



## АННОТАЦИЯ

Белинский Сергей Юрьевич: Разработка технологического процесса изготовления червяка коробки подач радиально-сверлильного станка: Бакалаврская работа.

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления червяка коробки подач радиально-сверлильного станка. В ходе выполнения нами был спроектирован качественный технологический процесс изготовления детали, разработано специализированное приспособление для шпоночно-фрезерной операции, разработан монолитный твердосплавный режущий инструмент на шпоночно-фрезерную операцию. Также спроектированы технологические наладки.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	5
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	8
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	31
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	34
5 ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	45
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ПРИЛОЖЕНИЯ	58

## ВВЕДЕНИЕ

Роль машиностроения в развитии и укреплении экономической мощи нашей страны, в повышении обороноспособности государства исключительно велика.

Наша промышленность, непрерывно развиваясь на базу высшей техники, все в большей степени удовлетворяет растущие материальные, культурные и технологические потребности общества. Страна, опираясь на требования основного экономического закона развития, мобилизует творческие силы на развитие индустрии и сельского хозяйства, обеспечивает высокие темпы расширенного воспроизводства, преимущественный рост производства и средств производства, подъём машиностроения.

Машиностроительная промышленность за последние годы создала тысячи новых типов машин и оборудования. Широкая организация автоматических и поточных линий и автоматизированных цехов и заводов, управление процессами на расстоянии – всё это поднимает технический и производственный уровень нашей промышленности на более высокую ступень.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка коробки подач радиально-сверлильного станка.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Служебное назначение детали.

Червячная передача является очень удобной для резкого понижения частоты вращения в станках. Деталь-червяк предназначена для передачи вращения с вала XI коробки подач радиально-сверлильного станка червячному колесу.

## 1.2 Классификация поверхностей детали.

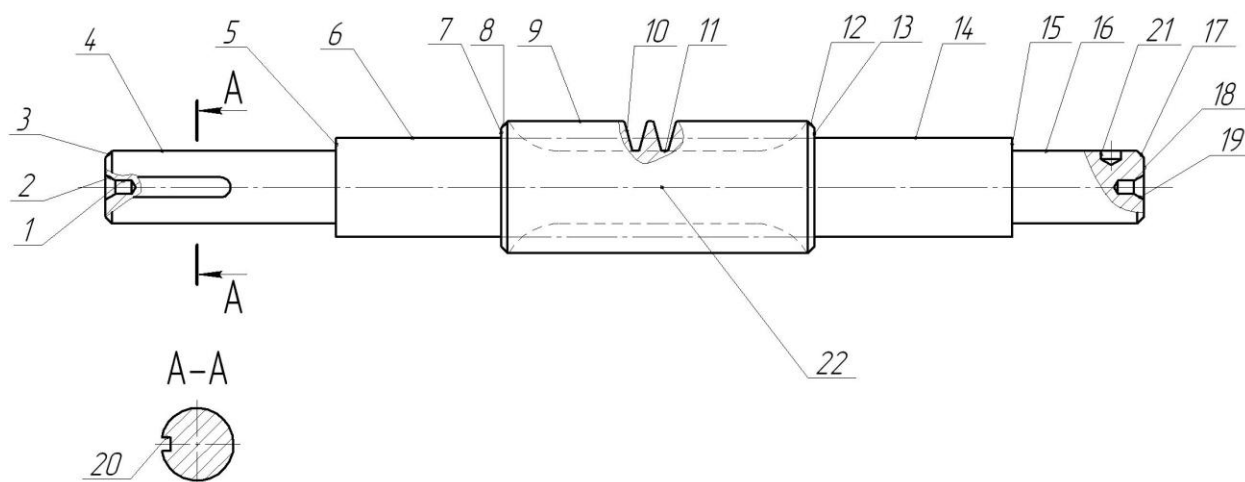


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей

В таблице 1.1 приведена классификация поверхностей детали по служебному назначению.

В нашем случае исполнительными поверхностями являются боковые поверхности витка модульной резьбы – поверхности 10, а также боковые поверхности шпоночного паза 20.

Основными конструкторскими базами являются цилиндрические поверхности для установки в подшипники 6 и 14, а также торец 7.

Вспомогательными конструкторскими базами будут являться поверхности 4, 5, 13, 15, 16.

Все оставшиеся поверхности будут являться свободными.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

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

В состав стали 38ХНЗМФА ГОСТ 4543-71 входят: углерод (С) в содержании 0,33...0,4%; кремний (Si) содержанием 0,17...0,37%; марганец (Mn) содержанием 0,25...0,5%; никель (Ni) содержанием 3...3,5%; сера (S) содержанием до 0,025%; фосфор (P) содержанием до 0,025%; хром (Cr) содержанием 1,2...1,5%; молибден (Mo) содержанием 0,35...0,45%; ванадий (V) содержанием 0,10...0,18%; медь (Cu) содержанием до 0,3%; оставшийся материал – (Fe) железо.

Такой химический состав формирует следующие механические свойства материала после улучшения на заготовительной операции:  $\sigma_B = 981$  МПа; НВ 245...255 МПа.

Заготовку можно получить двумя рациональными методами – это штамповка и прокат. В этих случаях ее форма будет достаточно простая.

Условия работы детали диктуют требования к соответствующим её поверхностям. Снижение точности поверхностей приведет к снижению базирования детали в узле, что скажется на работоспособности механизма в сборе.

Конструкция детали даёт возможность свободно осуществлять обработку механическим способом и выполнять контроль размеров поверхностей. Это позволяет применять в техпроцессе универсальный режущий и мерительный инструмент. В редких случаях возможно применение специализированных инструментов.

Таким образом, сталь 38ХНЗМФА является пригодной для изготовления заготовки.

#### 1.4 Формулировка задач работы.

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

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1 Определение типа производства.

Для формулировки стратегии разработки техпроцесса нам нужно определить тип производства, в котором будет изготавливаться деталь, который при неизвестных других параметрах можно определить исходя из годовой программы выпуска и массы готовой детали.

В нашем случае при  $m = 5,0$  кг и  $N_T = 5\ 000$  шт/год выберем тип производства - среднесерийный. [1]

### 2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

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



### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод заготовительного производства выбирается технико-экономическим расчетом возможных вариантов получения заготовки. В нашем случае это прокат и штамповка.

Первый вариант. Заготовку получаем методом штамповки.

Группа стали – М1; точность штамповки – 1 класс; степень сложности – С2.

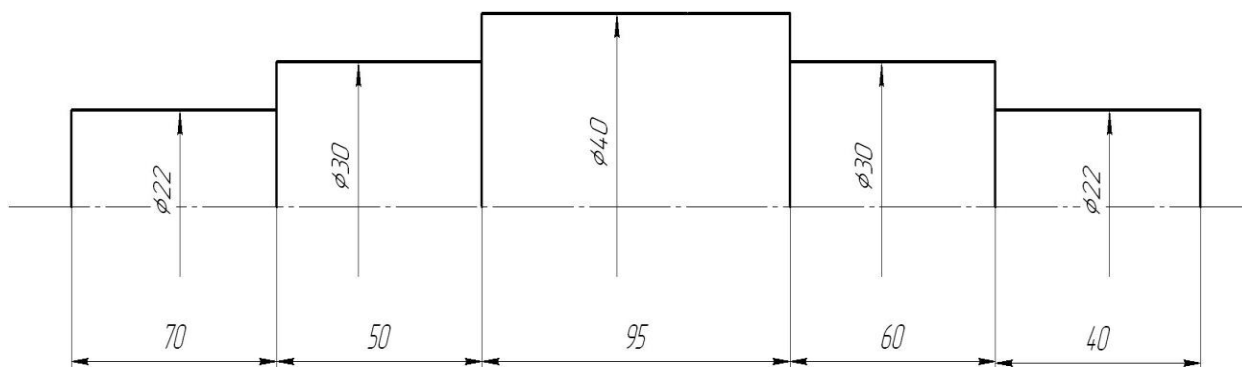


Рис. 2.1. Рисунок штамповки

$$D_{40} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм}; \quad L_{70} = 3 \text{ мм}; \quad L_{95} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм};$$

$$D_{22} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм}; \quad L_{40} = 2,9 \text{ мм}; \quad L_{60} = 3 \text{ мм};$$

$$D_{30} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм}; \quad L_{50} = 3 \text{ мм}.$$

Из [3] выберем допускаемые отклонения на полученные параметры заготовки.

$$D_{22} = 28_{-0,9}^{+1,7}; \quad L_{40} = 42,9_{-0,9}^{+1,7}; \quad L_{60} = 63_{-1,0}^{+1,9};$$

$$D_{40} = 46_{-0,9}^{+1,7}; \quad L_{70} = 73_{-1,0}^{+1,9}; \quad L_{95} = 101_{-1,0}^{+1,9};$$

$$D_{30} = 36_{-0,9}^{+1,7}; \quad L_{50} = 53_{-0,9}^{+1,9}.$$

Определим объём заготовки

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{3,14 \cdot 29,7^2 \cdot 77,1}{4000} + \frac{3,14 \cdot 37,7^2 \cdot 55,1}{4000} + \frac{3,14 \cdot 47,7^2 \cdot 104,1}{4000} + \frac{3,14 \cdot 37,7^2 \cdot 104,1}{4000} + \frac{3,14 \cdot 29,7 \cdot 44,8}{4000} = 402,3 \text{ см}^3$$

Определим массу заготовки

$$G_3 = \gamma \cdot V_3 = 0,00785 \cdot 402,3 = 3,15 \text{ кг.}$$

Назначим потери при штамповке на уровне 10%, поэтому скорректируем расход материала.

$$G_{3.п.} = G_3 \cdot \frac{100\% + П_{ш}}{100\%} = 3,15 \cdot \frac{110\%}{100\%} = 3,46 \text{ кг.}$$

$$КИМ = \frac{G_d}{G_{3.п.}} = \frac{1,9}{3,46} = 0,54.$$

Таким образом, стоимость штамповки

$$C_{3.ш.} = (C_M \cdot G_{3.п.}) - (C_{3.п.} - G_d) \cdot \frac{C_{омх}}{1000} = (0,232 \cdot 3,46) - (3,46 - 1,9) \frac{33,9}{1000} = 0,75 \text{ руб.}$$

Второй вариант. Заготовку получаем методом штамповки проката.

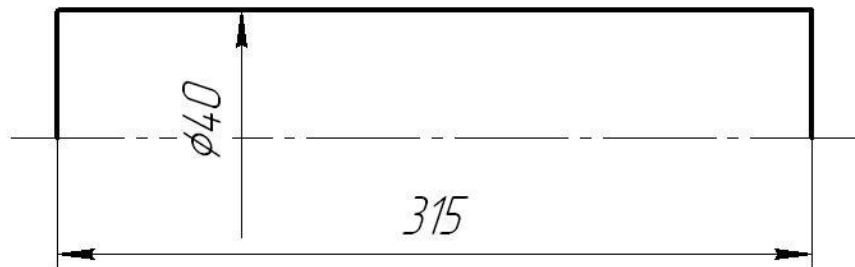


Рис. 2.2. Рисунок заготовки, получаемой прокатом

$$L_{315} = 6,8 \text{ мм}; \quad L_{315} = 321,8^{+3,0}_{-1,5}$$

$$D_{40} = 5,8 \text{ мм}; \quad D_{40} = 45,8^{+1,9}_{-1,0}$$

Определим объём заготовки

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 47,7^2 \cdot 324,8}{4000} = 580 \text{ см}^3.$$

Определим массу заготовки

$$G_3 = \gamma \cdot V_3 = 0,00785 \cdot 580 = 4,55 \text{ кг.}$$

Назначим потери при штамповке на уровне 15%, поэтому скорректируем расход материала.

$$G_{3.п.} = G_3 \cdot \frac{100\% + П_{п}}{100\%} = 4,55 \cdot \frac{100\% + 15\%}{100\%} = 5,2 \text{ кг.}$$

$$КИМ = \frac{1,9}{5,2} = 0,36.$$

Таким образом, стоимость проката

$$C_{з.п.} = C_m \cdot G_{з.п.} - (G_{з.п.} - G_d) \cdot \frac{C_{отх}}{1000} = 0,133 \cdot 5,2 - (5,2 - 1,9) \cdot \frac{33,9}{1000} = 0,58$$

руб.

Стоимость штампованной заготовки экономически выгоднее, чем прокат, поэтому принимаем в качестве заготовительной операции штамповку.

#### 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Для изготовления поверхности 1 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: центровально-подрезная обработка. [4]

Для изготовления поверхности 2 (Ra 20, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Для изготовления поверхности 3 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 4 (Ra 0,63, IT 6) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная черновая и шлифовальная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 5 (Ra 1,6, IT 9) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 6 (Ra 0,63, IT 6) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная черновая и шлифовальная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 7 (Ra 1,6, IT 9) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 8 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 9 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 10 (Ra 0,63, IT 8) необходим следующий перечень механической обработки: резьбофрезерная черновая, резьбофрезерная чистовая и резьбошлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 11 (Ra 3,2, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: резьбофрезерная черновая, резьбофрезерная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 12 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 13 (Ra 1,6, IT 9) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 14 (Ra 0,63, IT 6) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная черновая и шлифовальная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 15 (Ra 1,6, IT 9) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная обработка.

Для изготовления поверхности 16 (Ra 0,63, IT 6) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая, шлифовальная черновая и шлифовальная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 17 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая, токарная чистовая обработка.

Для изготовления поверхности 18 (Ra 20, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: центральное-подрезная обработка.

Для изготовления поверхности 19 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: центральное-подрезная обработка.

Для изготовления поверхности 20 (Ra 3,2, IT 11) необходим следующий перечень механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для изготовления поверхности 21 (Ra 6,3, IT 14) необходим следующий перечень механической обработки: центральное-подрезная обработка.

## 2.5 Определение припусков.

Выполним расчет припусков для поверхности  $D=30k6\left(\begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{smallmatrix}\right)$ , длиной  $L=30$  мм с шероховатостью  $Ra=0,63$  аналитическим способом. [5]

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

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [5]$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400 .$$

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

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,15 = 0,0375 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,15 = 0,0375 .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025 .$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,4^2 + 0,025^2} = 0,801 .$$

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{00}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292 .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,039 + \sqrt{0,0038^2 + 0} = 0,077 .$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \sqrt{d_{i-1} + Td_i}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \sqrt{d_0 + Td_1} = 0,801 + 0,5 \sqrt{6 + 0,25} = 1,714$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \sqrt{d_1 + Td_2} = 0,263 + 0,5 \sqrt{0,200 + 0,100} = 0,413$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \sqrt{d_2 + Td_3} = 0,292 + 0,5 \sqrt{0,15 + 0,025} = 0,379$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \sqrt{d_3 + Td_4} = 0,077 + 0,5 \sqrt{0,025 + 0,013} = 0,099$$

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

$$d_{4\min} = 30,002$$

$$d_{4\max} = 30,015$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 30,015 + 2 \cdot 0,077 = 30,169$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 30,169 + 0,013 = 30,182$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 30,182 + 2 \cdot 0,292 = 30,766$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 30,766 + 0,150 = 30,916$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 30,916 \cdot 0,999 = 30,885$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 30,885 + 0,150 = 31,035$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 31,035 + 2 \cdot 0,263 = 31,561$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31,561 + 0,250 = 31,811$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 31,811 + 2 \cdot 0,801 = 33,413$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 33,413 + 1,600 = 35,013$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5 \sqrt{d_{i\max} + d_{i\min}}$$

$$d_{cp0} = 0,5 \sqrt{d_{0\max} + d_{0\min}} = 0,5 \sqrt{35,013 + 33,413} = 34,213$$

$$d_{cp1} = 0,5 \sqrt{d_{1\max} + d_{1\min}} = 0,5 \sqrt{31,811 + 31,561} = 31,686$$

$$d_{cp2} = 0,5 \sqrt{d_{2\max} + d_{2\min}} = 0,5 \sqrt{31,035 + 30,885} = 31,46$$

$$d_{cp3} = 0,5 \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} = 0,5 \sqrt{30,182 + 30,169} = 30,176$$

$$d_{cp4} = 0,5 \sqrt{d_{4max} + d_{4min}} \approx 0,5 \sqrt{30,015 + 30,002} \approx 30,009 .$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max} .$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \sqrt{2Z_{min} + 2Z_{max}} .$$

$$2Z_{min} = 33,413 - 30,015 = 3,398 .$$

$$2Z_{max} = 3,398 + 1,6 + 0,013 = 5,011 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \sqrt{3,398 + 5,011} \approx 4,205 .$$

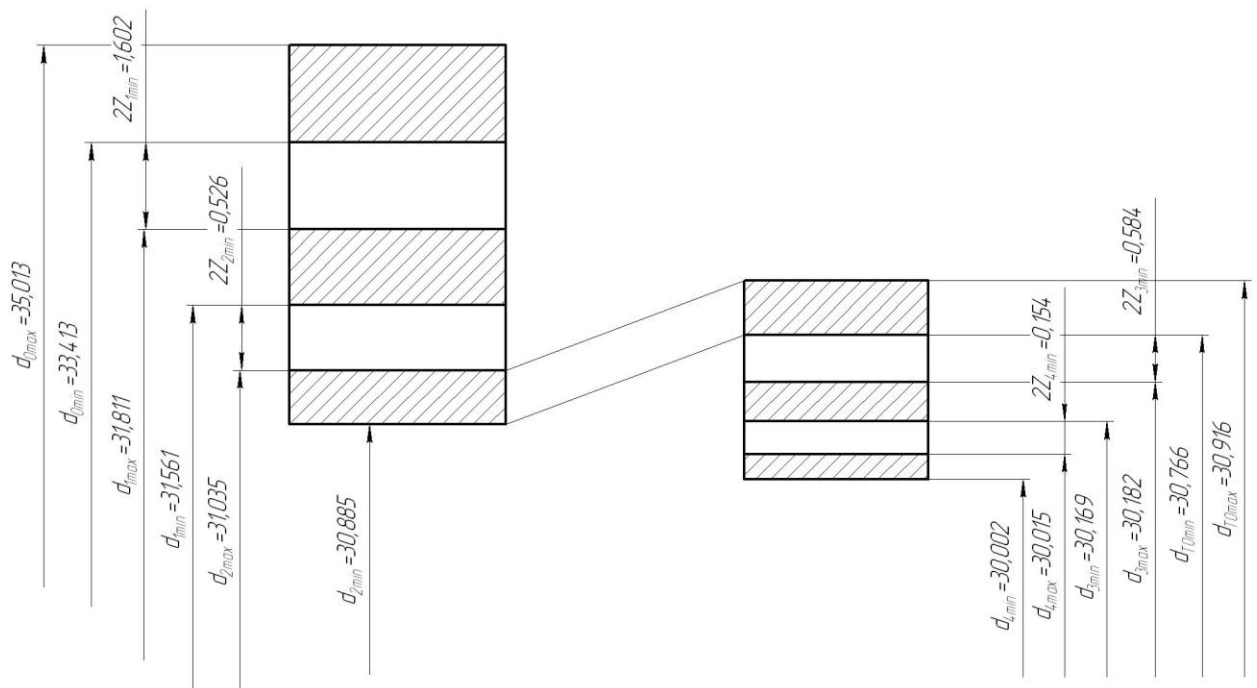


Рис. 2.3. Схема припусков и полей допусков на поверхность  $\text{Ø}30k6 \begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{smallmatrix}$ .

## 2.6 Проектирование заготовки.

Для проектирования заготовки воспользуемся ГОСТ 7505 – 89. [6]

При проектировании заготовки будем учитывать следующее: из [6] примем необходимые припуски; заготовка должна иметь черновые базы для базирования её на операции, следующей за заготовительной; из [6] примем технические требования, которые будут определять точность изготовления заготовки.

Из [6] принимаем группу стали – М1; точность штамповки – 1 класс; степень сложности – С2.

## 2.7 Выбор средств технологического оснащения.

Для центровально-подрезной операции 005 в качестве технологического оборудования примем центровально-подрезной станок 2А911-1, который предназначен для обработки центровых отверстий в деталях типа «вал» в металлообрабатывающей промышленности в условиях массового и серийного производства. [8]

Для токарных черновых и чистовых операций 010, 015, 025 и 030 выберем токарный станок с числовым программным управлением 16Б16Т1С1. Этот станок предназначен для торной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания резьб в полуавтоматическом цикле.

Для фрезерования шпоночного паза на операции 035 в качестве технологического оборудования примем шпоночно-фрезерный станок модели 692Д, который предназначен для фрезерной обработки шпоночных пазов в деталях из сталей, чугунов и цветных металлов в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства.

Для сверления отверстия на операции 040 в качестве технологического оборудования примем вертикально-сверлильный станок с числовым программным управлением 2Р135Ф2-1, который предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий, нарезания внутренней резьбы в деталях из чугуна, сталей и цветных металлов, используемый в серийных производствах. Станок снабжен крестовым столом и револьверной головкой.

Для обработки модельной резьбы детали на операциях 045 и 050 в качестве технологического оборудования примем резьбофрезерный станок модели КУ-240, который предназначен для фрезерования одно- и многозаходных резьб дисковой фрезой. На нем также возможно нарезание



шлицевых валов червячными фрезами и наружных и внутренних резьб гребенчатыми фрезами.

Для обработки центровых отверстий после термообработки в качестве технологического оборудования примем центрошлифовальный станок ZSM 5100.

Для обработки цилиндрических шеек детали на операциях 065, 070, 075 и 080 в качестве технологического оборудования примем круглошлифовальный станок с числовым программным управлением модели 3M153Ф2, который предназначен для шлифования конических и цилиндрических поверхностей в условиях массового и серийного производства.

Для финишной обработки модельной резьбы детали на операции 085 в качестве технологического оборудования примем высокоточный резьбошлифовальный станок модели 5887В, который предназначен для шлифования архимедовых, конволютных и эвольвентных червяков однониточным шлифовальным кругом.

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

## 2.8 Определение режимов обработки.

Определим режимы обработки на операцию 005.

Переход 1.

$$L = L_p + L_{II} + L_d, [9]$$

$$L_{II} = L_{\text{ПОДВ}} + L_{\text{ВРЕЗ}} + L_{\text{ПЕР}}.$$

$$L_I = 4 + 3 + 4 = 11 \text{ мм.}$$

$$L = \frac{28}{2} + 11 + 0 = 25 \text{ мм.}$$

Стойкость

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

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120, \text{ мин. [9]}$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120, \text{ мин.}$$

### Подача

$$S_0 = S_{0.ТАБЛ} \cdot K \cdot K_1,$$

### Глубина резания

$$t = 2,5, \text{ мм.}$$

$$S_{0табл} = 0,35; K = 0,6. [9]$$

$$\frac{t_{ФАКТ}}{t_{ТАБЛ}} = \frac{3}{2,5} = 1,2. \text{ Принимаем } K_1 = 1.$$

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,21, \text{ мм/об.}$$

### Скорость резания

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

$$V_{ТАБЛ} = 205; K_1 = 0,8; K_2 = 1,0; K_3 = 0,8. [9]$$

$$V = 205 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 = 131,2 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ МИН}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 131,2}{3,14 \cdot 40} = 1044, \text{ МИН}^{-1}.$$

Принимаем  $n = 1000 \text{ МИН}^{-1}$ .

### Уточним скорость резания

$$v_{ФАКТ} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1000}{1000} = 125,6, \text{ м/мин.}$$

### Минутная подача

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,21 \cdot 1000 = 210 \text{ мм/мин.}$$

### Основное время

$$T_0 = \frac{L}{S_0 \cdot n}.$$

$$T_0 = \frac{25}{0,21 \cdot 1000} = 0,12, \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$L = L_P + L_{II} + L_D. [9]$$

$$L_{II} = 2; L_D = 0.$$

$$L = 10 + 2 + 0 = 12, \text{ мм.}$$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda.$$

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120, \text{ мин. [9]}$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120, \text{ мин.}$$

$$S_0 = 0,2. [9]$$

Скорость резания

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

$$V_{ТАБЛ} = 15; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95. [9]$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 10} = 1114, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n = 1000, \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1000}{1000} = 31,4 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{12}{200} = 0,06 \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 010.

Подача

$$S_0 = S_{0,ТАБЛ} \cdot K \cdot K_1.$$

Глубина резания

$$t = 2,5, \text{ мм.}$$

$$S_{0табл} = 0,35 \cdot [9]$$

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 0,16, \text{ мм/об.}$$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda.$$

$$T_M = 30; \lambda = 1. [9]$$

Скорость резания

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

$$V_{ТАБЛ} = 205; K_1 = 0,8; K_2 = 1,0; K_3 = 0,8. [9]$$

$$V = 205 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 = 131,2 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ МИН}^{-1}.$$

$$V = 205 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,15 = 188,6 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ МИН}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 188,6}{3,14 \cdot 40,6} = 1479, \text{ МИН}^{-1}.$$

Принимаем  $n = 1600 \text{ МИН}^{-1}$ .

Уточним скорость резания.

$$v_{ФАКТ} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,6 \cdot 1600}{1000} = 204, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_0 \cdot n},$$

$$L_{PX} = 201, \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{201}{0,16 \cdot 1600} = 0,785, \text{ МИН.}$$

Определим режимы обработки на операцию 015.

Подача

$$S_0 = S_{0,ТАБЛ} \cdot K \cdot K_1,$$

Глубина резания

$$t = 2,5 \text{ мм.}$$

$$S_{0табл} = 0,35; K = 0,6; K_1 = 0,75. [9]$$

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 0,16, \text{ мм/об.}$$

Стойкость

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

$$T_M = 30; \lambda = 1. [9]$$

Скорость резания

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

$$V_{ТАБЛ} = 205; K_1 = 0,8; K_2 = 1,0; K_3 = 1,15. [9]$$

$$V = 205 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,15 = 188,6 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 188,6}{3,14 \cdot 30,9} = 1943, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ .

Скорость резания.

$$v_{ФАКТ} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,9 \cdot 2000}{1000} = 194, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_0 \cdot n},$$

$$L_{PX} = 120 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{120}{0,16 \cdot 2000} = 0,375, \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 025.

Глубина резания

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{30,94-30,38}{2} = 0,28, \text{ мм.}$$

Подача

$$S = 0,33, \text{ мм/об.} \quad [9]$$

Скорость резания.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \cdot \quad [9]$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{\varepsilon V} \cdot K_{nV};$$

$$T = 50; C_v = 350; x = 0,15; y = 0,3; m = 5. \quad [9]$$

$$K_{MV} = \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \cdot K_r \cdot$$

$$K_r = 0,8; n = 1,0. \quad [9]$$

$$K_{MV} = \left( \frac{750}{710} \right)^1 \cdot 0,8 = 0,85.$$

$$K_{nV} = 0,8; K_{\varepsilon V} = 0,65. \quad [9]$$

$$K_v = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,44.$$

$$v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,28^{0,15} \cdot 0,33^{0,35}} \cdot 0,44 = 126, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 126}{3,14 \cdot 30,94} = 1260, \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним частоту по паспорту станка

$$n_{\phi} = 1250, \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,94 \cdot 1250}{1000} = 121, \text{ м/мин.}$$

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad [9]$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15. \quad [9]$$

$$K_P = K_{PM} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, [9]$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_{\dot{a}}}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{710}{750} \right)^{0,75} = 0,96. \quad [2]$$

$$K_P = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,96 = 0,8.$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,28^1 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 121^{-0,15} \cdot 0,8 = 145, \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N = \frac{P_Z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.}$$

$$N = \frac{145 \cdot 121}{1020 \cdot 60} = 0,28, \text{ кВт.}$$

$$N_{рез} \leq N_{дв} \cdot \eta.$$

$$0,28 < 18,5 \cdot 0,8.$$

$$0,28 < 14,8.$$

Таким образом, обработка возможна.

Основное время

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ мин.}$$

$$L = l + y, \text{ мм.}$$

$$L = 100 + 3 = 103, \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{103 \cdot 1}{1250 \cdot 0,33} = 1,75, \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 035.

Диаметр фрезы  $D = B = 6, \text{ мм.}$

$$y = 0,1, \text{ мм. [9]}$$

Стойкость

$$T = 120 \text{ мин. [9]}$$

Подача

$$S_Z = 0,07. [9]$$

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3},$$

$$K_{S1} = 0,85; K_{S2} = 0,57; K_{S3} = 0,25 . [9]$$

$$S_Z = 0,07 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 0,25 = 0,008 .$$

Скорость резания

$$V_P = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} . [9]$$

$$V_T = 48; K_{V1} = 0,8; K_{V2} = 3,4; K_{V3} = 1,0; K_{V4} = 0,57; K_{V6} = 1,12 . [9]$$

$$V_P = 48 \cdot 0,8 \cdot 3,4 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 100 , \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 6} = 5307 , \text{ мин}^{-1} .$$

Принимаем

$$n_{\phi} = 4000 , \text{ мин}^{-1} .$$

Уточним скорость резания

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{наст}}}{1000} .$$

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 4000}{1000} = 75,4 , \text{ м/мин.}$$

Мощность резания

$$N = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \cdot K_{N5} \cdot K_{N6} \cdot K_{N7} . [9]$$

$$t = 1,5; N_T = 1,8; K_{N1} = 1,0; K_{N2} = 1,1; K_{N3} = 0,8; K_{N4} = 1,0; K_{N5} = 0,3; K_{N6} = 1,0;$$

$$K_{N7} = 1,0 . [9]$$

$$N = 1,8 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 0,52 , \text{ кВт.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{1,ПХ} + L_{1,П} + L_{2,ПХ} + L_{2,П} + L_{3,ПХ} + L_{3,П}}{S_{\text{МИН}}}$$

$$L_{1,ПХ} = L_{2,ПХ} = L_{3,ПХ} = 35 , \text{ мм.}$$

$$L_{1,П} = L_{2,П} = L_{3,П} = 1 , \text{ мм.}$$

Минутная подача (мм/мин).

$$S_{\text{МИН}} = S_Z \cdot Z \cdot n .$$

$$S_{\text{МИН}} = 0,008 \cdot 4 \cdot 4000 = 128 , \text{ мм/мин.}$$

Основное время



$$T_0 = \frac{35 + 1 + 35 + 1 + 35 + 1}{128} = 0,84 \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 040.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [9]$$

$$L_{II} = 2; L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 4,25 + 2 + 0 = 6,25 \text{ мм.}$$

Стойкость

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

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120 \text{ мин. [9]}$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120 \text{ мин.}$$

$$S_0 = 0,2, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

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

$$V_{TAB} = 15; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95. [9]$$

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6} = 568 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем

$$n_\phi = 500, \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,42 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача (мм/мин).

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 045.

Ширина фрезерования  $B = 16$  мм.

Диаметр фрезы  $D = 125$  мм.

Число зубьев фрезы  $z = 24$ .

Глубина резания  $t = 7,3$  мм.

Подача  $S_z = 0,07$  мм/зуб.

Минутная подача

$$S = S_z \cdot z = 1,68 \text{ мм/мин.}$$

Табличная скорость резания

$$V_T = 20 \text{ м/мин.}$$

Табличная мощность резания

$$N_T = 4,31 \text{ кВт.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 125} = 50,96, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем

$$n_\phi = 50, \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 50}{1000} = 19,625, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \sum \frac{L_i}{S_i}$$

$$T_0 = \frac{201}{1,68} + \frac{201}{1,68} + \frac{201}{1,68} = 35,7, \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 050.

Ширина фрезерования  $B = 16$  мм.

Диаметр фрезы  $D = 125$  мм.

Число зубьев фрезы  $z = 24$ .

Глубина резания  $t = 1,5$  мм.

Подача  $S_z = 0,07$  мм/зуб.

Минутная подача

$$S = S_z \cdot z = 1,68 \text{ мм/мин.}$$

Табличная скорость резания

$$V_T = 20 \text{ м/мин.}$$

Табличная мощность резания

$$N_T = 4,31 \text{ кВт.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 125} = 50,96, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем

$$n_\phi = 50, \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 50}{1000} = 19,625, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \sum \frac{L_i}{S_i}.$$

$$T_0 = \frac{201}{1,68} + \frac{201}{1,68} + \frac{201}{1,68} = 35,7, \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки на операцию 065.

Для шлифования стали 38ХНЗМФА при данном параметре шероховатости выбираем шлифовальный круг 1 600x16x305 25А F25 k6 V с керамической связкой.

Остальные данные занесем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Режимы обработки на операции 065

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Частота вращения детали $n_{дет}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Скорость резания $V$ (м/с)	Поперечная подача $S_p$ (мм/мин)	Путь шлифования $L_p$ (мм)	Основное время $T_0$ (мин)
1112	370,3	35	1,00	0,2	6,87

Определим режимы обработки на операцию 070.

Для шлифования стали 38ХНЗМФА при данном параметре шероховатости выбираем шлифовальный круг 1 600x16x305 25А F25 k6 V с керамической связкой.

Остальные данные занесем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Режимы обработки на операции 070

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Частота вращения детали $n_{дет}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Скорость резания $V$ (м/с)	Поперечная подача $S_p$ (мм/мин)	Путь шлифования $L_p$ (мм)	Основное время $T_0$ (мин)
1112	370,3	35	1,00	0,2	6,87

Определим режимы обработки на операцию 075.

Для шлифования стали 38ХНЗМФА при данном параметре шероховатости выбираем шлифовальный круг 1 600x16x305 25А F25 k6 V с керамической связкой.

Остальные данные занесем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Режимы обработки на операции 075

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Частота вращения детали $n_{дет}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Скорость резания $V$ (м/с)	Поперечная подача $S_p$ (мм/мин)	Путь шлифования $L_p$ (мм)	Основное время $T_0$ (мин)
1112	371,6	35	1,00	0,2	6,82

Определим режимы обработки на операцию 080.

Для шлифования стали 38ХНЗМФА при данном параметре шероховатости выбираем шлифовальный круг 1 600x16x305 25А F25 k6 V с керамической связкой.

Остальные данные занесем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Режимы обработки на операции 080

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Частота вращения детали $n_{дет}$ ( $\text{мин}^{-1}$ )	Скорость резания $V$ (м/с)	Поперечная подача $S_p$ (мм/мин)	Путь шлифования $L_p$ (мм)	Основное время $T_0$ (мин)
1112	371,6	35	1,00	0,2	6,77

Определим режимы обработки на операцию 085.

Для стали 38ХНЗМФА примем следующие параметры шлифовального круга [9]:

При шероховатости  $R_a$  0,63...2,5 мкм и  $\delta=5...8$  квалитетам принимаем материал абразивного зерна - 24А. [9]

При шероховатости  $R_a$  0,8 мкм и  $\delta=5...6$  квалитетам принимаем зернистость круга - 25. [9]

При шероховатости Ra 0,8 мкм и  $\delta=5...6$  квалитетам принимаем твердость круга - C1. [9]

При шероховатости Ra 0,63...2,5 мкм принимаем керамическую связку у шлифовального круга. [9]

Для шлифования принимаем припуск - 0,06 мм. [9]

Остальные данные занесем в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Режимы обработки на операции 085

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$ (мин <sup>-1</sup> )	Частота вращения детали $n_{дет}$ (мин <sup>-1</sup> )	Скорость резания V (м/с)	Поперечная подача $S_p$ (мм/мин)	Путь шлифования $L_p$ (мм)	Основное время $T_0$ (мин)
450	35	50	0,3	0,11	5,10

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Такие концевые фрезы закрепляются в станочное приспособление с особой повышенной точностью, поэтому возникает надобность в разработке особого зажимного приспособления для закрепления фрезы.

На рис. 3.1 представлена конструкция патрона для точного зажима концевых фрез.

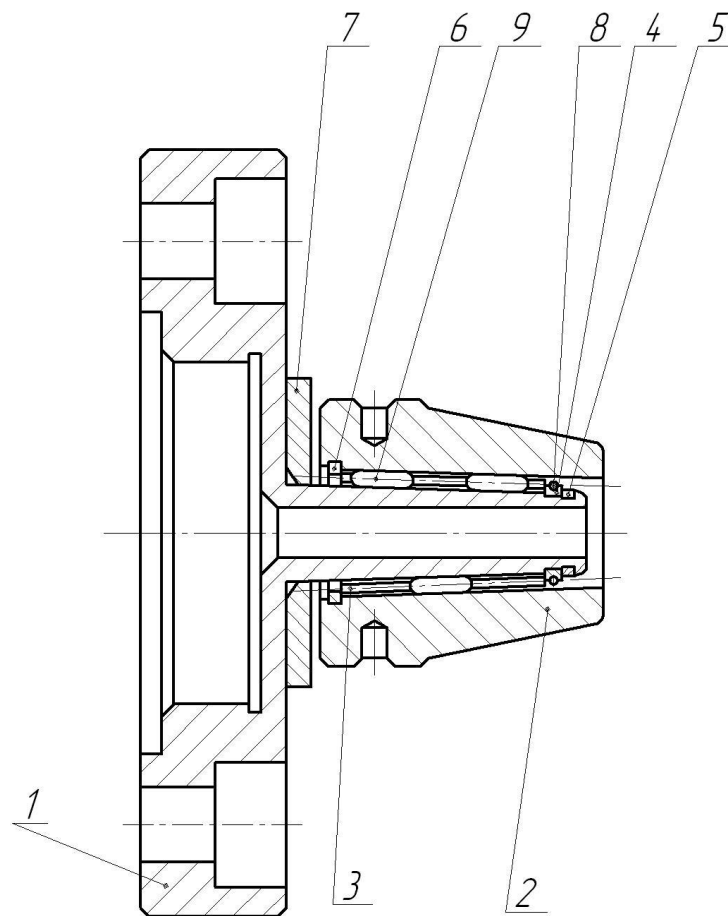


Рис. 3.1. Специальный патрон с роликами

Сущность работы приспособления: что втулка (поз. 2) имеет коническую внутреннюю поверхность. При помощи роликов (поз. 9) она накручивается на наружную коническую поверхность корпуса 1.

Ролики практически не имеют деформации, так как они изготавливаются из легированной закаленной стали. Ролики давят на коническую поверхность корпуса, в котором находится фреза с минимальным зазором. Отверстие для

инструмента выполняется на 50 мкм больше, чем хвостовик фрезы. Коническая шейка корпуса деформируется под давлением роликов, и на внутренней поверхности корпуса появляются микронеровности. Для необходимой фиксации инструмента достаточно таких микронеровностей.

Расчет патрона.

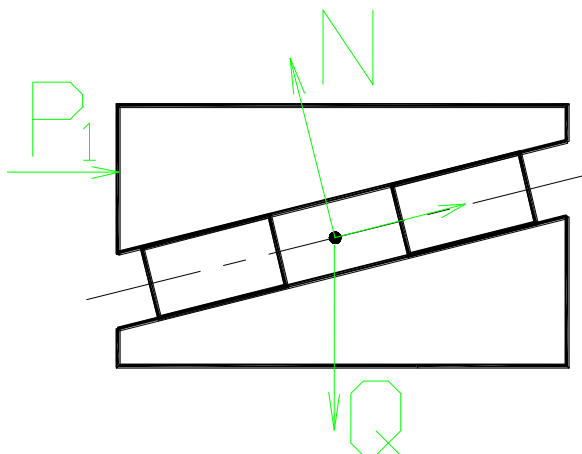


Рис. 3.2. Схема расчета

Определим суммарную силу резания (Н)

$$P = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 = 12032^2 + 1270^2 + 84^2 = 12970.$$

Определим силу, достаточную для закрепления инструмента (Н)

$$Q = \frac{P}{f} = \frac{12970}{0,1} = 129700 .$$

Определим силу трения

$$N_f = \frac{P_1 \cdot f}{\sin \alpha} . [10]$$

Для данного приспособления необходимо соблюдать условие самоторможения.

$$S = 0,1 \cdot 10 = 1, \text{ мм.}$$

Наибольшая толщина кольца

$$S_{\max} = 1 + 20 \cdot \text{tg} \alpha = 3,8, \text{ мм.}$$

Определим диаметральный натяг



$$\delta = 10^3 \cdot k \cdot d_{cp} \cdot O, \text{ мкм, [10]}$$

$$\text{где } k = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot e},$$

$$O = 2,24 \cdot 10^{-4}. \text{ [10]}$$

Тогда

$$\delta = 10^3 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 2,24 \cdot 10^{-4} = 40,3, \text{ мкм.}$$

Примем  $\delta = 0,035$ , мм, что меньше, чем по расчету.

Рассчитаем силу осевого перемещения (Н)

$$P = Q \cdot f = 129700 \cdot 0,003 = 390.$$

Данное перемещение происходит по винтовой линии с углом подъёма

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{3}{3,14 \cdot 12} = 0,079.$$

Рассчитаем окружное усилие (Н)

$$F = 390 \cdot 0,079 = 3,1.$$

#### 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На шпоночно-фрезерной операции фрезеруется шпоночный паз концевой фрезой. Базовый вариант операции предполагает использование в качестве режущего инструмента концевую фрезу, выполненную из быстрорежущей стали Р6М5. Для увеличения износостойкости фрезы нами предлагается выполнить её цельную из твёрдого сплава.

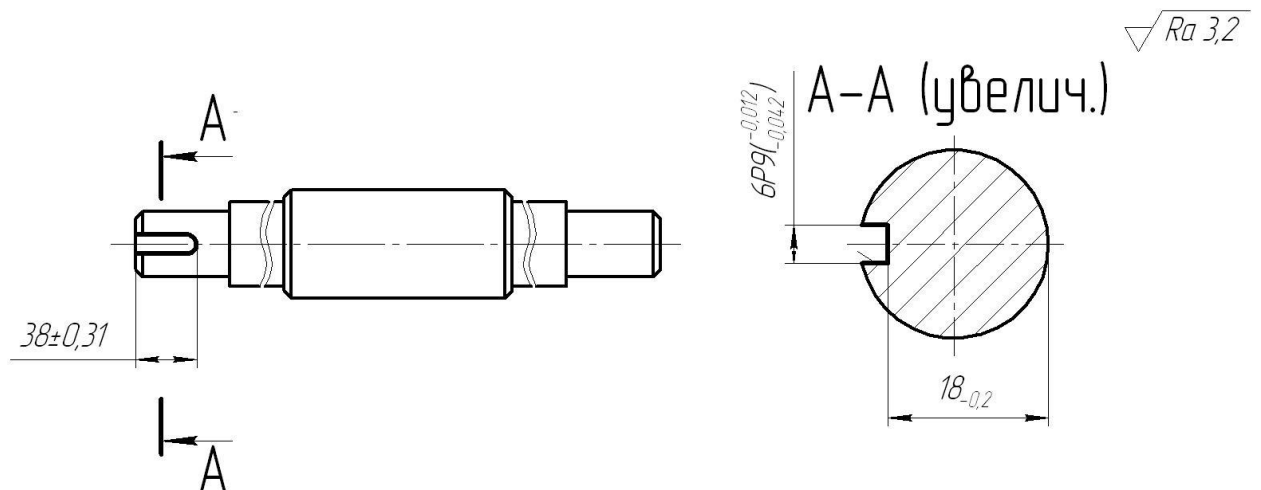


Рис. 4.1. Эскиз шпоночно-фрезерной операции

«Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 17025-71) изготавливаются диаметром 3...20 мм, длиной  $L = 36...70$  мм, длиной режущей части  $l = 8...45$  мм, количеством зубьев  $Z = 4...6$ , с углом наклона винтовых канавок  $\omega = 30...35^\circ$  – тип 1 (с нормальным зубом), тип 2 (с крупным зубом)  $d = 3...12$  мм, длиной 36...70 мм, длиной режущей части  $l = 8...25$  мм, с углом наклона винтовых канавок  $\omega = 35...45^\circ$ ». [12]

Тип фрезы принимаем 2.

Угол наклона стружечной канавки  $\omega = 45^\circ$ .

Принимаем общую длину фрезы  $L = 60$  мм.

Принимаем длину режущей части  $l = 20$  мм.

В качестве материала фрезы по [12] принимаем твёрдый сплав ВК6, угол наклона первого заднего угла  $\alpha_1 = 14^\circ$  и угол наклона второго заднего угла  $\alpha_2 = 20^\circ$ .

Фрезы диаметром меньше 12 мм изготавливают цельными, поэтому в качестве материала хвостовика применяем ВК6.

Принимаем ширину ленточки равную 0,5 мм. [13]

Определение наружного диаметра фрезы.

является важнейшим параметром ее конструкции.

Рассчитаем наружный диаметр фрезы

$$d_a = 0,4B^{0,2}t^{0,175}S_z^{0,14}Z^{0,2}l^{0,62}y^{-0,2},$$

где  $B = 6; t = 6,95; S_z = 0,002; l = 70; y = 0,2 \dots 0,4$ . [13]

$$d_a = 0,4 \cdot 6^{0,2} \cdot 6,95^{0,175} \cdot 0,002^{0,14} \cdot 4^{0,2} \cdot 70^{0,62} \cdot 0,2^{-0,2} = 5,96, \text{ мм.}$$

Примем  $d_a = 6$  мм.

У праворежущих фрез должно быть выбрано левое направление зубьев, поэтому у концевых фрез угол наклона зубьев должен быть обратным направлению резания.

Сталь 38ХНЗМФА ГОСТ 4373-71 является довольно прочной, и операция фрезерования ведется с высокой скоростью, поэтому в связи с затрудненными условиями резания принимаем

$$\gamma = 10^\circ.$$

Определим мощность резания

$$N = 10^{-5} \cdot c_N \cdot t^{0,86} \cdot n \cdot B \cdot S_z^{0,72} \cdot d_a^{0,14} \cdot z,$$

где  $c_N = 3,5$ . [13]

$$N = 10^{-5} \cdot 3,5 \cdot 6,95^{0,86} \cdot 4000 \cdot 6 \cdot 0,002^{0,72} \cdot 6^{0,14} \cdot 4 = 0,26, \text{ кВт.}$$

## 5 ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состояние улучшения детали достигается увеличением аустенита, закалкой и последующим отпуском стали, причем в зависимости от условий применения детали применяются только в закаленном, то есть не отпущенном, состоянии.

Рынок автомобильной промышленности, за который ведется ожесточенная борьба, вынуждает производителей автомобилей постоянно искать решения по снижению расхода топлива при сохранении максимального комфорта и защиты пассажиров. При этом, с одной стороны, решающую роль играет уменьшение массы всех компонентов автомобиля, однако, с другой стороны, максимально благоприятное поведение отдельных деталей при высоких статической и динамической нагрузках при эксплуатации, как и в случае аварии.

Эту необходимость поставщики полуфабрикатов пытаются учитывать за счет того, что, получая высоко- и максимально прочные стали, можно уменьшить толщину стенок с одновременно улучшенным поведением деталей при производстве и эксплуатации. Поэтому такие стали должны отвечать относительно высоким требованиям в отношении прочности, способности к растяжению, вязкости, поглощению энергии и коррозионной стойкости, а также своей обрабатываемости, например, при холодной деформации и сварке.

С учетом вышеназванных аспектов изготовление деталей из деформируемых в горячем состоянии и закаленных под прессом сталей приобретает все большее значение, поскольку они при меньших материальных затратах идеально отвечают возросшим требованиям к свойствам деталей.

Изготовление закаленных под прессом деталей посредством закалки полуфабрикатов из закаленных под прессом сталей путем горячей деформации в деформирующем инструменте известно из DE60119826 T2.

Здесь сутунка, предварительно нагретая выше температуры образования аустенита до 800-1200°C и снабженная металлическим покрытием из цинка или на основе цинка, деформируется в охлажденном в отдельных случаях инструменте путем горячей деформации в деталь, причем во время деформации за счёт быстрого отбора тепла сутунка или деталь приобретает в деформирующем инструменте закалку (закалку под прессом), достигая этим требуемых прочностных свойств. Металлическое покрытие действует здесь в качестве защиты от окисления или образования окалин.

Изготовление деталей посредством закалки полуфабрикатов из закаляемых под прессом сталей путем горячей деформации в деформирующем инструменте известно также из DE 69933751 T2. Здесь лист, снабженный металлическим покрытием из алюминиевого сплава, нагревается перед деформацией до температуры выше 700°C, причем на поверхности возникает интерметаллическое легированное соединение на основе железа, алюминия и кремния, после чего лист деформируется и охлаждается со скоростью выше критической скорости закалки. Металлическое покрытие и здесь действует в качестве защиты от окисления или образования окалин.

Нанесение защиты от окисления или образования окалин на деформируемый полуфабрикат перед нагревом до температуры деформации является предпочтительным при известной закалке под прессом потому, что покрытие может эффективно уменьшить или даже предотвратить образование окалин основного металла и чрезмерный износ инструментов.

Без такой защиты нагретые полуфабрикаты при контакте с кислородом атмосферы покрылись бы окалиной и подвергли бы инструменты сильному износу. Правда, промышленно используемые нагревательные печи эксплуатируются обычно с не окисляющей железо атмосферой, однако при передаче листа из печи в пресс в окружающей атмосфере происходит сильное образование окалин. Перед дальнейшей обработкой удалить окалину с деталей пришлось бы сложным образом посредством струйной обработки.

Действующее в качестве защиты от окисления или образования окалины металлическое покрытие наносится на горяче- или холоднокатаную полосу обычно в непрерывном процессе. В случае покрытий, нанесенных погружением в расплав, это может быть, например, горячее цинкование или горячее алюминирование. Известно также использование в качестве защиты от окисления вместо металлического покрытия неметаллического покрытия на лаковой основе. Кроме того, известно использование в качестве защиты от окисления осажденного электролитическим путем металлического слоя цинка и никеля.

Известными, деформируемыми в горячем состоянии улучшаемыми сталями для применения в автомобильной промышленности являются, например, известная марганцево-бористая сталь 22MnB5, а с недавних пор также закаливаемые на воздухе стали в соответствии с еще неопубликованной патентной заявкой заявителя.

Однако изготовление таких деталей путем закалки под прессом полуфабрикатов из известных материалов имеет несколько недостатков.

Если покрытие во избежание образования окалины в процессе нагрева до температуры деформации желательно, то заметно повышается стоимость производства таких сталей. Кроме того, расходуются ресурсы, а окружающая среда дополнительно загрязняется вследствие повышенного энергопотребления.

Поскольку деформация происходит выше температуры  $A_{c3}$ , как правило выше  $800^{\circ}\text{C}$ , к стабильности температуры защиты от образования окалины предъявляются к тому же крайне высокие требования. В случае защиты от образования окалины на основе цинка дополнительно возникает также опасность увеличения хрупкости под воздействием жидкого металла.

Недостатком является также обработка закаляемых под прессом сталей с покрытием в качестве защиты от образования окалины, поскольку приходится соблюдать определенное время закалки или пребывания в печи при нагреве до температуры деформации, вследствие чего ограничена гибкость входе

процесса у заказчика. К тому же повышается процент брака, поскольку, например, сутунку при обусловленном с боями увеличении пребывания в печи использовать больше нельзя. Также в случае полуфабрикатов, которые без деформации только за счет соответствующего температурного режима должны быть переведены в состояние закалки или улучшения, а затем обработаны в деталь, образования окалины на поверхности детали нередко трудно избежать перед дальнейшей обработкой, что также заметно повышает стоимость производства.

Из DE 3604789 C1 известны улучшаемые стали, проблема которых в том, что при содержании алюминия более 0,015% требуемые температуры аустенитизации 950-1050°C очень высоки, что тем самым приводит, в том числе, к сильному образованию окалины.

Чтобы обеспечить закаливаемость также при более низких температурах, сталь легируется цирконием в согласованном с содержанием азота количестве для предотвращения выделений в ней нитрида алюминия, считающихся вредными для достаточной закаливаемости.

Исследованные в DE 3604789 C1 улучшаемые стали A-H с хорошими свойствами имеют следующий состав, %: C 0,32-0,75, Si 0,26-0,37, Mn 0,40-1,50, P 0,009-0,012, S 0,0005-0,012, Al 0,016-0,022, Cr 0,02-1,52, Zr 0,035-0,060, N 0,0042-0,0065.

Задачей является создание улучшаемой стали, которая без покрытия отличалась бы очень малой склонностью к образованию окалины и тем самым делала бы излишним последующее удаление окалины перед дальнейшей обработкой. В частности, эта улучшаемая сталь должна быть пригодной также для закалки в пресс-форме полуфабрикатов, таких как листы, сутунки или трубы.

Задача состоит также в создании способа изготовления детали без окалины из этой стали. Кроме того, должна быть создана подходящая технология получения металлической полосы в качестве полуфабриката из этой стали.

Согласно изобретению применяется улучшаемая сталь, имеющая следующий состав:

C: 0,04-0,50; Mn: 0,5-6,0; Al: 0,5-3,0; Si: 0,05-3,0; Cr: 0,05-3,0; Ni: менее 3,0; Cu: менее 3,0; Ti:  $\leq 0,050$ ; B:  $\leq 0,0040$ ; P: менее 0,10; S: менее 0,05; N: менее 0,020. Остальное железо и неизбежные примеси.

Предложенный материал имеет по сравнению с известной из DE 60119826 T2 улучшаемой сталью то преимущество, что дополнительной защиты от окисления перед закалкой в пресс-форме больше не требуется. За счет этого отпадает дополнительная технологическая операция, благодаря чему, в целом, снижаются стоимость производства закаленной или закаленной в пресс-форме детали, несмотря на более высокую стоимость легирования, а, кроме того, экономятся ресурсы. Также предотвращается возможное охрупчивание детали под воздействием жидкого металла за счет отсутствия покрытия на основе цинка для защиты от окисления.

В противоположность известным из DE 3604789 C1 улучшаемым сталям к улучшаемым сталям добавляется чрезвычайно высокое содержание алюминия с опционально повышенным до 3 % содержанием кремния и хрома, которые в качестве образующих феррит элементов повышают, правда, температуру превращения  $A_{c3}$ , однако позволяют реализовать прекрасную защиту от образования окалин.

Недостатки же заключаются в более длительном времени нагрева и тактовом времени при закалке в пресс-форме, поскольку приходится достигать более высоких температур, в результате чего снижается производительность. Поэтому для устранения названных недостатков согласно изобретению предусмотрено, что температура превращения  $A_{c3}$  за счет добавки образующего аустенит элемента марганец с предложенным содержанием 0,5-6 % температуры аустенитизации снова заметно снижаются. Также добавка никеля с содержанием до 3,0 %, предпочтительно в комбинации с медью в количестве до 3,0 %, также вызывает снижение



температуры аустенитизации, и дополнительно к марганцу ими можно легировать сталь.

В случае добавки никеля или меди для снижения температуры аустенитизации их количество не должно быть ниже соответственно 0,05 %, чтобы они могли проявить свое достаточное действие.

В целом, суммарное содержание марганца, никеля и меди не должно быть ниже значения 1,0 %, лучше 2,0 %, оптимально 3,0 %. В то время как никель оказывает, как правило, очень сильное влияние на температуры превращения, однако довольно дорог, медь, в частности в стали с высоким содержанием алюминия, заметно снижает температуры превращения и относительно дешева.

Оптимальной является добавка меди в комбинации с никелем, чтобы избежать, таким образом, обусловленные медью поверхностные пороки, например возможную красноломкость.

Очень низкая склонность материала к образованию окалины при нагреве достигается за счет того, что предложенная сталь имеет повышенную (0,5-3,0 %) по сравнению с известными улучшаемыми сталями долю родственного к кислороду элемента алюминий и дополнительно в качестве опции повышенное содержание также родственных к кислороду элементов кремний или хром.

Для достижения достаточного эффекта суммарное содержание алюминия, кремния и хрома должно составлять, по меньшей мере 1,0 %, лучше 2,0 %, оптимально 3,0 %.

Во время опытов неожиданным оказалось то, что при нагреве до температуры деформации или закалки в подходящей атмосфере печи на поверхности нагретого полуфабриката образуется, в частности, плотный слой  $Al_2O_3$ , который эффективно уменьшает или даже полностью предотвращает образование окалины железа в стали.

При обычном нагреве в не окисляющей железо атмосфере слой  $Al_2O_3$  препятствует образованию окалины во время переноса сутунки в окружающей

атмосфере из печи в пресс. Однако следует обратить внимание на то, что для максимально однородного оксидного слоя и хорошей защиты от образования окалин требуется подходящая атмосфера отжига.

Предложенная улучшаемая сталь обладает тем самым собственной защитой от образования окалин, которая делает излишней дополнительное покрытие в качестве защиты от образования окалин или последующее удаление окалин перед дальнейшей обработкой.

Согласно изобретению в улучшаемую сталь добавляются титан в количестве 0,010 -  $\leq 0,050\%$  и бор в количестве 0,0025 -  $\leq 0,0040\%$ . Элемент бор вызывает улучшение закаливаемости за счет предпочтительного смещения релевантных точек превращения. Этому дополнительно способствует добавка титана за счет того, что имеющийся в стали азот связывается в нитриды титана. Это предотвращает выделения нитрида бора и повышает эффективность добавленного бора.

Опыты показали, что на выполнение предотвращающего образованию окалин слоя на поверхности заготовки можно существенно повлиять за счет атмосферы отжига при нагреве. Кроме того, во время опытов оказалось, что в случае слишком большого содержания кислорода или влаги в атмосфере печи из содержащегося в стали марганца образуется много его оксидов, которые обеспечивают лишь недостаточную защиту от образования окалин.

Для выполнения предотвращающего образованию окалин слоя из алюминия, кремния и хрома в процессе нагрева до температуры закалки или деформации оказалось предпочтительным снизить содержание кислорода или влаги в азотсодержащей атмосфере печи, которая опционально может содержать также водород, монооксид и диоксид углерода, настолько, что точка росы лежит предпочтительно ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , поскольку при низком содержании кислорода или низких точках росы более родственные к кислороду по сравнению с марганцем элементы, такие как алюминий, или кремний, или хром, усиленным образом окисляются на поверхности заготовки и образуют оксидные пленки.

Особенно предпочтительно, если точка росы опускается ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , или даже ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , или даже ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , чтобы образовался стабильный и плотный слой из предпочтительных оксидов алюминия и чтобы на поверхности нагретого полуфабриката опционально образовались также оксиды кремния и хрома. При этом снижение точки росы достигается предпочтительно за счет использования азота с соответственно низким влагосодержанием.

Известно, что при повышенном содержании алюминия или кремния более 2,0 % разливка известными методами (непрерывная разливка, литьетонких слябов) может быть затруднена из-за возникающих макроликваций, включений порошкообразного флюса или изгибаний заготовки во время затвердевания. Поэтому в одном предпочтительном варианте предусмотрено, что получение стальной полосы с предложенным составом сплава осуществляется предпочтительно на известной, например, из DE102004062636 А1 горизонтальной установке, при котором макроликвации и раковины в значительной степени предотвращаются за счет очень однородных условий охлаждения. Поскольку в таких установках порошкообразный флюс не используется, проблемы с ним также отпадают.

Технологически для процесса непрерывной разливки в полосу предложено, что расплав в горизонтальной установке разливается с успокоенным потоком и без изгибов в черновую полосу толщиной 6-30 мм, а затем прокатывается в горячекатаную полосу со степенью деформации, по меньшей мере, 50 %.

Успокоение течения достигается за счет того, что используется создающий движущееся синхронно с полосой или с оптимальной скоростью относительно нее поле электромагнитный тормоз, который заботится о том, чтобы в идеальном случае скорость подачи расплава была равна скорости вращающегося ленточного транспортера.

Считающийся недостатком изгиб затвердевшей черновой полосы предотвращается за счет того, что нижняя сторона принимающей расплав

разливочной ленты опирается на множество расположенных рядом друг с другом роликов. Это усиливается таким образом, что в зоне разливочной ленты создается разрежение, так что она прочно прижимается к роликам. Чтобы поддержать необходимые условия во время критической фазы затвердевания, длина ленточного транспортера выбирается так, что на его конце перед изменением направления черновая полоса в самой значительной степени насквозь затвердевает. К концу ленточного транспортера примыкает зона гомогенизации, которая используется для выравнивания температуры и возможного снятия напряжений в черновой полосе.

Прокатка черновой полосы в горячекатаную полосу может осуществляться либо в потоке, либо отдельно автономно. Перед автономной прокаткой черновая полоса после получения до охлаждения может быть намотана непосредственно горячей или нарезана на листы. Затем материал полосы или листов повторно нагревается после возможного охлаждения и для автономной прокатки разматывается или в виде листов снова нагревается и прокатывается.

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

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

Тема нашей работы: «Разработка технологического процесса изготовления червяка коробки подач радиально-сверлильного станка»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике [19].

### 6.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «Червяк коробки подач радиально-сверлильного станка».

### 6.2 Планировка рассматриваемого участка

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

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

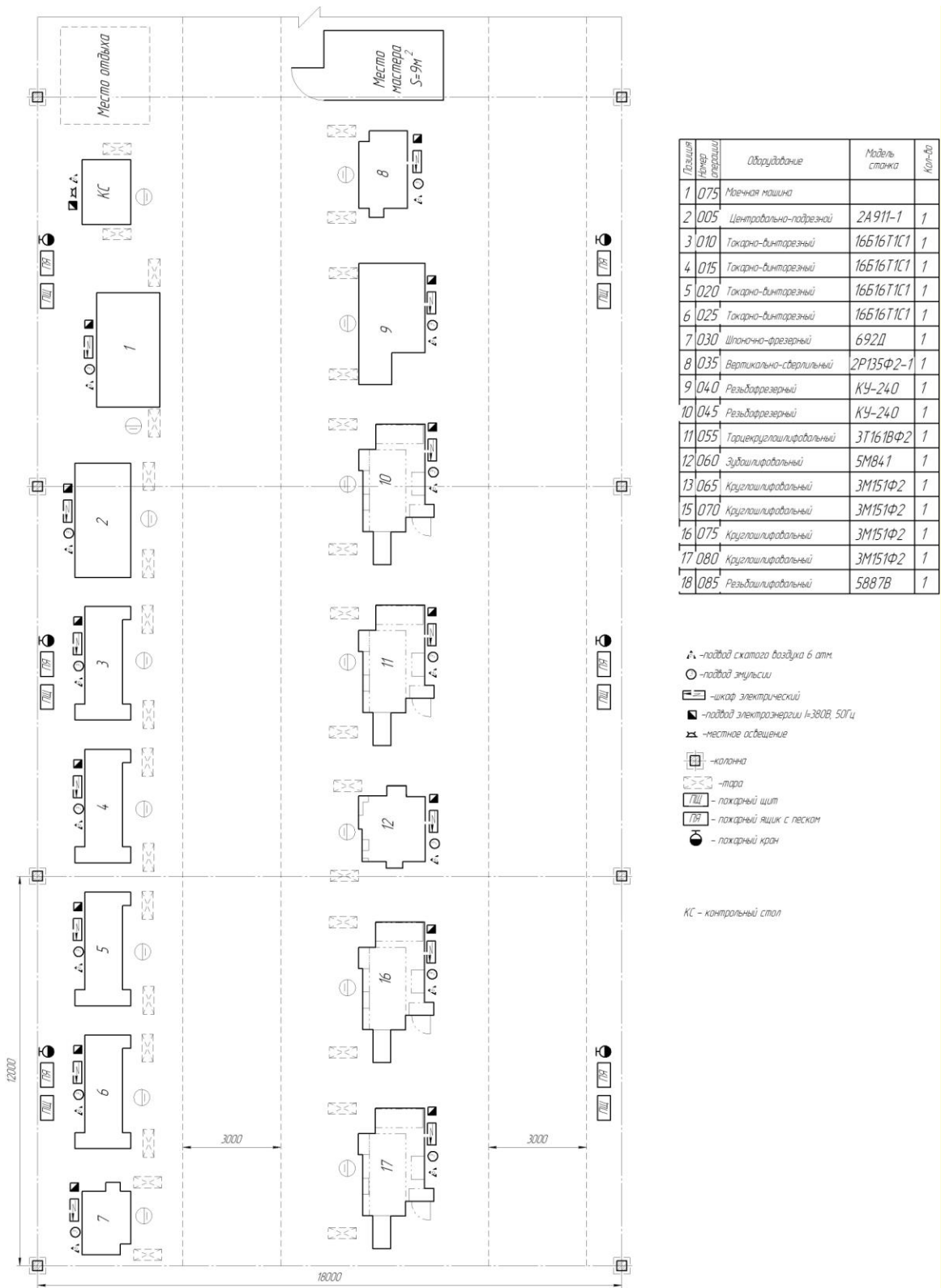


Рисунок 6.1 – План участка

### 6.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт
1	Центровально-подрезной станок 2А911-1	1
2	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1С1	4
3	Шпоночно-фрезерный станок 692Д	1
4	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1	3
5	Резьбофрезерный станок КУ-240	2
6	Центрошлифовальный станок ZSM 5100	1
7	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	4
8	Резьбошлифовальный станок 5887В	1
Итого:		17

Таблица 6.2 – Технологический маршрут обработки детали «Червяк коробки подач радиально-сверлильного станка»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Кузнечный	000	Заготовительная	КГШП	Получение заготовки
Механический	005	Центровально-подрезная окончательная	Центровально-подрезной станок 2А911-1	Окончательное точение поверхностей: 1, 18 Окончательное сверление поверхностей: 2, 19
Механический	010	Точение предварительное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1С1	Предварительное точение поверхностей: 1, 2, 23, 24, 21, 25, 26, 27
Механический	015	Точение предварительное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1С1	Предварительное точение поверхностей: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22
Термический	020	Термообработка	-	Улучшение

Продолжение таблицы 6.2

Механический	025	Точение окончательное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1С1	Окончательное точение поверхностей: 1, 2, 23, 24, 21, 25, 26, 27
Механический	030	Точение окончательное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1С1	Окончательное точение поверхностей: 3, 4, 5,6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 20
Механический	035	Фрезерование окончательное	Шпоночно-фрезерный станок 692Д	Окончательное фрезерование поверхностей: 20
Механический	040	Сверление окончательное	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1	Окончательное сверление поверхностей: 9
Механический	045	Фрезерование резьбы предварительное	Резьбофрезерный станок КУ-240	Предварительное фрезерование поверхностей: 10, 11
Механический	050	Фрезерование резьбы окончательное	Резьбофрезерный станок КУ-240	Окончательное фрезерование поверхностей: 10, 11
Термический	055	Термообработка	-	Закалка заготовки
Механический	060	Шлифование центровых отверстий окончательное	Центрошлифовальный станок ZSM 5100	Окончательное шлифование поверхностей: 2, 19
Механический	065	Шлифование цилиндрических поверхностей предварительное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	Предварительное шлифование поверхностей: 4, 5, 6
Механический	070	Шлифование цилиндрических поверхностей предварительное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	Предварительное шлифование поверхностей: 14, 15, 16
Механический	075	Шлифование цилиндрических поверхностей окончательное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	Окончательное шлифование поверхностей: 4, 5, 6
Механический	080	Шлифование цилиндрических поверхностей окончательное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2	Окончательное шлифование поверхностей: 14, 15, 16



Продолжение таблицы 6.2

Механический	085	Шлифование резьбовой поверхности окончательное	Резьбошлифовальны й станок 5887В	Окончательное шлифование поверхностей: 10
Механический	090	Мойка	-	Промывка, обдувка, сушка заготовки
Механический	095	Контроль	-	Контроль основных параметров согласно рабочему чертежу

Так как была модернизирована одна технологическая операция 035 (шпоночно-фрезерная), то идентификацию по рискам будем проводить только на эту операцию.

6.4 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 6.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Фрезерование окончательное	1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура поверхности обрабатываемой заготовки 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень вибраций и шума при работе оборудования	1. Установка защитного экрана. Ношение защитных очков, специальной одежды. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки [4]. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно- вентиляционного оборудования [3]. 4.Использование акустических экранов, противошумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи.

Продолжение таблицы 6.3

			Установка на оборудовании виброизолирующих опор [2].
--	--	--	--

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

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

Особенностью совершенствования технологического объекта является то, что предлагается совершенствовать шпоночно-фрезерную операцию базового варианта. На ней совершенствование коснулось замены приспособления. Вместо приспособления с ручным зажимом предлагается специальное приспособление. На этой же операции было предложено использование вместо фрезы из быстрорежущей стали монолитный твердосплавный инструмент, что позволило повысить его стойкость в 2 раза. Более полное описание изменяемых операций базового и проектного вариантов представлено в предыдущих разделах, поэтому описывать их еще раз нет необходимости.

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

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

Для определения всех остальных параметров данного раздела будет применена следующая методика расчета [20]:

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

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

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

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

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

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

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

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

Анализируя представленные на рисунке 7.1 значения, можно сказать, что при изменении технологического процесса увеличатся удельные затраты на единицу продукции на 31,71 руб., что составит 69,4%. Это связано с тем, что возникает необходимость приобретения нового приспособления и инструмента, а также появляются затраты, связанные с проектированием совершенствований технологического процесса.

Не смотря на то, что удельные капитальные вложения возрастают, при этом технологическая и полная себестоимость уменьшаются на 32,4% и 33,5%, соответственно. Это вызвано тем, что замена приспособления и инструмента, и увеличение режимов резанья приводит к сокращению

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

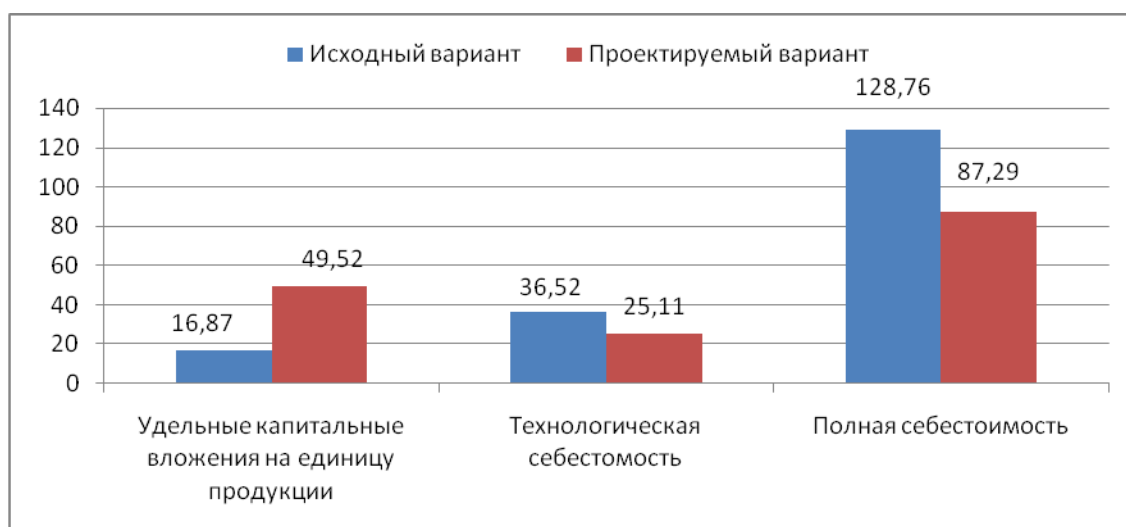


Рисунок 7.1 – Величины удельных капитальных вложений, технологической и полной себестоимости по вариантам, руб.

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

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

Полученные значения позволят сделать окончательный вывод о целесообразности данного проекта.

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

Таблица 7.1 – Значения показателей эффективности внедрения

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{чист}$ , руб.	41612
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ок}$ , лет	2
3	Чистый дисконтированный доход	$\Delta_{инт} = ЧДД$ , руб.	21301
4	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,23

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

Как видно из таблицы 7.1, окупаемость проекта наступит в течение 2-х лет, что позволяет говорить о необходимости внедрения данного предложения. В данном случае выполняется условие, о не превышении порога срока окупаемости в 4 года.

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

И наконец, чистый дисконтированный доход или интегральный экономический эффект составляет 21301 рублей. Данная величина по расчетам получилась положительной, что дает право, также говорить о необходимости внедрения предлагаемого мероприятия по совершенствованию технологического процесса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами был спроектирован качественный технологический процесс изготовления червяка коробки подач радиально-сверлильного станка. На техпроцесс были подобраны современные средства оснащения. Разработана конструкция заготовки из штамповки. В работе проведена модернизация шпоночно-фрезерной операции. Была разработана конструкция специального приспособления для крепления фрезы на станке. Также была разработана конструкция монолитной твердосплавной концевой фрезы для фрезерования шпоночного паза.

Внедрение этих мероприятий способствует получению интегрального экономического эффекта в размере 21301 рублей

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
2. Конструкционные стали и сплавы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с.
3. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : практикум : учеб. пособие / С. С. Клименков. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.
4. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : курсовое проектирование : учебное пособие / М. М. Кане [и др.] ; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
6. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
7. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – 10 с.
8. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 с.
9. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
10. Клепиков В. В. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 345 с.
11. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.



12. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты : учебник / Р.М. Гоцеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
13. Солоненко В. Г. Резание металлов и режущие инструменты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.
14. Дехтярь Г. М. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. М. Дехтярь. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 154 с.
15. Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. И. Аристов [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2014. - 256 с.
16. Патент RU 2618958 С2.
17. Борисенко Г. А. Технология конструкционных материалов. Обработка резанием [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Борисенко, Г. Н. Иванов, Р. Р. Сейфулин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 142 с.
18. Вереина Л. И. Конструкции и наладка токарных станков [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. И. Вереина, М. М. Краснов ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 480 с.
19. Горина Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 271 с.
20. Краснопевцева И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ





