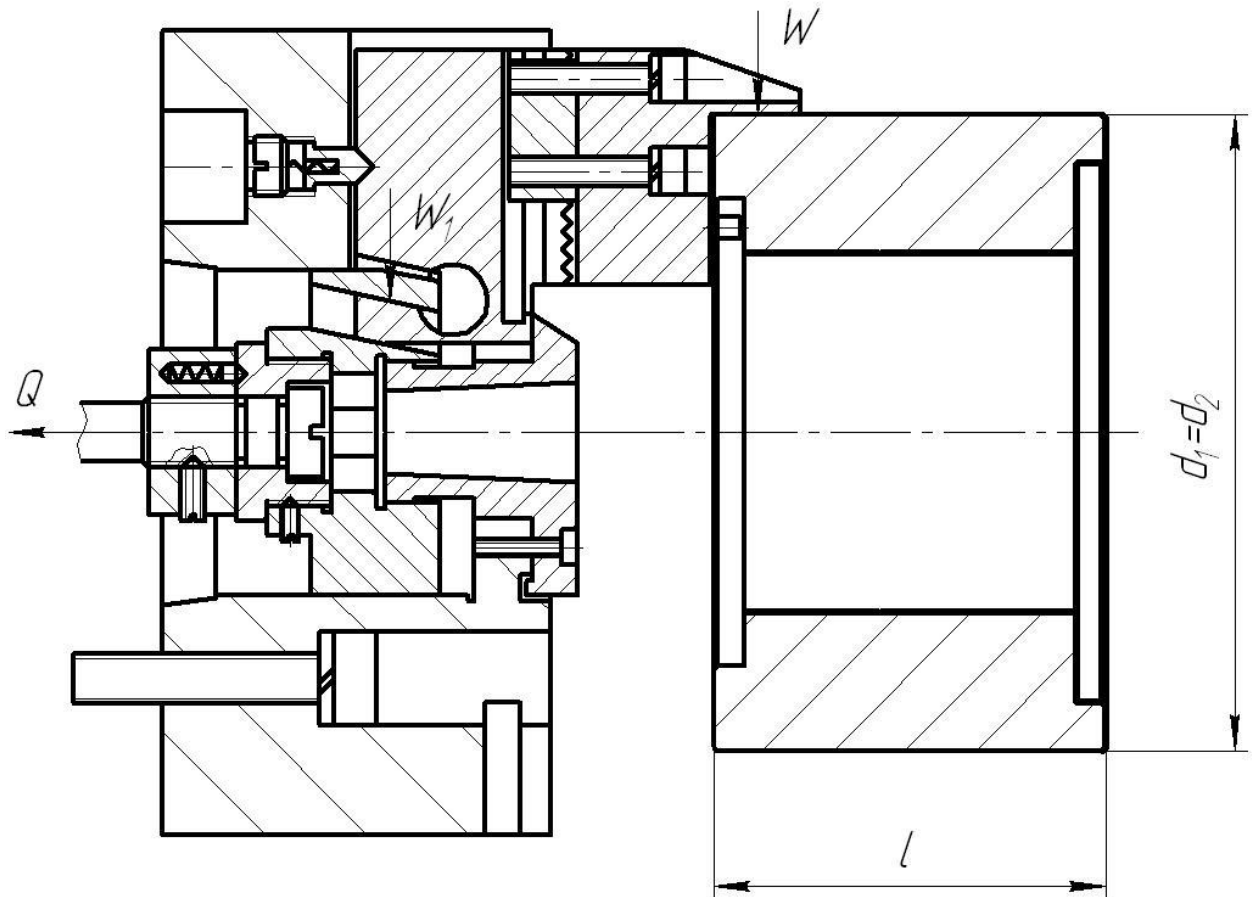


Рисунок 4 - Схема базирования

3.4 Определение усилия привода

Рассчитаем усилие привода, которое усиливается механизмом зажима и прикладывается к зажимному кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (25)$$

Рассчитаем величину характеристики конструкции

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1} \quad (26)$$

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}50') + \operatorname{tg}5^{\circ}50'} = 2,1.$$

$$Q = \frac{3205}{2,1} = 1526, \text{ Н.}$$

Заготовка зажимается патроном на одном конце и просто поддерживается центром под напряжением на другом конце на горизонтальном токарном станке. Стержень вращается со скоростью вращения шпинделя Ω , а режущий инструмент перемещается вдоль оси Z с постоянной скоростью подачи f . В этом случае разумно предположить, что часть шпиндель-шток-задняя бабка является податливой, в то время как рама станка и режущий инструмент являются жесткими. [1]

Регенеративное дребезжание относится к изменению силы резания из-за динамической толщины стружки, возникающей в результате восстановления упругости с обеих сторон поверхности стружки. Вибрация обрабатываемой детали сосредоточена в направлении оси X , поскольку колебания в области разреза, вызванные радиальной вибрацией обрабатываемой детали, в основном способствуют возникновению вибраций дребезжания. Учитывая, что первая модовая форма динамической системы обычно является доминирующей в модальном участии модовых форм вибрации, режущую систему можно охарактеризовать как систему SDOF, как показано на рисунке 5.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = K_c df + K_c d[x(t - T) - x(t)] \quad (27)$$

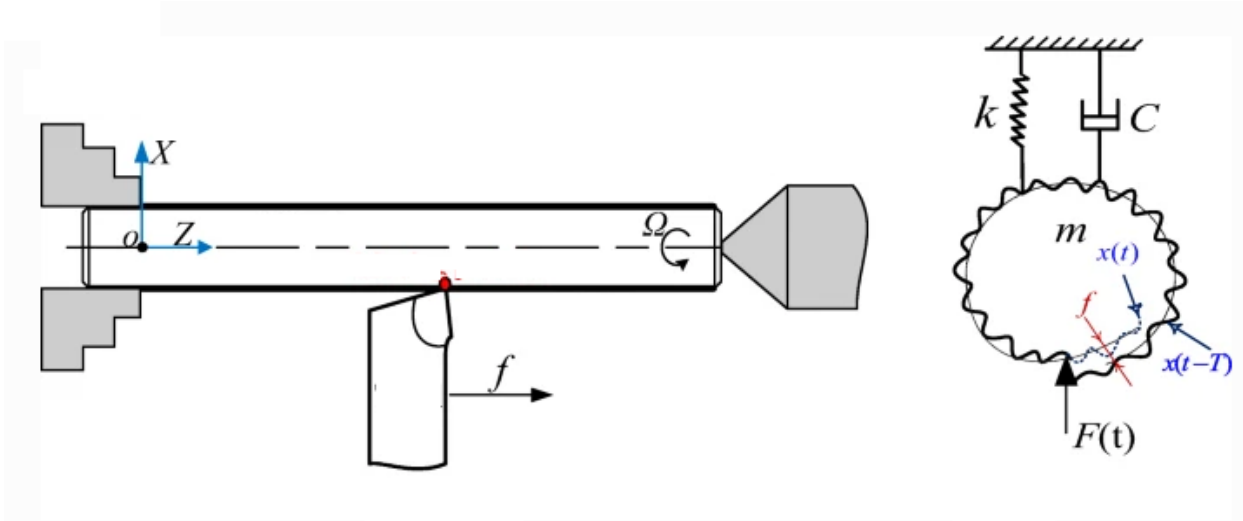


Рисунок 5 – Схема токарной обработке длинной заготовки

Технически мгновенная сила резания состоит из статической составляющей, соответствующей первому члену в правой части уравнения (27) вызвано постоянным движением подачи, а динамическая составляющая, соответствующая второму члену, вызвана вибрацией заготовки. Статическая сила может привести к вынужденной вибрации обрабатываемого стержня, в то время как динамическая сила может вызвать самовозбуждающуюся вибрацию и тем самым определить стабильность резания.

Система шпиндель-заготовка-задняя бабка здесь упрощена в виде модели подпиромой консольной балки, как показано на рисунке 6. При идеализации граничных условий для неподвижного конца прогиб и наклон равны нулю; для просто поддерживаемого конца изгибающий момент и прогиб равны нулю. В результате эта модель представляет собой статически неопределимый пучок.

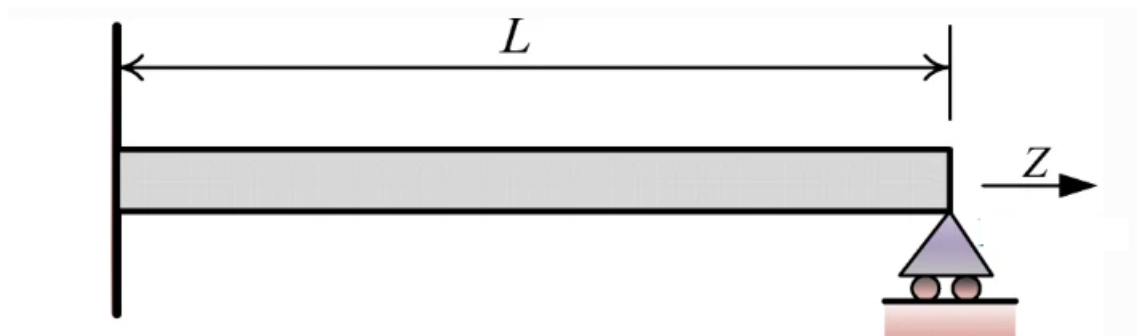


Рисунок 6 - Упрощенная модель системы шпиндель-заготовка-задняя бабка

Чтобы имитировать функцию центра перемещения задней бабки, три пружинных элемента прикреплены к поперечному сечению переднего конца заготовки вдоль осей X , Y и Z соответственно. Пружина в направлении Z используется для моделирования силы тяги, создаваемой центром во время процедуры зажима. Жесткость пружин может быть получена экспериментально. В конечно-элементной модели корпус шпинделя зацеплен с точки зрения четырехгранных сплошных элементов, в то время как заготовка зацеплена с точки зрения шестигранных элементов с использованием метода стреловидного зацепления. Наконец, собственная частота модели может быть рассчитана с помощью модального анализа; жесткость стержня в различных положениях по его длине может быть получена с помощью статического структурного анализа. [1]

В данной работе были созданы аналитическая и численная модели системы шпиндель-заготовка-задняя бабка для токарной обработки гибких деталей соответственно. С учетом движения инструмента был сформулирован анализ устойчивости режущей системы по траектории резания. Было выведено выражение критической жесткости для прогнозирования положения начала дребезжания. Путем сравнения с экспериментальными измерениями [1] было доказано, что опорный подшипник шпинделя и патрон играют немалую роль в динамических

характеристиках режущей системы. Распределение жесткости по длине и собственная частота обрабатываемого стержня не могут быть эффективно улучшены за счет увеличения жесткости подшипника шпинделя и центральной опоры. Размер патрона оказывает большое влияние на собственную частоту обрабатываемой детали.

Для сравнения, аналитическая структурная модель, как правило, намного жестче, чем модель конечных элементов или экспериментальные результаты. [1] А модель, включающая влияние подшипника и патрона, позволяет производить более обоснованное и точное предсказание местоположения начала дребезжания. Измеренные сигналы показали хорошее согласие с теоретическим выводом о том, что заготовка, которая не дребезжит, все еще вибрирует при токарных операциях. Датчики перемещения могут одновременно фиксировать полезную информацию о работе, вызванной статическими и динамическими силами резания, которые могут быть использованы для оценки ошибки формы повернутого стержня и состояния резания одновременно. Это может быть преимуществом для контроля состояния обработки гибких деталей.

В результате разработки данного раздела нами спроектировано станочное приспособление на токарную операцию техпроцесса изготовления корпуса токарного патрона. Чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Исходные данные

Технологическая операция 035 содержит обработку шпоночного паза, как показано на рисунке 7. Задачей данного раздела спроектировать режущий инструмент для этого перехода.

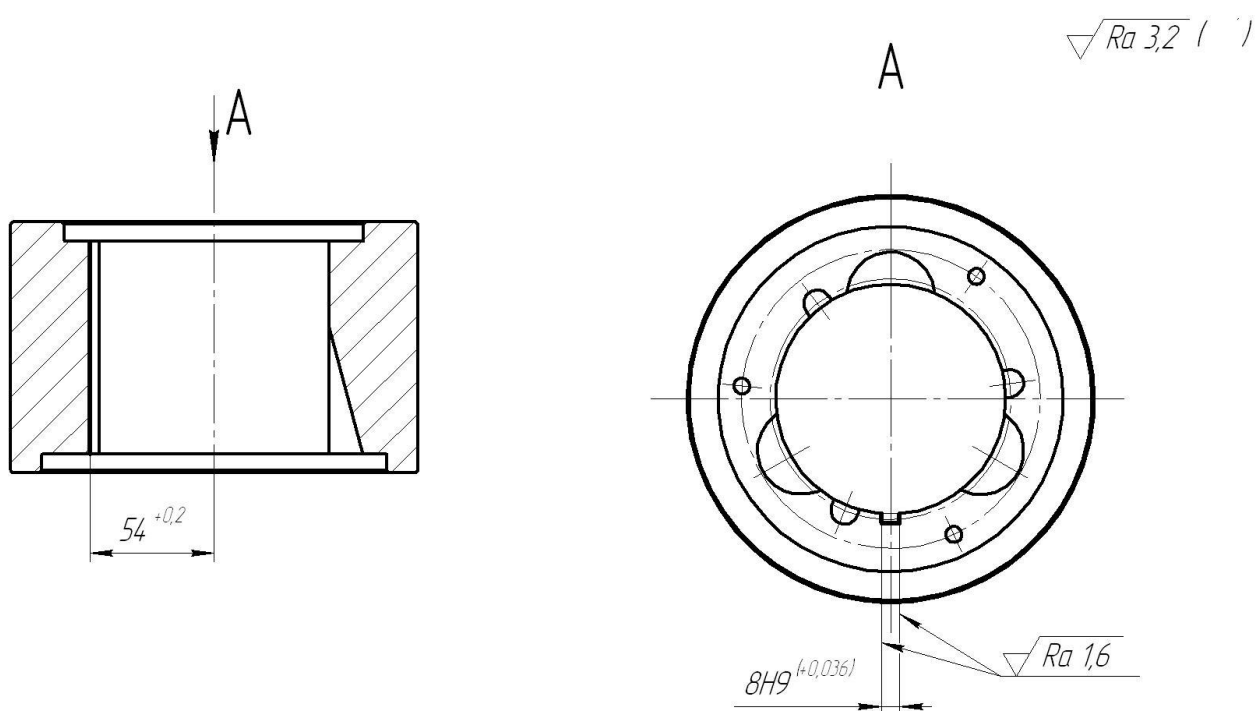


Рисунок 7 – Эскиз операции 035

«Протягивание является одним из наиболее производительных видов обработки металлов резанием и широко распространено в серийном и массовом производстве. Высокая производительность при протягивании объясняется большой суммарной длиной режущих кромок, одновременно участвующих в срезании материала». [9]

«Протягиванием обеспечивается получение обработанной поверхности в пределах 7...8-го квалитетов точности, с шероховатостью $Ra 2,5...0,16$

мкм. Таким образом, протягивание является не только высокопроизводительным, но и высокоточным методом обработки». [9]

4.2 Расчет шпоночной протяжки

Припуск

$$A = R_{\max} - R_0. \quad (28)$$

$$A = 54,2 - 44,5 = 9,7, \text{ мм.}$$

Шаг режущих зубьев

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0}. \quad (29)$$

$$t = 1,4 \cdot \sqrt{92,42} \approx 13, \text{ мм.}$$

Принимаем $t = 14; h = 4; c = 4; r = 2; R = 10; F_K = 12,55$.

Толщина среза

$$a_z = \frac{F_K}{KL_0}, \quad (30)$$

где $K = 3,5$.

$$a_z = \frac{12,55}{3,5 \cdot 92,42} = 0,24, \text{ мм.}$$

Количество одновременно работающих режущих зубьев.

$$q = \left[\frac{L_0}{t} + 1 \right]. \quad (31)$$

$$q = \frac{92,42}{14} + 1 = 8.$$

Сила резания

$$P_Z = C_p \cdot \sigma_B \cdot a_Z^{0,85} \cdot K_\gamma. \quad (32)$$

$$K_\gamma = \frac{90-\gamma}{75} = \frac{90-12}{75} = 1,04.$$

$$C_p = 4,3. [17]$$

$$P_Z = 4,3 \cdot 700 \cdot 0,039^{0,85} \cdot 1,04 = 198,6, \text{ Н.}$$

Усилие обработки

$$P_T = \pi P_Z D q. \quad (33)$$

$$P_T = \pi P_Z D q = 3,14 \cdot 198,6 \cdot 54,02 \cdot 8/2 = 134748, \text{ Н.}$$

Напряжение в 1 канавке

$$\sigma_1 = \frac{4P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2}. \quad (34)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 134748}{3,14(54,02 \cdot 2 - 2 \cdot 4)^2} = 17,15, \text{ МПа.}$$

Число черновых зубьев

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1. \quad (35)$$

$$z = \frac{9,7 - 0,05 \cdot 2}{0,24} + 1 = 41.$$

Принимаем $z' = 2$.

Расчёт номинальных размеров черновых зубьев

$$R_i = R_0 + a_z(i-1). \quad (36)$$

$$R_1 = 44,5 + 0,24(1-1) = 44,5.$$

$$R_2 = 44,5 + 0,24(2-1) = 44,740.$$

$$R_3 = 44,5 + 0,24(3-1) = 44,980.$$

$$R_4 = 44,5 + 0,24(4-1) = 45,220.$$

$$R_5 = 44,5 + 0,24(5-1) = 45,460.$$

$$R_6 = 44,5 + 0,24(6-1) = 45,700.$$

$$R_7 = 44,5 + 0,24(7-1) = 45,940.$$

$$R_8 = 44,5 + 0,24(8-1) = 46,180.$$

$$R_9 = 44,5 + 0,24(9-1) = 46,420.$$

$$R_{10} = 44,5 + 0,24(10-1) = 46,660.$$

$$R_{11} = 44,5 + 0,24(11-1) = 46,900.$$

$$R_{12} = 44,5 + 0,24(12-1) = 47,140.$$

$$R_{13} = 44,5 + 0,24(13-1) = 47,380.$$

$$R_{14} = 44,5 + 0,24(14-1) = 47,620.$$

$$R_{15} = 44,5 + 0,24(15-1) = 47,860.$$

$$R_{16} = 44,5 + 0,24(16-1) = 48,100.$$

$$R_{17} = 44,5 + 0,24(17-1) = 48,340.$$

$$R_{18} = 44,5 + 0,24(18-1) = 48,580.$$

$$R_{19} = 44,5 + 0,24(19-1) = 48,820.$$

$$R_{20} = 44,5 + 0,24(20-1) = 49,060.$$

$$R_{21} = 44,5 + 0,24(21-1) = 49,300.$$

$$R_{22} = 44,5 + 0,24(22-1) = 49,540.$$

$$R_{23} = 44,5 + 0,24(23-1) = 49,780.$$

$$R_{24} = 44,5 + 0,24(24-1) = 50,020.$$

$$R_{25} = 44,5 + 0,24(25 - 1) = 50,260.$$

$$R_{26} = 44,5 + 0,24(26 - 1) = 50,500.$$

$$R_{27} = 44,5 + 0,24(27 - 1) = 50,740.$$

$$R_{28} = 44,5 + 0,24(28 - 1) = 50,980.$$

$$R_{29} = 44,5 + 0,24(29 - 1) = 51,220.$$

$$R_{30} = 44,5 + 0,24(30 - 1) = 51,460.$$

$$R_{32} = 44,5 + 0,24(32 - 1) = 51,940.$$

$$R_{33} = 44,5 + 0,24(33 - 1) = 52,180.$$

$$R_{34} = 44,5 + 0,24(34 - 1) = 52,420.$$

$$R_{35} = 44,5 + 0,24(35 - 1) = 52,660.$$

$$R_{36} = 44,5 + 0,24(36 - 1) = 52,900.$$

$$R_{37} = 44,5 + 0,24(37 - 1) = 53,140.$$

$$R_{38} = 44,5 + 0,24(38 - 1) = 53,380.$$

$$R_{39} = 44,5 + 0,24(39 - 1) = 53,620.$$

$$R_{40} = 44,5 + 0,24(40 - 1) = 53,860.$$

$$R_{41} = 44,5 + 0,24(41 - 1) = 54,100.$$

$$R_{42} = 54,100 + 0,050 = 54,150.$$

$$R_{43} = 54,150 + 0,050 = 54,200.$$

Длина протяжки (мм)

$$l_p = t(z + z'). \quad (37)$$

$$l_p = 14(41 + 2) = 602.$$

Режущая часть протяжки выполняется из быстрорежущей стали Р6М5.

[7]

Чертеж режущего инструмента – шпоночной протяжки представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Мероприятия по снижению уровня потенциальной опасности

Техническим объектом в нашем случае является участок механической обработки детали «червяк» вертикально-сверлильного станка.

Технологический процесс и соответственно участок механической обработки содержит следующее металлорежущее оборудование: четыре токарных станка с ЧПУ 16Б16Т1С1, два вертикально-сверлильных станка 2Р135Ф2-1, вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6Т13Ф20, вертикально-протяжной станок МП7А523, четыре внутришлифовальных станка с ЧПУ 3М227ВФ2, два полировально-шлифовальных станка 3В852.

Модернизации в работе подверглись токарная чистовая 015, проводимая на токарном станке с ЧПУ 16Б16Т1С1 и протяжная (на протяжном станке МП7А523) операции (рисунки 8, 9).



Рисунок 8 - Токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1С1



Рисунок 9 - Вертикально-протяжной станок МП7А523

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) обеспечивают личную защиту рабочих, которыми могут являться станочники, операторы станков с ЧПУ, слесари, наладчики и так далее. СИЗ могут быть в виде различной одежды, обуви, различными масками, устройствами, снижающими шум и так далее.

«В процессе проектирования технологического оборудования и его эксплуатации необходимо применять устройства исключающие возможность контакта человека с опасной зоной, либо снижающие риск опасности контакта. Общими требованиями к средствам защиты являются учет индивидуальных особенностей оборудования, инструмента, приспособления или техпроцессов; надежность, прочность, удобство обслуживания машин и механизмов в целом, включающие средства защиты». [15]

Максимальная безопасность труда обеспечивается применением ограждений, предохранительных и блокирующих устройств, а также установкой сигнализации, а в особо опасных случаях - применением дистанционного управления (ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от механических факторов. Классификация [6]»).

«Оградительные устройства применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки, падающих ударных элементов машин и так далее. Конструктивно оградительные устройства могут быть стационарными, подвижными (съёмными) и переносными». [15]

Предохранительные устройства предназначены для автоматического отключения подвижных агрегатов и машин при отключении от нормального режима работы. К ним относятся ограничители хода, изготовленные в виде упоров, концевых выключателей и т. п. В случае работы на больших скоростях передвижения они сочетаются с тормозными устройствами. В качестве предохранительных устройств от перегрузки машин и станков в конструкцию машины вводят слабое звено.

«Эти устройства представляют собой детали и узлы машины, которые разрушаются (не срабатывают) при перегрузках. К ним относятся срезные штифты, шпонки, фрикционные муфты, не передающие движение при чрезмерных крутящих моментах, плавкие предохранители, разрывные мембраны в установках с повышенным давлением и т. д. Слабые звенья могут быть или с автоматическим восстановлением (муфта трения) или с необходимой заменой разрушенного элемента». [15]

Токарный станок 16Б16Т1С1 имеет систему ЧПУ, которая в свою очередь снабжена концевыми датчиками, которые ограничивают ходы рабочих органов станка, чтобы они не выходили за заданные наладчиком станка габариты.

Вертикально-протяжной станок МП7А523 оснащен гидравлической системой, которая имеет предохранительный клапан, роль которого при

возникновении сбоя пустить рабочую жидкость на слив в бак, и не дать работе всего механизма в аварийном режиме.

Таким образом, осуществляется безопасность при работе на этих станках.

5.2 Средства индивидуальной защиты

«Средства защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов условно делят на две группы: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты». [15]

«К средствам коллективной защиты работающих относятся средства, которые конструктивно или функционально связаны с производственным процессом или оборудованием. Они, как правило, предназначены для защиты любого работника, находящегося в рабочей зоне. Для обеспечения безопасной эксплуатации производственного оборудования его оснащают надежно работающими тормозными устройствами, гарантирующими в нужный момент остановку оборудования, сигнализацией, оградительными и блокировочными устройствами, устройствами аварийного отключения, устройствами дистанционного управления, Устройствами электробезопасности». [15]

«К средствам индивидуальной защиты относятся противогазы, респираторы, комбинезоны, жилеты, сапоги с удлиненными голенищами, бахилы, рукавицы, перчатки, напальчники, наладонники, нарукавники, налокотники, наколенники, каски, защитные шлемы, шапки, шляпы, косынки, очки защитные, щитки защитные лицевые, противозумные шлемы, противозумные наушники, куртки, фартуки, предохранительные пояса, ручные захваты, защитные пасты, очистители кожи или комплексные средства». [15]

Оператор токарного станка с ЧПУ, а также станочник-протяжник обязательно должны быть в рабочем костюме, согласно требованиям [5].

«Средства защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов. Все средства индивидуальной защиты, специальная одежда, специальная обувь выдаются работающим бесплатно в соответствии с установленными нормами». [15]

В нашем случае на токарном станке имеется защитный экран, показанный на рисунке 10. Двери рабочей зоны при проведении обработки должны быть закрыты.



Рисунок 10 – Рабочее место оператора токарного станка с ЧПУ

Перед началом работы на станке рабочий обязан закрыть рабочую зону станка. Этим он обезопасит органы зрения и кожный покров от попадания образующейся горячей стружки.

В разделе рассмотрены мероприятия для снижения травмоопасности на рабочих местах операций, которые подверглись модернизации, в отличие от базового варианта технологического процесса. Также рассмотрен вопрос увеличения экологической безопасности на модернизированном участке механической обработки детали «корпус».

6 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 11, представлены отличительные особенности сравниваемых вариантов.

| Используемая оснастка | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 3-хкулачковый патрон с ручным зажимом | механизированный 3-хкулачковый патрон |

Рисунок 11 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов выполнения операции

На рисунке 10 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. Слева, описана используемая оснастка, по исходному технологическому процессу, а справа – по измененному.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 12.

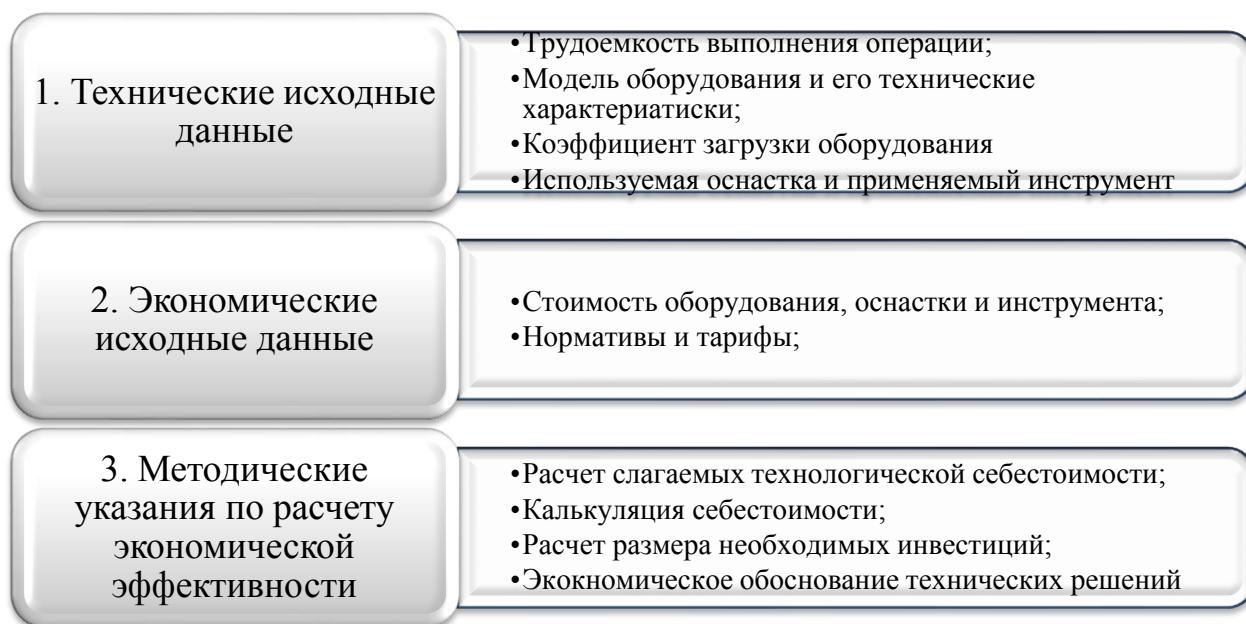


Рисунок 12 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 12, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов. А также показывают направление на источник, для этой информации, а именно:

– технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависит от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная информация из справочной литературы.

– экономические исходные данные – это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, т.е. его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные

экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются правительством РФ.

– методические указания по расчету экономической эффективности – это методики [13] по расчету всех необходимых экономических показателей. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 13 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

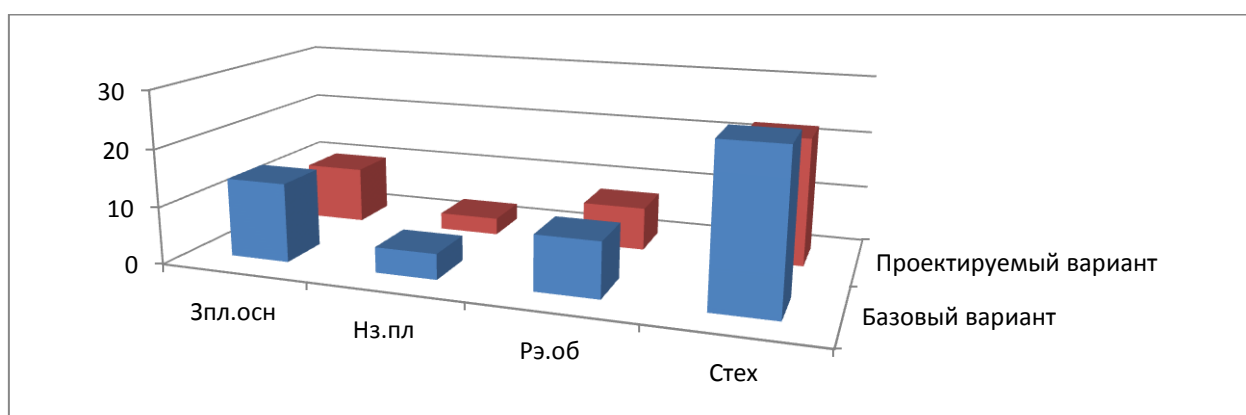


Рисунок 13 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

Из рисунка 13 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой

разнице между вариантами значения величины технологической себестоимости в размере 5,40 рублей, что составило 20,43%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как основная заработная плата работников. Его доля в величине технологической себестоимости составляет 49,74% в исходном варианте, и 47,13% – в совершенствованном. Следующий весомый вклад в результат оказала величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля этого показателя составила 35,81% и 39,50% соответственно.

На рисунке 14 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

| | |
|----------------------|---|
| И = 69441,3 руб. | • размер инвестиций в совершенствование |
| Пчист = 82177,3 руб. | • чистая прибыль |
| Эинт = 68481,1 руб. | • интегральный экономический эффект |
| T = 2 года | • срок окупаемости |
| ИД = 1,19 руб./руб. | • индекс доходности |

Рисунок 14 – Значения итоговых показателей

Учитывая, представленные на рисунке 14 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, т.к. экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

Заключение

В работе спроектирован технологический процесс изготовления детали «корпус», входящий в патрона токарного станка с программой выпуска 5 тысяч деталей в год.

На первом этапе проектирования нами проанализированы условия работы корпуса, выполнен анализ поверхностей и их функциональное назначение. Также проанализирован материал детали и выполнены выводы о достаточно правильном выборе материала червяка в соответствии с выполняемыми в узле функциями.

Также был проведен анализ технологичности детали и сделано заключение о высокой технологичности конструкции корпуса.

На втором этапе выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и определены его характеристики. Далее проведен экономический расчет двух наиболее подходящих методов получения заготовки и выбрана штамповка. После этого выполнен выбор методов обработки каждой из поверхностей детали.

На изготовление самой точной поверхности проведен расчет припусков расчетно-аналитическим методом.

На модернизируемые работой операции технологического процесса рассчитаны режимы обработки.

Для токарной чистовой операции техпроцесса разработано станочное приспособление. Его отличие от базового варианта заключается в том, что оно имеет автоматизированный привод, что сократит операционное время.

Для протяжной операции разработана конструкция многолезвийного сложнопрофильного режущего инструмента – шпоночной протяжки.

В работе выполнен экономический расчет, показывающий верность принятых технических решений.

Список используемой литературы

1. Lu K., Wang Y., Gu F., Pang X., Ball A. Dynamic modeling and chatter analysis of a spindle-workpiece-tailstock system for the turning of flexible parts (2019) International Journal of Advanced Manufacturing Technology 104(5-8), с. 3007-3015.
2. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013.
3. Богодухов С.И. Материаловедение : учебник для вузов / С.И. Богодухов, Е.С. Козик. – 2-е изд., испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2020. – 504 с.
4. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
5. ГОСТ 12.4.125-83. Средства коллективной защиты работающих от механических факторов. Классификация. – 18 с.
6. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие требования. – 24 с.
7. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия – 22 с.
8. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
9. Завистовский С.Э. Обработка материалов резанием : учеб. пособие / С.Э. Завистовский. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 448 с.
10. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : Учебник. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 320 с.
11. Зубарев Ю.М. Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие для вузов /

Ю.М.Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев, М.А. Афанасенков ; под. ред. Ю.М. Зубарева. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 248 с.

12. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.

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

14. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения: учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И.Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.

15. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : Учебное пособие / Э.М. Люманов, Г.Ш. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 224 с.

16. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

17. Солоненко В. Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.

18. Тимирязев В.А. Основы машиностроительного производства : Учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе / Под ред. В.А. Тимирязева. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 448 с.

19. Трофимов А.В. Основы технологии машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие / А.В.Трофимов [и др.]. – СПб. : СПбГЛТУ, 2013. – 72 с.

20. Шишко В.Б. Проектирование формоизменения металла при прокатке на сортовых прокатных станах : моногр. / В.Б. Шишко, В.А. Трусов, Н.А. Чиченев. – М. : Изд. дом МИСиС, 2012. – 434 с.

21. Ямников А.С. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / А.С. Ямников, А.А. Маликов ; под ред. А.С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 252 с.

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| А | Цех | Уч | РМ | Опер | Код наименования операции | Обозначение документа | | | | | | Тип | |
|------|--|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----|------------------|-----|------|------|----|
| | | | | | | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИП | | ЕН |
| Б | ИЮТ ИЗ7.101.7001-93. | | | | | | | | | | | | |
| А 19 | XX XX XX | 015 | 4112 | Токарная чистовая | ИЮТ ИЗ7.101.7001-93. | | | | | | | | |
| Б 20 | 381111 | XXXX | 2 | 18225 | 422 IP 1 | 1 | 1 | 100 | ^{+0,20} | 1 | 8 | 2,95 | |
| 0 21 | Точить поверхность, выдерживая размеры 109,5±0,12, Ø149 ^{+0,22} ; 75±0,075 Ø99 ^{+0,20} , точить канавку. | | | | | | | | | | | | |
| Т 22 | 396110 | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX | Упор откидной; 392104.XXXX(2) | Резец механич. Т5К10; | | | | | | |
| Т 23 | 393111.XXXX | ШЦ-И-350-0.1. | 393120.XXXX | Калибр-пробка. | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | |
| А 25 | XX XX XX | 020 | 4112 | Токарная чистовая | ИЮТ ИЗ7.101.7001-93. | | | | | | | | |
| Б 26 | 381111 | XXXX | 2 | 18225 | 422 IP 1 | 1 | 1 | 100 | | 1 | 8 | 1,43 | |
| Т 27 | Точить поверхность, выдерживая размеры Ø177,5 ^{+0,22} ; 109,5±0,1. | | | | | | | | | | | | |
| Т 28 | 396110 | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX | Упор откидной; 392104.XXXX | Резец механич. Т5К10; | | | | | | |
| Т 29 | 393111.XXXX | ШЦ-И-350-0.1. | 393120.XXXX | Калибр-скоба. | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | |
| А 31 | XX XX XX | 025 | 4121 | Сверлильная | ИЮТ ИЗ7.101.7015-00. | | | | | | | | |
| Б 32 | 381213 | XXXX | 2P135Ф2-1 | Вертик.-сверл. | 2 | 322 IP 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 5 | 0,93 | |
| 0 33 | Сверлить отверстие Ø8 ^{+0,2} насквозь; сверлить коническое отверстие под резьбу К1/8"; | | | | | | | | | | | | |
| 0 34 | нарезать коническую резьбу К1/8". | | | | | | | | | | | | |
| Т 35 | 396181.XXXX | XXXX | XXXX | XXXX(2) | Сменные призмы; 391267.XXXX(2) | Сверло | | | | | | | |
| Т 36 | спиральное | Р6М5; 391267.XXXX | Сверло коническое | Р6М5; XXXXX.XXXX | Метчик | К1/8" Р6М5; | | | | | | | |
| Т 37 | 393111(2) | Калибр-пробка; 393111 | Калибр | резьбовой. | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | |
| А 39 | XX XX XX | 030 | 4272 | Фрезерная | ИЮТ ИЗ7.101.XXXX-XX | | | | | | | | |
| Б 40 | 381631 | XXXX | 6T13Ф2 | Верт.-фрезерный | 2 | 18632 322 IP 1 | 1 | 1 | 100 | 116 | 4,60 | | |
| 0 41 | Фрезеровать три паза R18,5 ^{+0,14} ; фрезеровать 3 паза R19 ^{+0,14} , выдерживая угол 120°. | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | |

Лист 2

Продолжение таблицы А.1

| Лист 3 | | Обозначение документа | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|--|------|--|------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|-----|------|-----|
| | | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОМД | ЕН | ОП | Клп | Тпоз | Тшт |
| Т.42 | | 396181 | XXXX | припасование самоцентр.; XXXXXX.XX патрон цанговыи; 391822.XXXX(2) Фреза | | | | | | | | | | | | | |
| Т.43 | | концевая Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-И-100-0,05; 393120.XXXX Калибр. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А.45 | | XX XX XX 035 4280 Протяжная ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б.46 | | 381631 XXXX МП7А523 Верт. протяжной | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.47 | | Протянуть 3 пазы R6 ^{+0,03} на глдины 8,4 ^{+0,03} , протянуть паз шириной 8 ^{+0,03} на глдины 4 ^{+0,2} . | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.48 | | 396181.XXXX приспособление спец. с плавящей головкой; XXXXXX.XX патрон; 391822.XXXX(2) Протяжка; | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.49 | | 393111.XXXX ШЦ-И-100-0,05; 393120.XXXX(2) Калибр-продка. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А.51 | | XX XX XX 040 Термическая (цементировать) ИОТ ИЗ7.101.70715-07. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А.53 | | XX XX XX 045 Шлифовальная черновая ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00. | | | | | | | | | | | | | | | |
| А.54 | | 38131X XXXX ЗМ227ВФ2 Внутршлифов. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б.55 | | Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 14,9,97^{+0,003}$; $8,03 \pm 0,18$; $\phi 99,97^{+0,004}$. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.56 | | 39611X.XXXX Патрон лободковы; 3; XXXXXX.XXXX Упор откидной; | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.57 | | 398110.XXXX Головка шлифовальная 100x30x60 14AF24K5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007; | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.58 | | 393120.XXXX(2) скода индикаторная; 393410.XXXX Микрометр. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А.60 | | XX XX XX 050 Шлифовальная черновая ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б.61 | | 38131X XXXX ЗМ227ВФ2 Внутршлифов. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.62 | | Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 129,97^{+0,003}$; $8,03 \pm 0,18$. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.63 | | 39611X.XXXX Патрон лободковы; XXXXXX.XXXX Упор откидной; | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.64 | | 398110.XXXX Головка шлифовальная 100x30x60 14AF24K5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007; | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| A | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | СМ | проф. | Р | УТ | КР | Обозначение документа | | | Тип |
|------|---|----|----|------|----------------------------|----|-------|---|----|----|-----------------------|----|----|-----|
| | | | | | | | | | | | КОИД | ЕН | ОП | |
| B | Код, наименование оборудования | | | | | | | | | | | | | |
| T 69 | 393120.XXXX(2) шкафа индикаторная; 393410.XXXX Микрометр. | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | |
| A 71 | XX XX XX 055 Шлифовальная черновая ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00. | | | | | | | | | | | | | |
| B 72 | 38131X XXXX ЗМ227ВФ2 Внутришлифов. 2 18873 322 1P 1 1 1 100 1 10 5,06 | | | | | | | | | | | | | |
| O 73 | Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 14,9,99^{+0,010}$; $8,01 \pm 0,18$; $\phi 99,99^{+0,025}$. | | | | | | | | | | | | | |
| T 74 | 39611X.XXXX Патрон поводковы; 3: XXXXXX.XXXX Упор откидной. | | | | | | | | | | | | | |
| T 75 | 398110.XXXX Головка шлифовальная 100x30x60 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.; | | | | | | | | | | | | | |
| T 76 | 393120.XXXX(2) шкафа индикаторная; 393410.XXXX Микрометр. | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | | | | | | | | | | | | |
| A 78 | XX XX XX 060 Шлифовальная черновая ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00. | | | | | | | | | | | | | |
| B 79 | 38131X XXXX ЗМ227ВФ2 Внутришлифов. 2 18873 322 1P 1 1 1 100 1 10 0,88 | | | | | | | | | | | | | |
| O 80 | Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 129,99^{+0,010}$; $8,49 \pm 0,18$. | | | | | | | | | | | | | |
| T 81 | 39611X.XXXX Патрон поводковы; XXXXXX.XXXX Упор откидной. | | | | | | | | | | | | | |
| T 82 | 398110.XXXX Головка шлифовальная 100x30x60 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.; | | | | | | | | | | | | | |
| T 83 | 393120.XXXX(2) шкафа индикаторная; 393410.XXXX Микрометр. | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | | | | | | | | | | | | | | |
| A 85 | XX XX XX 065 Полировальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00. | | | | | | | | | | | | | |
| B 86 | 38131X XXXX 38852 Полировально-шлифов. 2 18873 322 1P 1 1 1 100 1 10 21,1 | | | | | | | | | | | | | |
| O 87 | Полировать поверхность, выдерживая размеры $\phi 150^{+0,025}$; $8 \pm 0,18$; $\phi 100^{+0,022}$. | | | | | | | | | | | | | |
| A 88 | 39611X.XXXX Патрон поводковы; 3: XXXXXX.XXXX Упор откидной. | | | | | | | | | | | | | |
| B 89 | 398110.XXXX Головка полировальная лепестковая 120x30x60 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.; | | | | | | | | | | | | | |
| O 90 | 393120.XXXX Профилометр; 393410.XXXX Микрометр. | | | | | | | | | | | | | |
| T 91 | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | |

Лист 4

