

Содержание

Введение.....	3
1 Технологическая часть	6
1.1 Техническое задание.....	6
1.2. Назначение детали и основные технологические задачи, решаемые при изготовлении.....	8
1.3 Определение типа производства	11
1.4 Анализ технологичности конструкции детали	13
1.5 Выбор заготовки и метода её получения.....	14
1.6 Проектирование технологического процесса изготовления детали	19
1.7 Выбор оборудования	22
1.8 Расчет припусков на механическую обработку.....	27
1.9 Размерный анализ	29
1.10 Выбор инструмента и расчет режимов резания.....	32
1.11 Техническое нормирование	43
2. Конструкторская часть	48
2.1 Разработка приспособления для ориентации и закрепления заготовки	48
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Расчет затрат на изготовления изделия «Вал - шестерня»	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Расчет себестоимости изделия «Вал- шестерня»	Ошибка! Закладка не определена.
4. Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.

4.1 Анализ технологического процесса с точки зрения наличия или
возможного появления опасных и вредных факторов, а так же их
воздействие на работающий персонал.. **Ошибка! Закладка не определена.**

4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов **Ошибка!**
Закладка не определена.

4.3 Требования безопасности и мероприятия по их осуществлению
..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.4 Пожарная и взрывная безопасность **Ошибка!** **Закладка** **не**
определена.

4.5 Охрана окружающей среды. .. **Ошибка! Закладка не определена.**

Заключение **Ошибка! Закладка не определена.**

Список литературы **Ошибка! Закладка не определена.**

Приложение А **Ошибка! Закладка не определена.**

Аннотация к дипломной работе

В данной дипломной работе выполнена модернизация технологического процесса изготовления вала-шестерни путем перевода с универсальных станков на смешанный состав оборудования или на станки с ЧПУ.

Из сравнительного анализа двух вариантов маршрута технологического процесса: действующего и нового с применением станков с числовым программным управлением по минимуму приведенных затрат выбран второй вариант. Исходя из утвержденного технологического процесса, было выбрано соответствующее технологическое оборудование, рассчитаны припуски на механическую обработку, выполнен размерный анализ, выбран инструмент и рассчитаны режимы резания. Также были рассчитаны нормы вспомогательного и штучного времени по операциям.

Для ориентации и закрепления заготовки разработана конструкция приспособления.

Содержание работы представлено введением, пятью главами, заключением, списком литературы и приложением.

В дипломной работе использовано 14 таблиц, 6 рисунков, 1 приложение, 34 источника литературы. Общее количество страниц дипломной работы - 81.

Введение

Машиностроительная отрасль включает в себя более двадцати подотраслей и при определенных условиях должна стать ключевым фактором, влияющим на эффективность инновационного развития производства. Машиностроение призвано обеспечить производственным оборудованием ключевые сектора экономики и в первую очередь обрабатывающие отрасли промышленности и тем самым определяет состояние производственного потенциала Российской Федерации. От уровня развития машиностроения зависят материалоемкость, энергоёмкость валового внутреннего продукта, производительность труда, промышленная безопасность и обороноспособность государства.

Машиностроительная отрасль должна сыграть ключевую роль в обеспечении перевода традиционных отраслей экономики на принципиально новую технологическую базу, в том числе за счет развертывания глобально ориентированных специализированных производств, где особую роль играет технологическое развитие станко-инструментальной промышленности.

Среди главных проблем отечественного машиностроения: наличие избыточных производственных мощностей, как правило, устаревших, и, соответственно, крайне высокие издержки на их содержание; морально устаревшая инфраструктура производственных мощностей; критический моральный и физический износ оборудования и технологий; дефицит денежных ресурсов (низкая кредитная и инвестиционная привлекательность предприятий) для реализации программ стратегических преобразований; неэффективная производственная кооперация промышленных предприятий; дефицит квалифицированных кадров.

Согласно данным статистики, до 70% оборудования в отечественном машиностроении имеет средний возраст 20 и более лет. Это означает, что

подавляющая часть основных фондов устарела, не только морально, но и физически. В своем сегодняшнем состоянии предприятия российского машиностроения могут осуществлять производство высокотехнологичной конкурентоспособной продукции только для сравнительно узких сегментов мирового рынка. Современное состояние отрасли не отвечает целям и задачам повышения долгосрочной конкурентоспособности экономики и занятия устойчивых рыночных ниш на мировых рынках наукоемкой продукции.

Среди основных направлений технологического развития машиностроительного комплекса:

1. Технологии, снижающие эксплуатационные расходы:

- новые технологии обработки материалов с повышенными характеристиками (удельной твердости, продольной и поперечной жесткости т.д.);

- технологии, повышающие энерго-, электроэффективность оборудования, снижающие расход вспомогательных материалов;

- технологии, повышающие надежность, ремонтпригодность, ремонтудобство, позволяющие снизить затраты на обслуживание;

- модульность, возможность производства широким спектром партий, разной продукции, разных операций (универсальность).

2. ИКТ-технологии для машиностроения:

- соединение информационных технологий и традиционного машиностроения с получением "интеллектуального машиностроения", станков, приборов, оборудования, оснащенных средствами контроля и управления;

- сетевые технологии, интернетизация машиностроительных продуктов, комплексов, встраивание в глобальные сети.

Целью данной дипломной работы является модернизация технологического процесса изготовления вала-шестерни путем перевода с

универсальных станков на смешанный состав оборудования или на станки с ЧПУ.

1 Технологическая часть

1.1 Техническое задание

1. Дать описание конструкции и назначения детали на основании данных чертежа самой детали, а также других материалов, например литературных источников.

2. Произвести технологический контроль чертежа детали и выполнить анализ технологичности конструкции с учетом возможного влияния на конструктивные элементы заданного масштаба производства.

3. На основании исходных данных задания на проектирование определить тип производства и для серийного производства рассчитать количество деталей в партии.

4. Наметить два варианта технологических маршрутов механической обработки при одном и том же или различных способах получения заготовки.

5. Произвести укрупненный технико-экономический расчет для сопоставления вариантов технологических маршрутов и выбрать оптимальный для данных условий.

6. Произвести аналитический расчет припусков на обработку двух поверхностей выбранной заготовки. На остальные обрабатываемые поверхности назначать припуски, пользуясь табличными данными.

7. Оформить чертежи детали и заготовки.

8. На основании выбранного технологического маршрута окончательно составить технологический процесс с учетом всех необходимых дополнительных операций.

9. Выполнить операционные эскизы на картах эскизов и схем (КЭ) для тех операций технологического процесса, где они необходимы.

10. Записать в операционные карты технологического процесса исходные данные для расчетов режимов резания и основного времени.

11. Режущие инструменты должны быть выбраны перед заполнением технологической карты, так как параметры режущих инструментов, в том числе геометрические, необходимы для расчета режимов резания.

12. Рассчитать по нормативам (таблицам) режимы резания на операции (переходы) технологического процесса и произвести нормирование; записать значения норм времени и их составляющих в операционные карты.

13. Определить потребное количество оборудования по операциям процесса и вычислить коэффициенты загрузки оборудования, использования по основному времени и по мощности.

14. Произвести, где это необходимо, корректировку режимов и нормирования операций с целью их синхронизации и повышения стойкости режущего инструмента.

15. Установить разряды работы, определить расценки на каждую операцию и записать эти данные в операционные карты.

16. Окончательно оформить операционные карты технологического процесса и заполнить маршрутную карту.

17. Построить графики загрузки оборудования, использования оборудования по основному времени и по мощности, стойкости режущего инструмента.

18. Определить для данного технологического процесса станочное приспособление, построить его схему и выполнить необходимые точностные или силовые расчеты.

19. Произвести экономический расчет по статьям себестоимости.

1.2. Назначение детали и основные технологические задачи

Деталь «Вал-шестерня», является быстроходным валом цилиндрического редуктора и предназначена для передачи крутящего момента. Вал-шестерня получает вращение через муфту, и воспринимает крутящий момент. Вал-шестерня установлен в подшипниках качения в корпусе редуктора. Вал-шестерня работает в условиях действия радиальной знакопеременной сосредоточенной нагрузки и крутящего момента. Зубья зубчатого венца испытывают действие изгибающего усилия, контактного давления и сил трения. Под действием последних происходит нагрев и изнашивание зубьев¹.

Вал-шестерни применяются на различных производствах в редукторах и приводных механизмах, их функциональность напрямую зависят от качества.

К недостаткам зубчатых передач относятся сравнительная сложность изготовления, требующая специального оборудования и инструмента, повышенный шум при высоких скоростях, вследствие неточности изготовления, необходимость точного монтажа. (Скороходов Е.А.).

Для удобства сборки и разборки узла вала-шестерни, замены подшипников он выполнен ступенчатым.

Шестерня выполнена за одно целое с валом. Конструкция вала обеспечивает нарезание зубьев со свободным входом и выходом инструмента.

Ø36 – посадочный размер под подшипник. На данном валу-шестерни устанавливаются шарикоподшипники радиальные однорядные по ГОСТ

¹ Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. – М.: Изд-во стандартов, 1987.

8338-75 класса точности 0. Для соединения подшипников с валом установлены посадки с гарантированным натягом; выбор полей допусков и посадок подшипников качения на вал зависит от класса точности подшипников (ГОСТ 3325-85). По ГОСТ 3325-85 для класса точности подшипников 0 принята посадка для основного отклонения вала $\frac{L0}{k6}$. На валу-шестерни под подшипники установлен размер $\varnothing 36_{+0,002}^{+0,018}$. По ГОСТ 3325-85 шероховатость поверхности вала под подшипниками класса точности 0 назначена Ra1.25, величина шероховатости опорных торцов заплечиков вала назначена Ra2.50. По ГОСТ 3325-85 назначены допуск круглости 4 мкм, допуск профиля продольного сечения 4 мкм, допуск торцового биения заплечиков вала-шестерни 25 мкм.

$\varnothing 32$ – посадочный размер под контактное (манжетное) уплотняющее устройство. Поверхность вала под уплотнение имеет шероховатость Ra0,32 мкм. Допуск вала под уплотнение соответствует h11.

Две шейки вала с размером $\varnothing 44_{+0,025}^{+0,025}$ мм являются переходными к участкам с размерами $\varnothing 36$, эти участки не сопрягаются с деталями.

Участок вала-шестерни с размером $\varnothing 30_{+0,015}^{+0,028}$ является выходным концом, он служит для посадки муфты или шкива. Для соединения вала с ними применяется шпоночное соединение, для чего на этом участке выполнен шпоночный паз.

Исходя из прочностного расчета материалом для вала служит легированная сталь 40Х ГОСТ 4543-85.

Приведем данные о материале детали: по химическому составу, механическим свойствам (табл. 1.1 и 1.2)².

Химический состав стали 40Х ГОСТ4543-85

Таблица 1.1

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,36 -	0,17 -	0,5 -	до 0,3	до	до	0,8 -	до 0,3	~97

² Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение – 1, 2001.

0,44	0,37	0,8		0,035	0,035	1,1		
------	------	-----	--	-------	-------	-----	--	--

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 40Х ГОСТ4543-85

Предел текучести σ_T , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Временное сопротивление σ_0 , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ_s , %	Относительное сужение ψ ,	Ударная вязкость КС U, Дж/см ² $\left(\frac{\text{кгс} \cdot \text{м}}{\text{см}^2}\right)$
785 (80)	980 (100)	10	45	59 (6)

Технологией сборки узла предусматривает требование: вал должен быть сконструирован так, чтобы каждая деталь на нем проходила при сборке до места посадки без натяга.

Трудоемкость технологии изготовления вала должна быть наименьшей. Поэтому там, где возможно, вал нужно конструировать гладким. Ступенчатые валы не имеют недостатков, свойственных гладким валам, но изготовление их значительно сложнее и дороже.

Чтобы не увеличивать номенклатуру резцов, радиусы галтелей и углы фасок на валу должны быть по возможности одинаковыми. Для выхода резбонарезного инструмента и шлифовального круга нужно предусмотреть проточки, желательно одинаковой ширины.

При фрезеровании шпоночного паза дисковой фрезой следует предусмотреть выход инструмента. Величина выхода фрезы зависит от глубины фрезерования и диаметра фрезы и определяется графически.

Продольные пазы на шлифованной поверхности крайне нежелательны, так как в этом случае трудно получить точную геометрическую форму таких участков вала.

На торцах и уступах валов делают фаски для удобства сборки и притупления острых кромок. Размеры фасок принимают из стандартного ряда.

Для уменьшения расхода металла, а также снижения трудоемкости обработки величину перепадов диаметров ступеней необходимо делать минимальной.

Диаметры посадочных ступеней должны иметь стандартные значения. Призматическую шпонку после посадки ее в паз вала вынимать крайне нежелательно. Это вынуждает принимать такие перепады диаметров, которые не мешали бы свободному проходу по валу через шпонку других деталей.

Крайне нежелательны узкие кольцевые буртики на валах и особенно на средних участках вала. Эти буртики приводят к увеличению диаметра заготовки. Везде, где это возможно (по условию усталостной прочности вала или по условию осевой нагрузки на его буртик), их следует заменять пружинными кольцами или врезными полукольцами.

1.3 Определение типа производства

Согласно ГОСТ 3.1119-83, ГОСТ 14.004-83 ЕСТД и РД ЕСТПП одной из характеристик типа производства, т. е. классификационной категории производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий является коэффициент закрепления операций (коэффициент серийности) K_c .

В машиностроении выделяют 3 типа производств в зависимости от величины коэффициента закрепления операции:

- массовое;
- серийное (крупносерийное, серийное, мелкосерийное);
- единичное.

Так как величина K_c отражает частоту смены различных технологических операций и связанную с этим периодичность в первую очередь обслуживания рабочего информационными и вещественными элементами

производства, то K_C оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделения из расчета на одну смену:

$$K_C = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{шт.ср.}}}$$

$t_{\text{в}}$ – такт выпуска, в мин/шт;

$t_{\text{шт.ср.}}$ - среднее штучное или штучно-калькуляционное время, мин.

$$t_{\text{в}} = \frac{\Phi_{\text{до}} \cdot 60}{N}$$

где N – программа запуска деталей в производство, шт.;

$\Phi_{\text{до}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, принимаем для расчетов 2070 час при работе оборудования в одну смену.

$$t_{\text{в}} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 12}{7500} = 199 \frac{\text{мин}}{\text{шт.}}$$

$$K_C = \frac{199}{15} = 13$$

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 ЕСТД коэффициент закрепления операций составляет³:

- для единичного производства — больше 40;
- для мелкосерийного производства — 20-40;
- для среднесерийного производства — 10-20;
- для крупносерийного производства — 1-10;
- для массового производства — не больше 1.

Таким образом, производство детали «Вал-шестерня» среднесерийное.

Партия запуска:

$$n = \frac{Na}{F},$$

где N – годовая программа деталей;

a – число дней, за которое нужно иметь запас деталей;

F – число рабочих дней в году.

³ ГОСТ 3.1121-84

$$n = \frac{7500 \cdot 20}{240} = 625 \text{ шт.}$$

1.4 Анализ технологичности конструкции детали

Вал-шестерня снабжен центровыми отверстиями, т.к. механическая обработка производится в центрах.

На участки вала-шестерни с размером $\varnothing 36k6$ устанавливаются подшипники качения. Две канавки на валу-шестерни предназначены для выхода шлифовального круга при обработке поверхностей $\varnothing 36k6$. Конструкция вала-шестерни ступенчатая, уступы предохраняют подшипники от осевого смещения и фиксируют их положения при сборке, обеспечивают свободное продвижение подшипников по валу до мест их посадки.

Канавки имеют одинаковые размеры чтобы обработать их одним и тем же инструментом.

Качественная оценка технологичности конструкции

Наличие унифицированных элементов (2 канавки, диаметры ступеней вала $\varnothing 44$, $\varnothing 36$) детали подтверждает технологичность ее конструкции.

Конструкция детали обладает достаточной жесткостью, т.к.

$$\frac{l}{d} = 3,5 < 5.$$

Конфигурация, точность и шероховатость поверхностей позволяют обрабатывать деталь на стандартном оборудовании нормальной точности и с помощью стандартного режущего инструмента.

Деталь состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов: диаметральных и линейных размеров, зубчатого венца. Это способствует использованию стандартных режущих и измерительных инструментов.

Шероховатость базовых поверхностей удовлетворяет требованиям точности установки детали, ее обработки и контроля.

Поверхности на валу-шестерне имеют свободный подвод и отвод режущего инструмента, за исключением шпоночного паза, который является закрытым. Для его обработки можно использовать только концевую фрезу.

Количественная оценка детали на технологичность.

Коэффициент точности обработки:

$$K_{ТЧ} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}; \quad K_{ТЧ} > 0,8$$

$$A_{ср} = \frac{A_{ni}}{A_{n1}} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + zn}{n_1 + n_2 + \dots + n_k},$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности обработки;

A_{ni} – число размеров соответствующего квалитета;

A_{n1} – число квалитетов.

$$A_{ср} = \frac{1 \cdot 10 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 6 + 6 \cdot 14 + 2 \cdot 14}{15} = 10,7$$

$$K_{ТЧ} = 1 - \frac{1}{10,7} = 0,91 > 0,8$$

По данному коэффициенту деталь технологична.

Коэффициент шероховатости:

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{ср}}; \quad K_{Ш} > 0,16$$

$$B_{ср} = \frac{B_{nim}}{n_{im}} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}},$$

где $K_{Ш}$ – коэффициент шероховатости;

$B_{ср}$ – средний класс шероховатости;

n_{im} – число поверхностей соответствующего класса.

$$B_{ср} = \frac{9 \cdot 7 + 5 \cdot 8}{15} = 6,9$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{6,9} = 0,14 < 0,16$$

По данному коэффициенту деталь нетехнологична.

1.5 Выбор заготовки и метода её получения

Метод изготовления заготовки определяется назначением и конструкцией детали, материалом, программой выпуска, а так же экономичностью изготовления. Выбрать заготовку значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности,

расчитать размеры и допуски на изготовление. Для выбора заготовки сравним два способа . Поковку и сортовой круглый прокат по ГОСТ 2590-74.

Расчет варианта заготовки – прокат.

Определим величину общего припуска для заготовки из проката:

$$Z_d = \frac{D^{0.4} L^{0.05}}{IT^{0.45}}$$

$$Z_l = D^{0.3} L^{0.05},$$

где Z_d - припуск на наибольший диаметр детали, мм;

Z_l - припуск на общую длину детали, мм;

D - наибольший диаметр детали, мм;

L - длина детали, мм;

IT - квалитет размера наибольшего диаметра детали D .

$$Z_{66} = \frac{66^{0.4} \cdot 229^{0.05}}{12^{0.45}} = 2,28 \approx 2 \text{ мм (на сторону);}$$

$$Z_{229} = 66^{0.3} 229^{0.05} = 4,6 \approx 5.$$

$$D_{\text{заг}} = 66 + 2 \times 2 = 70 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{заг}} = 229 + 5 = 234 \text{ мм.}$$

Так как прутки имеют стандартные размеры, то берем заготовку прутков диаметром $D=70$ мм.

Определим массу заготовки прутков. Эскиз заготовки прутков представлен на рисунке 1.1.

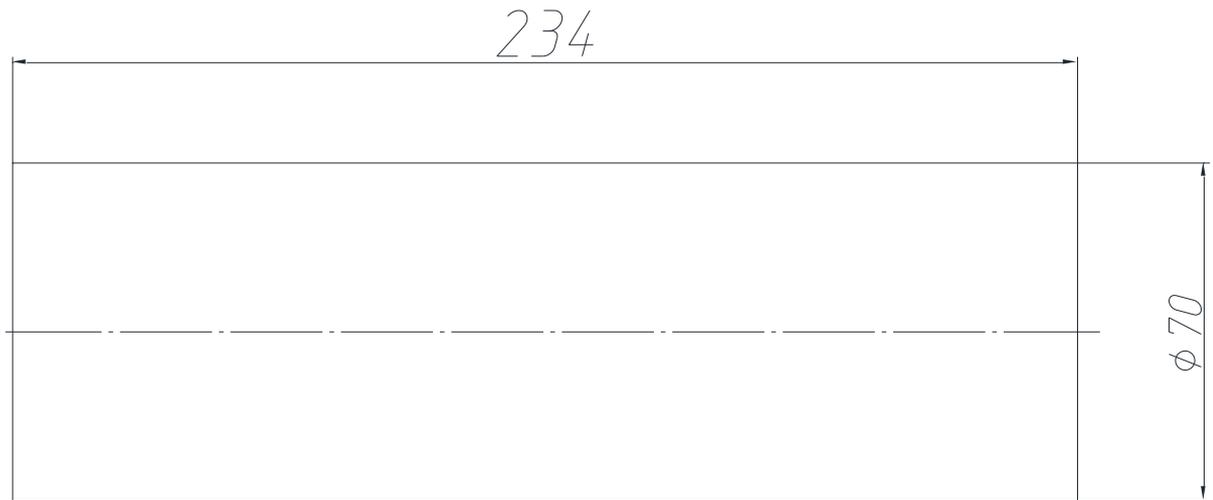


Рисунок 1.1 – Эскиз заготовки из проката

$$M_3 = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot L \cdot \rho,$$

где D и L длина и диаметр заготовки;

ρ - плотность материала детали г/см^3 , для стали 40X $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$M_3 = \frac{7^2 \cdot \pi}{4} \cdot 23,4 \cdot 7,8 = 7200 \text{ г.} = 7,2 \text{ кг}$$

Расчитаем коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3},$$

где M_3 – масса заготовки;

$M_{\text{д}}$ – масса детали, $M_{\text{д}} = 2,125 \text{ кг}$.

$$K_{\text{им}} = \frac{2,125}{7,2} = 0,29$$

Стоимость заготовки из проката

$$C = M_3 S - (M_3 - M_{\text{д}}) S_{\text{отх}},$$

где S - цена 1 килограмма одного металлопроката $S = 25 \text{ руб.}$;

$S_{\text{отх}}$ - стоимость 1 килограмма отходов, принимаем $S_{\text{отх}} = 5 \text{ руб.}$

$$C = 7,2 \times 25 - (7,2 - 2,125) \times 5 = 213,4 \text{ руб.}$$

Расчет варианта заготовки поковка.

Определим величину общего припуска для заготовки, получаемой штамповкой:

$$Z = 0.15D^{0.5}m^{0.22}KT \times K_{сл},$$

где D - размер, на который рассчитывается припуск, мм;

m - масса детали в кг;

KT – коэффициент точности штамповки, принимаем $KT=1,35$;

$K_{сл}$ - коэффициент сложности, принимаем $K_{сл} = 1,1$.

Допуски на размеры поковки:

$$T_{п} = 0,44k_{м}C_{п}M^{0,22}R^{0,28},$$

где M – масса поковки;

R - размер, на который назначается допуск;

$C_{п}$ - коэффициент сложности;

$k_{м}$ - коэффициент материала, принимаем $k_{м} = 1,0$.

Сведем в табл. 1.3 данные по припускам на размеры поковки.

Таблица 1.3 – Припуски и допуски на размеры поковки

Размер детали	Припуск на размер	Размер заготовки	Допуск на размер
Ø30	1,51≈ 2x2=4	Ø34	±1,0
Ø32	1,55≈ 2x2 = 4	Ø36	±1,0
Ø36	1,65≈ 2x2 = 4	Ø40	±1,5
Ø44	1,82≈ 2x2 = 4	Ø48	±2,0
Ø66	2,23≈ 2x2 = 4	Ø70	±2,0

Определим массу заготовки – поковка. Эскиз заготовки поковки представлен на рисунке 1.2.

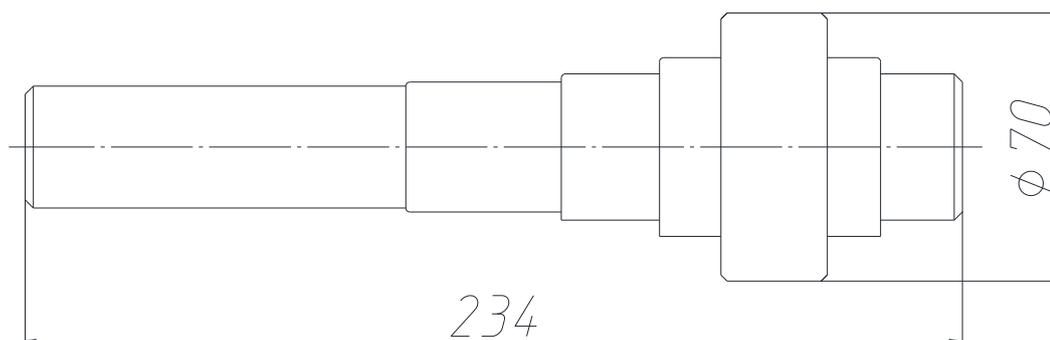


Рисунок 1.2 – Эскиз поковки

Масса поковки $M_{\text{пок}} = 2,565$ кг.

$$K_{\text{им}} = \frac{2,125}{2,565} = 0,828$$

Стоимость штампованной заготовки:

$$C = S_{\text{пок}} M_{\text{пок}} \cdot K_c K_m K_b - (M_{\text{пок}} - M_d) S_{\text{отх}},$$

где $S_{\text{пок}}$ - стоимость 1 кг штамповки, принимаем $S_{\text{пок}} = 90$ руб.;

K_c - коэффициент сложности, принимаем $K_c = 0,7$;

K_m - коэффициент материала, принимаем $K_m = 0,9$;

K_b - коэффициент массы заготовки, принимаем $K_b = 1,04$.

$$C = 90 \cdot 2,565 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,04 - (2,565 - 2,125) \cdot 5 = 149,24 \text{ руб.}$$

Сравним два варианта получения заготовки.

$$\Delta = (M_{31} - M_{32})N = (10,02 - 2,565) \cdot 7500 = 56212 \text{ кг}$$

Экономический эффект от выбранного вида изготовления заготовки:

$$\Delta = (C_{32} - C_{31})N - (M_{31} - M_{32})NC_0$$

$$\Delta = (213,4 - 149,24) \cdot 7500 - (10,02 - 2,565) \cdot 7500 \cdot 5 = 201637 \text{ руб.}$$

С точки зрения экономической эффективности предпочтительней поковка, так же при ее использовании экономится 56212 кг. материала.

Принимаем в качестве заготовки поковку, так как она экономически предпочтительней.

1.6 Проектирование технологического процесса изготовления

детали

Сравним два варианта маршрута технологического процесса: действующий и новый с применением станков с числовым программным управлением.

Первый вариант:

005 Операция Фрезерно-центровальная.

010 Операция Токарная

015 Операция Токарная

020 Операция Токарная

025 Операция Токарная

030 Операция Фрезерная

035 Операция Термическая.

040 Операция Зубофрезерная

045 Операция Шлифовальная

050 Операция Шлифовальная

Второй вариант:

005 Операция Фрезерно-центровальная.

010 Операция Программно-токарная

015 Операция Программно-токарная

020 Операция Фрезерная

025 Операция Термическая.

030 Операция Зубофрезерная

035 Операция Шлифовальная

040 Операция Шлифовальная

Рассчитаем технологическую себестоимость операции для каждого из вариантов:

$$C_0 = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60 \cdot k_B},$$

где $C_{пз}$ – часовые приведенные затраты; для токарного станка $C_{пз} = 725$ коп/час; для токарного станка с ЧПУ $C_{пз} = 550$ коп/час;

$T_{шт}$ – штучное время на операцию;

k_b – коэффициент выполнения норм, принимаем $k_b = 1,3$.

Штучное время на операцию определяем по формуле:

$$T_{шт} = 0,00017 \cdot D \cdot L \cdot \varphi_k,$$

где D – диаметр обработки мм;

L – длина обработки мм;

φ_k – коэффициент, учитывающий вспомогательное время, принимаем $\varphi_k = 2,14$ для токарных станков, $\varphi_k = 1,5$ для токарных станков с ЧПУ.

Рассчитываем время для каждого диаметра и сводим в табл. 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4 – Первый вариант технологического процесса

Операция	Тшт	Диаметр	Длина
Токарная 010	1,015002	30	93
	0,442381	32	38
	0,314323	36	24
	0,240108	44	15
	Итого	2,011814	
Токарная 015	0,624281	66	26
	0,208094	44	13
	0,261936	36	20
	0,624281	66	26
	Итого	1,09431	
Операция	Тшт	Диаметр	Длина
Токарная 020	0,021828	30	2
	0,023283	32	2
	0,03929	36	3
	0,048022	44	3

Итого	0,132423		
Токарная 025	0,03929	36	3
	0,032014	44	2
Итого	0,71305		
ИТОГО на деталь	3,309852		

Таблица 1.5 – Второй вариант технологического процесса

Операция	Тшт	Диаметр	Длина
Токарная 010	0,71145	30	93
	0,31008	32	38
	0,22032	36	24
	0,1683	44	15
	0,0153	30	2
	0,01632	32	2
	0,02754	36	3
	0,03366	30	2
ИТОГО	1,50297		
Операция	Тшт	Диаметр	Длина
Токарная 015	0,43758	30	2
	0,14586	32	2
	0,1836	36	3
	0,02754	44	3
	0,02244	36	3
Итого	0,81702		
ИТОГО на деталь	2,31999		

Для первого варианта:

$$C_0 = \frac{725 \cdot 3,31}{60 \cdot 1,3} = 30,76 \text{ коп.}$$

Для второго варианта:

$$C_0 = \frac{550 \cdot 2,32}{60 \cdot 1,3} = 23,32 \text{ коп.}$$

Таким образом по минимуму приведенных затрат отдаем предпочтение второму варианту. Так же второй вариант обладает меньшим штучным временем.

1.7 Выбор оборудования

Принимаем к работе следующее технологическое оборудование⁴:

МР-76М Станок фрезерно-центровальный;

Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3;

Вертикально-фрезерный станок 6Р12;

Полуавтомат круглошлифовальный врезной 3М153;

Зубофрезерный 5К310.

Приведем технические характеристики каждого станка.

МР-76М Станок фрезерно-центровальный

Технические характеристики:

Размеры обрабатываемой детали:

- диаметр: 25-800 мм;

- длина: 250-1000 мм;

Фрезерные головки:

- число скоростей шпинделя – 7;

- число оборотов шпинделя в минуту: 270-1254;

- подача - 20-400 мм/мин;

Сверлильные головки:

-число скоростей шпинделя: 6;

-число оборотов шпинделя в минуту: 238-1125;

-подача: 20-300 мм/мин;

Диаметр применяемого центровального сверла: 3x10, 6x15 мм;

Вес станка -8700 кг.

⁴ Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990: Учебник для вузов по инженерно-экономическим специальностям.

Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3

Станок 16К20Ф3 предназначен для токарной обработки в автоматическом режиме наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности по заранее составленной управляющей программе. Обработка происходит в один или несколько проходов в замкнутом автоматическом цикле. Установка заготовок осуществляется в патроне, а длинных – в центрах. Область применения станка: мелкосерийное и серийное производство.

Технические характеристики	Параметры
Диаметр обработки над станиной, мм	500
Диаметр обработки над суппортом, мм	200
Наибольшая длина обработки, 6-позиционная головка, мм	900
Наибольшая длина обработки, 8-позиционная головка, мм	750
Наибольшая длина обработки, 12-позиционная головка, мм	850
Наибольшая длина обработки в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший поперечный ход суппорта, мм	210
Наибольший продольный ход суппорта, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм	2000
Максимальная рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм	1000
Количество управляемых координат, шт.	2
Количество одновременно управляемых координат, шт.	2
Дискретность задания перемещения, мм	0,001
Пределы частот вращения шпинделя, мин-1	20 - 2500
Скорость быстрых перемещений суппорта - поперечного, мм/мин	2 400
Максимальная скорость быстрых продольных перемещений, мм/мин	15000
Максимальная скорость быстрых поперечных перемещений, мм/мин	7500
Количество позиций инструментальной головки	8

Технические характеристики	Параметры
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	3700 × 2260 × 1650
Масса станка, кг	4000

Вертикально-фрезерный станок 6P12

Вертикально-Фрезерный станок 6P12 предназначен для выполнения разнообразных фрезерных, сверлильных и расточных работ при обработке деталей любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов.

Технические характеристики вертикально-фрезерного станка 6P12

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Класс точности по ГОСТ 8-71		Н
Длина рабочей поверхности стола	мм	1250
Ширина рабочей поверхности стола	мм	320
Число Т-образных пазов		3
Наибольшее продольное перемещение стола	мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола	мм	240
Наибольшее вертикальное перемещение стола	мм	410
Наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до стола	мм	30-450
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины	мм	350
Перемещение стола на одно деление лимба (продольное, поперечное, вертикальное)	мм	0,05
Перемещение стола на один оборот лимба (продольное, поперечное и вертикальное)	мм	6, 6, 2
Наибольшая масса обрабатываемой детали	кг	250
Наибольшее осевое перемещение пиноли шпинделя	мм	70

Перемещение пиноли на один оборот лимба	мм	4
Перемещение пиноли на одно деление лимба	мм	0,05
Наибольший угол поворота шпиндельной головки	град	± 45
Цена одного деления поворота шпиндельной головки	град	1
Мощность привода главного движения	кВт	7,5
Частота вращения главного привода	об/мин	1460
Мощность привода подач	кВт	2,2
Частота вращения приводов подач	об/мин	1430
Длина станка	мм	2305
Ширина станка	мм	1950
Высота станка	мм	2020
Вес станка		3,12

Полуавтомат круглошлифовальный врезной 3М153

Станок предназначен для наружного шлифования цилиндрических и конических поверхностей деталей при установке их в невращающихся центрах. Торцевые поверхности обрабатываются левым торцом круга с использованием ручной подачи стола. Применяется в условиях серийного и крупносерийного производства

Технические характеристики 3М153

Наибольший диаметр заготовки, мм	140
Наибольшая длина заготовки, мм	500
Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм	550
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм	500x63
Пределы частоты вращения шпинделя Min об/мин	10
Пределы частоты вращения шпинделя Max об/мин	1900

Класс точности станка по ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	П
Частота вращения шпинделя бабки изделия, об/мин	50-1000
Мощность двигателя кВт	7,5
Габариты станка Длинна Ширина Высота (мм)	2150,1500,1950
Масса, кг	4000

Зубофрезерный 5К310

Универсальный зубофрезерный станок полуавтомат 5К310 предназначен для нарезания (фрезерования) цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных колес в условиях единичного и серийного производства. Нарезание зубчатых колес производится по способу обкатки (огибания) червячной фрезы и обрабатываемой заготовки попутным или встречным методами фрезерования. Станок работает по замкнутому полуавтоматическому циклу и по циклу наладки.

Технические характеристики зубофрезерного станка 5К310

Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	4
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°) с задней стойкой (с контрподдержкой), мм	200
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°) с отведенной задней стойкой (без контрподдержки), мм	
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических косозубых колес (30°), мм	
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических косозубых колес (45°), мм	
Наибольший угол наклона нарезаемых зубьев обрабатываемых колес, град	±60
Наибольший диаметр червячных нарезаемых колес, мм	
Наибольшая длина венца нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°), мм	
Наибольшая длина венца нарезаемых цилиндрических косозубых колес	

(30°), мм

Наибольшая длина венца нарезаемых цилиндрических косозубых колес
(45°), мм

Наименьшее число нарезаемых зубьев

Расстояние от оси шпинделя до направляющих суппорта, мм

Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм 2000 x 1300 x
2040

Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг 4350

1.8 Расчет припусков на механическую обработку

При выполнении работы припуски вычисляются расчетно-аналитическим методом и по таблицам. Расчет припусков и их определение по таблицам могут производиться только после выбора оптимального маршрута и способа получения заготовки⁵.

Рассчитаем на $\varnothing 36_{+0,002}^{+0,016}$ припуски расчетно-аналитическим методом, а для остальных поверхностей выберем по таблицам.

Для наружных и внутренних поверхностей вращения припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{imin} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho^2_{i-1} + \varepsilon^2_i}),$$

где Rz и T – величины определяющие качество поверхности. Для штампованных заготовок Rz = 150 мкм T=250 мкм;

При обработки в центрах

$$\rho = \Delta_k \cdot l,$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки, принимаем $\Delta_k = 1,5$ мкм/мм.

Длина детали l= 229 мм.

$$\rho = 1,5 \cdot 229 = 343,5 \text{ мкм}$$

П

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2}$$

⁵ Ковшов А.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987.

При закреплении в центрах погрешность установки $\varepsilon_y = 0$

Тогда получим припуск на черновое точение:

$$2z_{Imin} = 2(150 + 250 + \sqrt{343,5^2}) = 1487 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск на чистовое точение:

$$2z_{Imin} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}),$$

где Rz и T – величины, определяющие качество поверхности. Для обточенных заготовок Rz = 50 мкм T=50 мкм.

При обработке в центрах

$$\rho = \Delta_k \cdot l,$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки $\Delta_k = 1 \text{ мкм/мм.}$

Длина детали l= 229мм

$$\rho = 1 \cdot 229 = 229 \text{ мкм.}$$

Тогда получим припуск на чистовое точение:

$$2z_{Imin} = 2(50 + 50 + 229) = 658 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск на шлифование:

$$2z_{Imin} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}),$$

Где Rz и T – величины определяющие качество поверхности. Для обточенных заготовок Rz = 30 мкм T=30 мкм.

При обработки в центрах

$$\rho = \Delta_k \cdot l,$$

где Δ_k - удельная кривизна заготовки, принимаем $\Delta_k = 0,5 \text{ мкм/мм.}$

Длина детали l= 229мм

$$\rho = 0,15 \cdot 229 = 34,35 \text{ мкм.}$$

Тогда получим припуск на шлифование:

$$2z_{Imin} = 2(30 + 30 + 34,35) = 188,7 \text{ мкм}$$

Рассчитаем максимальные и минимальные межоперационные размеры:

$$d_4 = 36,002 + 0,1887 = 36,191 \text{ мм}$$

$$d_3 = 36,191 + 0,658 = 36,849 \text{ мм}$$

$$d_2 = 36,849 + 1,487 = 38,336 \text{ мм}$$

Рассчитаем максимальные значения межоперационных размеров:

$$d_{4max} = 36,002 + 0,014 = 36,016 \text{ мм}$$

$$d_{3max} = 36,191 + 0,039 = 36,23 \text{ мм}$$

$$d_{2max} = 36,849 + 0,25 = 37,099 \text{ мм}$$

$$d_{1max} = 38,336 + 0,6 = 38,936 \text{ мм}$$

Определим предельные значения припусков:

$$2z^{pp}_{Imin3} = 36,23 - 36,016 = 0,214 \text{ мкм}$$

$$2z^{pp}_{Imin2} = 37,099 - 36,23 = 0,869 \text{ мкм}$$

$$2z^{pp}_{Imin1} = 38,936 - 37,099 = 1,837 \text{ мкм}$$

Остальные припуски выбираем по ГОСТ 7505-74, табл. 1.5.

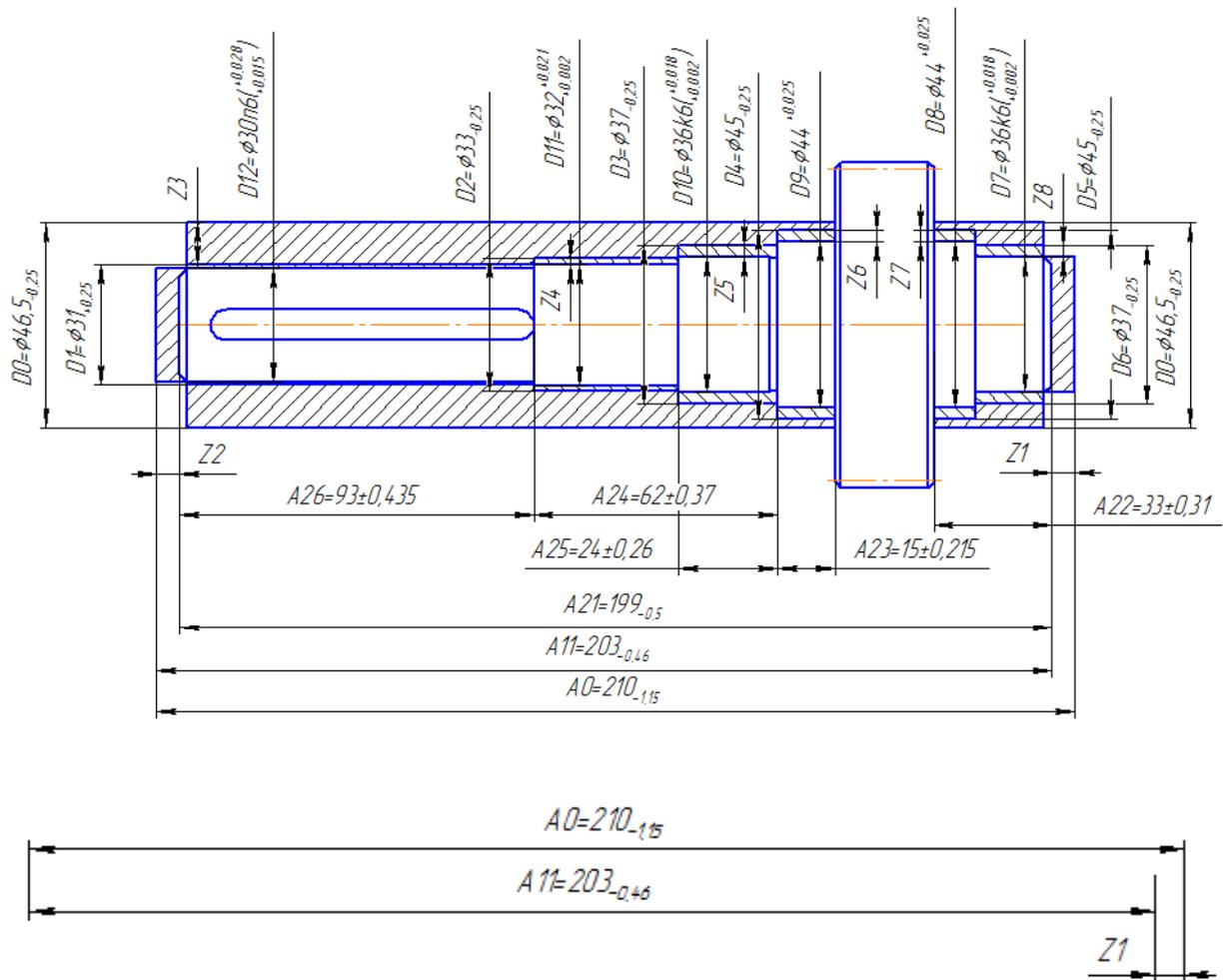
Таблица 1.5 – Выбор припусков на обработку

Размер	Припуск		Допуск
	Табличный	Расчетный	
$30^{+0,028}_{+0,015}$	2·1,5		±0,4
$32^{+0,021}_{+0,002}$	2·1,5		±0,4
$36^{+0,016}_{+0,002}$		2·1,46	±0,3
$44^{+0,025}$	2·2		±0,5
$66^{+0,1}$	2·2		±0,5

1.9 Размерный анализ

Цель размерного анализа состоит в оценке качества технологического процесса. При таком анализе проверяется, будут ли выдержаны припуски (минимальные) на обработку.

Размерный анализ проводим для проверки и расчета минимальных припусков, выдерживается при данном технологическом процессе конструкторские размеры.



Размерная схема подрезки торца

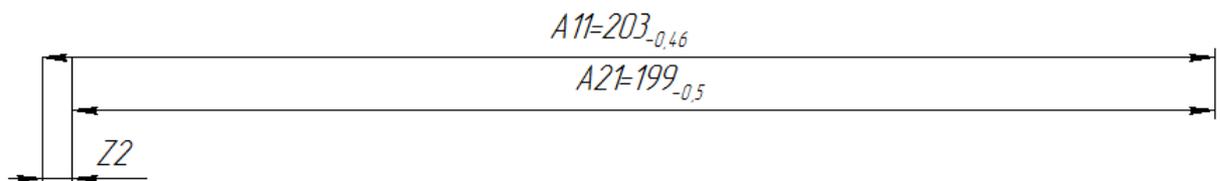
Из размерной схемы:

$$Z1 = A_0 - A_{11} = 210_{-1,15} - 203_{-0,46} = 7^{-0,46}_{-1,15} \text{ мм.}$$

$$Z1_{\text{min расч}} = 0,491 \text{ мм.}$$

$$Z1_{\text{min техн}} = 5,85 \text{ мм.}$$

$$Z1_{\text{min расч}} \leq Z1_{\text{min техн}}$$



Размерная схема подрезки торца

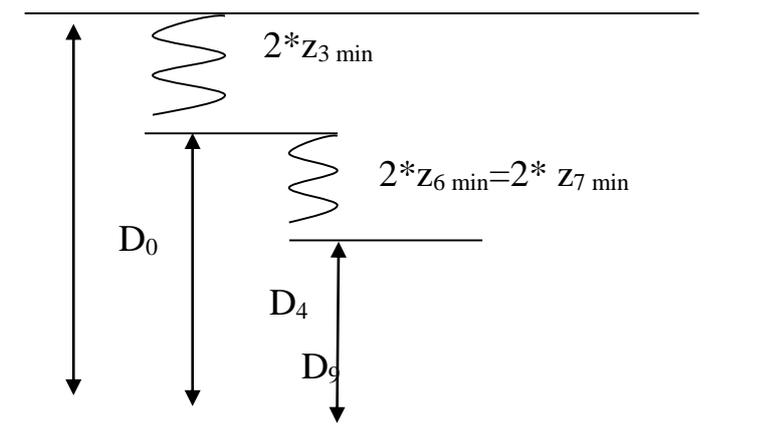
Из размерной схемы:

$$Z_2 = A_{11} - A_{21} = 203_{-0,46} - 199_{-0,50} = 4_{-0,46}^{-0,5} \text{ мм.}$$

$$Z_{1 \text{ min расч}} = 0,491 \text{ мм.}$$

$$Z_{1 \text{ min техн}} = 3,5 \text{ мм.}$$

$$Z_{1 \text{ min расч}} \leq Z_{1 \text{ min техн}}$$



Размерная схема обработки наружного диаметра: $\text{Ø}44^{+0,025}$

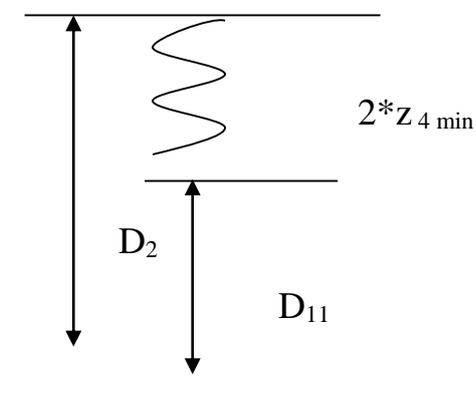
$$2*Z_{3 \text{ min}} = (D_0 - D_4) = (46,5_{-0,25} - 45_{-0,25}) = 1,5_{-0,25} \text{ мм.}$$

$$2*Z_{6 \text{ min}} = (D_4 - D_9) = (45_{-0,25} - 44^{+0,025}) = 1_{-0,275} \text{ мм.}$$

$$2*Z_{3 \text{ min расч}} = 0,982 \text{ мм.} \quad 2*Z_{6 \text{ min расч}} = 0,361 \text{ мм.}$$

$$2*Z_{3 \text{ min техн}} = 1,25 \text{ мм.} \quad 2*Z_{6 \text{ min техн}} = 0,725 \text{ мм.}$$

$$2*Z_{3 \text{ min расч}} \leq 2*Z_{3 \text{ min техн}} \quad 2*Z_{6 \text{ min расч}} \leq 2*Z_{6 \text{ min техн}}$$



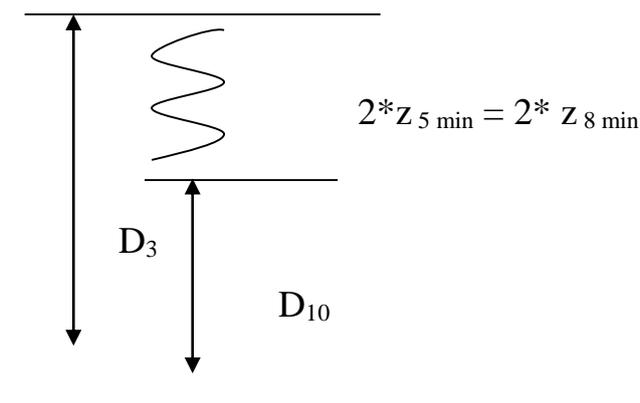
Размерная схема обработки наружного диаметра $\text{Ø}32^{+0,021}_{+0,002}$.

$$2 * Z_{4 \min} = (D_2 - D_{11}) = (33_{-0,25} - 32_{+0,021}^{+0,002}) = 1_{-0,271}^{-0,002} \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{4 \min \text{ расч}} = 0,361 \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{4 \min \text{ техн}} = 0,729 \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{4 \min \text{ расч}} \leq 2 * Z_{4 \min \text{ техн}}$$



$$2 * Z_{5 \min} = (D_3 - D_{10}) = (37_{-0,25} - 36_{+0,018}^{+0,002}) = 1_{-0,318}^{+0,318} \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{5 \min \text{ расч}} = 0,361 \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{5 \min \text{ техн}} = 0,682 \text{ мм.}$$

$$2 * Z_{5 \min \text{ расч}} \leq 2 * Z_{5 \min \text{ техн}}$$

1.10 Выбор инструмента и расчет режимов резания

Выбор режущего инструмента.

005 Фрезерно-центровальная

Фреза торцовая насадная с механическим креплением четырехгранных твердосплавных пластин.

2214-0362 ГОСТ 22085-76

$D=63$; $z=6$; $d=22$

Сверло центровочное комбинированное для центровых отверстий 60°

2317-0008 ГОСТ 14952-75

$d=5$; $l=12,5$; $L=66$

010 Программно-токарная

Резец проходной отогнутый с пластинами из твердого сплава 2102-0055 ГОСТ 18877-73 сечение резца 25×16 $L=120$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi_1 = 45^\circ$

Резец проходной упорный с пластинами из твердого сплава 2101-0057 и ГОСТ 18877-73 сечение резца 25×16 $L=120$ $\varphi = 90^\circ$ $f' = 10^\circ$

Резец канавочный с пластинами из твердого сплава 2130-0515 и ГОСТ 18874-73 сечение резца 25×16 $L=140$ $\varphi = 90^\circ$ $a = 1$

015 Программно-токарная

Резец проходной отогнутый с пластинами из твердого сплава 2102-0055 ГОСТ 18877-73 сечение резца 25×16 $L=120$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi_1 = 45^\circ$

Резец проходной упорный с пластинами из твердого сплава 2101-0057 и ГОСТ 18877-73 сечение резца 25×16 $L=120$ $\varphi = 90^\circ$ $f' = 10^\circ$

Резец канавочный с пластинами из твердого сплава 2130-0515 и ГОСТ 18874-73 сечение резца 25×16 $L=140$ $\varphi = 90^\circ$ $a = 1$

020 Фрезерная

Фреза концевая правая 2220-0009 ГОСТ 17025-71

$D=8$; $z=4$; $L=63$; $l=19$; $d=8$

030 Зубофрезерная

Фреза червячная 2510-4014 ГОСТ 9324-80

$D=90$; $z=14$; $L=90$; $l=5$; $d=40$ $m=2$

035 Шлифовальная

Шлифовальный круг

Круг ПП 500x63x305 25А 10-П С2 7 К1А 35м/с. А 1кл. ГОСТ 2424-83

Расчет режимов резания.

010 Фрезерно- центровальная.

Определяем глубину резания для фрезерования торцов $t=5$ мм.

Определяем подачу на зуб $S_z = 0.05$ мм/зуб

Определяем табличное значение скорости резания $V=170$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин.}$$
$$n = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 63} = 859 \text{ об/мин.}$$

Определяем минутную подачу

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 859 \cdot 6 = 258 \text{ мм/мин.}$$

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{S_{\text{мин}}} \cdot i, \text{ мин,}$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_o — фактическая подача детали мм/мин;

i — количество проходов.

Длина рабочего хода инструмента

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; принимаем $l_1 = 36$ мм;

l — длина обработки, $l=36$ мм;

l_2 — длина перебега, мм. $l_2=36$ мм.

$$L_p = 36 + 36 + 36 = 108 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{108}{258} \cdot 1 = 0,4 \text{ мин}$$

Определяем режимы резания при сверлении.

Глубина резания при сверлении равна

$$0,5D = 5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ мм}$$

Определим подачу при сверлении $S=0,05$ мм/об.

Определим скорость резания при сверлении $V=20$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 5} = 1237 \text{ об/мин}$$

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{n \cdot S_0} \cdot i \text{ мин,}$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_0 — фактическая подача детали мм/об;

i — количество проходов.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; принимаем $l_1 = 3$ мм;

l — длина обработки, $l = 20$ мм;

l_2 — длина перебега, мм, принимаем $l_2 = 0$ мм.

$$L_p = 3 + 20 + 0 = 23 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{23}{1237 \cdot 0,05} \cdot 1 = 0,37 \text{ мин}$$

Определим время холостого хода:

$$T_{xx} = 15 - 0,03((D_{\phi} + y + \Delta) + (l_{св} + y))$$

$$T_{xx} = 15 - 0,03((63 + 2 + 2) + (10 + 2)) = 0,25 \text{ мин.}$$

Определяем основное время

$$T_{осн} = T_0 + T_{xx} = 0,37 + 0,25 = 0,62$$

Операция 010 Программно-токарная.

Черновой проход проточка $\varnothing 30$.

Определяем глубину резания: $t = 1$ мм.

Определим подачу $S = 0,4$ мм/об.

Определим скорость резания $V = 37$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 30,9} = 309 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 300$ об/мин.

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{n \cdot S_0} \cdot i \text{ мин,}$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_0 — фактическая подача детали мм/об;

i — количество п проходов, так как обработка ведется с одной стороны детали принимаем $i=1$.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; $l_1 = 3$ мм.

l — длина обработки, $l = 93$ мм;

l_2 — длина перебега, мм. $l_2 = 0$ мм.

$$L_p = 3 + 93 + 0 = 96 \text{ мм},$$

$$T_0 = \frac{96}{300 \cdot 0,4} \cdot 1 = 0,6 \text{ мин.}$$

Чистовой проход прточка $\varnothing 30$.

Определяем глубину резания: $t = 0,4$ мм.

Определим подачу $S = 0,2$ мм/об.

Определим скорость резания $V = 40$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 30,2} = 424 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 400$ об/мин.

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{n \cdot S_0} \cdot i \text{ мин},$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_0 — фактическая подача детали мм/об;

i — количество проходов так как обработка ведется с одной стороны детали принимаем $i=1$.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; $l_1 = 3$ мм;

l — длина обработки, $l = 93$ мм;

l_2 — длина перебега, мм $l_2 = 0$ мм.

$$L_p = 3 + 93 + 0 = 96 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{96}{400 \cdot 0,2} \cdot 1 = 1,2 \text{ мин}$$

Проточка канавки шириной 2мм.

Определяем глубину резания: $t = 0,5$ мм.

Определим подачу $S = 0,08$ мм/об.

Определим скорость резания $V = 36$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 36}{\pi \cdot 35} = 327 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 400$ об/мин.

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{n \cdot S_0} \cdot i \text{ мин,}$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_0 — фактическая подача детали мм/об;

i — количество проходов так как обработка ведется с одной стороны детали принимаем $i = 1$.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; $l_1 = 3$ мм.

l — длина обработки, $l = 0,5$ мм;

l_2 — длина перебега, мм. $l_2 = 0$ мм.

$$L_p = 3 + 0,5 + 0 = 3,5 \text{ мм,}$$

$$T_0 = \frac{3,5}{400 \cdot 0,08} \cdot 1 = 0,11 \text{ мин}$$

Остальные переходы рассчитываем аналогично, данные расчетов заносим в табл. 1.6, табл. 1.7.

Таблица 1.6 – Режимы резания операция 010

Наименование перехода	t мм.	L мм.	S мм/мин.	V м/мин.	N об/мин.	T ₀ мин.
Точить Ø30 в размер 93	1	96	0,4	30	315	0,8
Точить Ø32 в	1	40	0,4	30	315	0,3

размер 24									
Точить Ø36 в размер 24	1	30	0,4	30	250	0,28			
Точить Ø44 в размер 15	1	18	0,3	26	200	0,3			
Точить Ø66 на проход	1	32	0,26	30	160	0,76			
Точить Ø30 в размер 93	0,3	96	0,2	36	400	1,6			
Точить Ø32 в размер 24	0,3	40	0,2	36	400	0,3			
Точить Ø36 в размер 24	0,3	30	0,2	35	315	0,28			
Точить Ø44 в размер 15	0,3	18	0,15	30	200	0,6			
Точить Ø66 на проход	0,3	32	0,12	34	160	1,7			
Точить кнавку Ø35x2	0,5	3,5	0,08	36	400	0,11			
ИТОГО							7,03		

Таблица 1.7 – Режимы резания операция 015

Наименование перехода	t мм.	L мм.	S мм/мин.	V м/мин.	N об/мин.	T ₀ мин.
Точить Ø36 в размер 20	1	23	0,4	30	250	0,23
Точить Ø44 в размер 33	1	16	0,3	26	200	0,26
Точить Ø36 в размер 24	0,3	23	0,2	35	315	0,36

Точить Ø44 в размер 15	0,3	16	0,15	30	200	0,53
Точить канавку Ø35x2	0,5	3,5	0,08	36	400	0,11
ИТОГО						1,49

Операция 020 Фрезерная

Определяем глубину резания $t=4$ мм.

Определяем подачу на зуб $S_z = 0,01$ мм/зуб

Определяем табличное значение скорости резания $V=32$ м/мин.

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 32}{\pi \cdot 8} = 1273 \text{ об/мин}$$

Определяем частоту вращения по паспорту станка 1200 об/мин.

Определяем минутную подачу

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot n \cdot z = 0,01 \cdot 1200 \cdot 4 = 48 \text{ мм/мин}$$

Определяем основное машинное время по формуле:

$$T_0 = \frac{L_p}{S_{\text{мин}}} \cdot i \text{ мин,}$$

где L_p — длина рабочего хода инструмента, мм;

S_0 — фактическая подача детали мм/мин;

i — количество проходов.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; принимаем $l_1 = 5$ мм;

l — длина обработки, $l=69$ мм;

l_2 — длина перебега, мм. $l_2=3$ мм.

$$L_p = 5 + 69 + 3 = 77 \text{ мм,}$$

$$T_0 = \frac{77}{48} \cdot 1 = 1,6 \text{ мин.}$$

Операция 030 Зубофрезерная

Определяем глубину резания $t=4\text{мм}$.

Определяем подачу на оборот фрезы $S_o = 1,6 \text{ мм/об}$.

Определяем табличное значение скорости резания $V=40 \text{ м/мин}$.

Определяем частоту вращения фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}$$
$$n = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 90} = 141 \text{ об/мин}$$

Определяем частоту вращения по паспорту станка 140 об/мин .

Определим основное время:

$$T_o = \frac{L_p \cdot Z_d}{S_o \cdot n \cdot \varepsilon \cdot a} \text{ мин.}$$

где L_p – длина рабочего хода, мм.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; принимаем $l_1 = 26\text{мм}$;

l — длина обработки, $l=26 \text{ мм}$;

l_2 — длина перебега, мм, $l_2=26 \text{ мм}$.

$$L_p = 26 + 26 + 26=78\text{мм},$$

где Z_d -число зубьев детали, $Z_d = 31$;

S_o – подача на оборот фрезы: $S_o = 1,6 \text{ мм/об}$;

n – частота вращения фрезы об/мин;

ε – число заходов фрезы, принимаем $\varepsilon = 1$;

a – количество одновременно обрабатываемых деталей, принимаем

$a=1$

$$T_o = \frac{78 \cdot 31}{1,6 \cdot 141 \cdot 1 \cdot 1} = 10,7 \text{ мин}$$

030 Шлифовальная

Расчитаем режимы резания

Для шлифовки $\text{Ø}30_{+0,015}^{+0,028}$

Выбираем теоретическую скорость резания по нормативам:

$$V^T=25 \text{ м/мин.}$$

Выбираем продольную подачу:

$$S_{\text{пр}}=(0,2\dots0,3)b,$$

где b – ширина шлифовального круга $b=63\text{мм}$;

$$S_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 63 = 12,6 \text{ мм/об}$$

Выбираем поперечную подачу $S_t = 0,005 \dots 0,05$ мм/ход стола.

Уточняем величину поперечной подачи по паспортным данным станка

$S_t = 0,03$ мм/ход стола.

Определяем расчетную частоту вращения по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин,}$$

где V – скорректированная скорость резания м/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 30,25} = 263 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспортным данным станка 250 об/мин.

Определяем фактическую частоту вращения по паспортным данным:

$$n_{\text{ф}} = 250 \text{ об/мин.}$$

Определяем основное время по формуле:

$$T_0 = \frac{2 \cdot L_p \cdot h}{n \cdot S_{\text{пр}} \cdot S_t} \cdot k, \text{ мин,}$$

где L_p – длина рабочего хода стола шлифовального круга, мм;

h – припуск на обработку на сторону мм;

n – частота вращения обрабатываемого изделия, об/мин;

$S_{\text{пр}}$ – продольная подача мм/об;

S_t – глубина резания (поперечная подача)мм;

k – коэффициент учитывающий износ круга, принимаем $k = 1,2$.

Определяем ход стола по формуле:

$$L = l + \frac{\beta}{2} \text{ мм,}$$

где l – длина шейки, по рабочему чертежу $l=93$ мм;

b – ширина шлифовального круга мм, $b = 63\text{мм}$.

$$L = 93 + \frac{63}{2} = 124,5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{2 \cdot 124,5 \cdot 0,1}{250 \cdot 12,6 \cdot 0,03} \cdot 1,2 = 0,32 \text{ мин}$$

Режимы резания на другие шейки вала шестерни рассчитываем аналогично и сводим в табл. 1.8, табл. 1.9.

Таблица 1.8 – Режимы резания, операция 035

Наименование перехода	t мм.	L _p мм.	S _t мм/ход.	V м/мин.	N об/мин.	T ₀ мин.
Шлифовать Ø30 в размер 93	0,1	124,5	0,03	25	250	0,32
Шлифовать Ø32 в размер 24	0,1	69,5	0,03	25	250	0,18
Шлифовать Ø36 в размер 24	0,1	55,5	0,02	30	250	0,21
Шлифовать Ø44 в размер 15	0,1	49,5	0,04	25	200	0,12
ИТОГО						0,83

Таблица 1.9 – Режимы резания, операция 040

Наименование перехода	t мм.	L _p мм.	S _t мм/ход.	V м/мин.	N об/мин.	T ₀ мин.
Шлифовать Ø36 в размер 20	0,1	51,5	0,02	30	250	0,20
Шлифовать Ø44 в размер 33	0,1	47,5	0,04	25	200	0,11
ИТОГО						0,31

1.11 Техническое нормирование

Расчитаем нормы вспомогательного и штучного времени по операциям⁶.

Операция 005 Фрезерно-центровальная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,12 мин.

Время связанное с переходом 0,05 мин.

Время на измерение 0,07 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{оп} = T_о + T_{вс} = 0,62 + 0,24 = 0,86 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{8}{100} = 0,86 \cdot \frac{8}{100} = 0,07 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт.} = T_о + T_{вс} + T_{об}$$

$$T_{шт.} = 0,62 + 0,24 + 0,07 = 0,93 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{пз} = 15 \text{ мин.}$

Определяем штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N}$$

$$T_{шк} = 0,93 + \frac{15}{625} = 0,95 \text{ мин}$$

Операция 010 Программно-токарная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,12 мин.

Время связанное с переходом 0,27 мин.

Время на измерение 1,2 мин.

⁶ Методические основы нормирования труда рабочих в народном хозяйстве. 3-е изд-е, доп. и перераб. – М.: Экономика, 1987. – 225 с.

Время на замену инструмента 0,3 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{вс}} = 7,03 + 1,86 = 8,86 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{\text{оп}} \cdot \frac{8}{100} = 8,86 \cdot \frac{8}{100} = 0,71 \text{ мин}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{вс}} + T_{\text{об}}$$

$$T_{\text{шт.}} = 8,86 + 1,86 + 0,71 = 11,43 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{\text{пз}} = 40 \text{ мин}$.

Определяем штучно каркуляционное время:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N}$$

$$T_{\text{шк}} = 11,43 + \frac{40}{625} = 11,494 \text{ мин}$$

Операция 015 Программно-токарная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,12 мин.

Время связанное с переходом 0,15 мин.

Время на измерение 0,3 мин.

Время на замену инструмента 0,3 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{вс}} = 1,49 + 0,87 = 2,36 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{\text{оп}} \cdot \frac{8}{100} = 2,36 \cdot \frac{8}{100} = 0,19 \text{ мин}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{вс}} + T_{\text{об}}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,49 + 0,87 + 0,19 = 2,55 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{ПЗ} = 40$ мин.

Определяем штучно каркуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{ПЗ}}{N}$$

$$T_{шк} = 2,55 + \frac{40}{625} = 2,614 \text{ мин}$$

Операция 020 Фрезерная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,22 мин.

Время на очистку от стружки 0,05 мин.

Время связанное с переходом 0,5 мин.

Время на измерение 0,07 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{вс} = 1,6 + 0,84 = 2,44 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{8}{100} = 2,44 \cdot \frac{8}{100} = 0,19 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт.} = T_o + T_{вс} + T_{об}$$

$$T_{шт.} = 1,6 + 0,84 + 0,19 = 2,63 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{ПЗ} = 12$ мин.

Определяем штучнокаркуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{ПЗ}}{N}$$

$$T_{шк} = 2,63 + \frac{12}{625} = 2,649 \text{ мин.}$$

030 Зубофрезерная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,25 мин.

Время на очистку от стружки 0,05 мин.

Время связанное с переходом 2,5 мин.

Время на измерение 0, 5 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{вс} = 10,7 + 3,3 = 14 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{5}{100} = 14 \cdot \frac{5}{100} = 0,7 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт.} = T_o + T_{вс} + T_{об}$$

$$T_{шт.} = 10,7 + 3,3 + 0,7 = 14,7 \text{ мин.}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{пз} = 30 \text{ мин.}$

Определяем штучнокаркуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N}$$

$$T_{шк} = 14,7 + \frac{30}{625} = 14,748 \text{ мин.}$$

Операция 035 Шлифовальная.

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,7 мин.

Время на очистку от стружки 0,05 мин.

Время связанное с переходом 3,5 мин.

Время на измерение 0,5 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{вс} = 0,83 + 4,75 = 5,58 \text{ мин.}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{8}{100} = 5,58 \cdot \frac{8}{100} = 0,45 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт.} = T_o + T_{вс} + T_{об}$$

$$T_{шт.} = 0,83 + 4,75 + 0,45 = 6,03 \text{ мин.}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{ПЗ} = 12$ мин.

Определяем штучнокаркуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{ПЗ}}{N}$$
$$T_{шк} = 6,03 + \frac{12}{625} = 6,05 \text{ мин.}$$

Операция 040 Шлифовальная

Определяем вспомогательное время:

Время на установку и снятие детали 0,7 мин.

Время на очистку от стружки 0,05 мин.

Время связанное с переходом 1,5 мин.

Время на измерение 0,15 мин.

Определим оперативное время:

$$T_{оп} = T_о + T_{вс} = 0,31 + 2,4 = 2,71 \text{ мин}$$

Определим время на облуживание рабочего места в размере 8% от оперативного времени.

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{8}{100} = 2,71 \cdot \frac{8}{100} = 0,22 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт.} = T_о + T_{вс} + T_{об}$$
$$T_{шт.} = 0,31 + 2,4 + 0,22 = 2,93 \text{ мин.}$$

Определяем подготовительно-заключительное время: $T_{ПЗ} = 12$ мин.

Определяем штучнокаркуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{ПЗ}}{N}$$
$$T_{шк} = 2,93 + \frac{12}{625} = 2,95 \text{ мин.}$$

2. Конструкторская часть

2.1 Разработка приспособления для ориентации и закрепления заготовки

Проводя анализ технологического процесса при ходим к выводу, что на всех операциях оптимальным будет применение универсальных приспособлений для закрепления и ориентации заготовки. Только в случае операции 020 фрезерование шпоночного паза могут возникнуть сложности при её базировании, так как универсальные приспособления (машинные тиски; упоры; прихваты) не обеспечат необходимой точности установки детали. Для точной установки детали в данном случае оптимальным будет установка её в опорных призмах.

Исходя из сложности установки детали на фрезерной операции 020 где производится фрезерование шпоночного паза принимаем решение о разработке приспособления для данной операции. Так как деталь является телом вращения, то базовыми поверхностями являются цилиндрические поверхности шеек вала шестерни и торцовые поверхности детали.

Исходя из этого принимаем решение о схеме базирования детали на цилиндрических поверхностях в призмах и упором в торец.

Разработанная конструкция представлена на рисунке 2.1.

Разработанная конструкция проста изготовлении и при её изготовлении использованы в основном стандартные и унифицированные детали, исключением является деталь корпус поз. 1 и деталь пластина поз.2, которые необходимо изготовить.

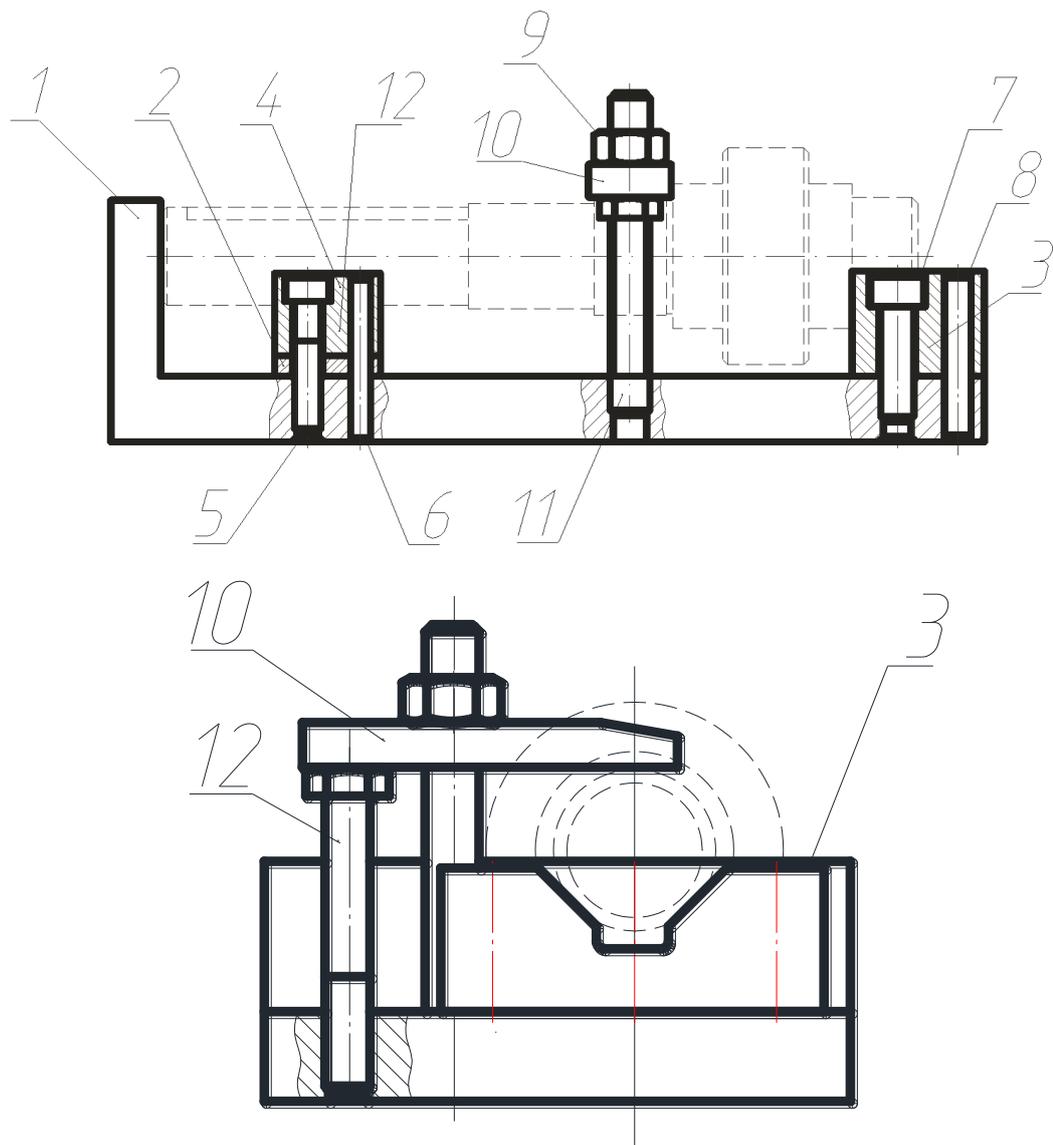


Рисунок 2.1 – Эскиз приспособления

Деталь в приспособлении устанавливается на призмы 3 и 4 с упором в торец корпуса 1, затем при помощи упора 10 и гайки 9 деталь фиксируется в этом положении.

Выполним проектные расчеты.

Расчитаем необходимое усилие для закрепления детали. Для этого расчитаем силу резания, возникающую при фрезеровании шпоночного паза.

Сила резания при фрезеровании:

$$P = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n}{D^q \cdot n^w},$$

где: t – глубина резания, в нашем случае она равна ширине паза $t=8$ мм;

B – ширина фрезерования, $B=4$ мм;

D – диаметр фрезы, $D=8$ мм;

n – частота вращения фрезы, $n=1273$;

Коэффициент C_p и показатели степени принимаем по справочнику.

$$P = \frac{10 \cdot 86,2 \cdot 8^{0.86} \cdot 0.01^{0.72} \cdot 4^{0.1}}{8^{0.86} \cdot 1273^0} = 54,5 \text{ Н.}$$

Расчитаем крутящий момент резания:

$$M_{\text{рез}} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{54,5 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 2,18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В нашем случае сила зажима будет равна:

$$Q \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot l_1 + Q \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot l_2 = \frac{2 \cdot k \cdot M_{\text{рез}}}{d}$$

Уравнение составлено согласно схеме сил приведенной на рисунке 2.2.

В этом уравнении

Q – сила зажима;

f – коэффициент трения в призмах, принимаем $f=0,15$;

k – коэффициент запаса, принимаем $k=1,2$.

Из уравнения получим:

$$Q = \frac{2 \cdot k \cdot M_{\text{рез}}}{d \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} (l_1 + l_2)}$$

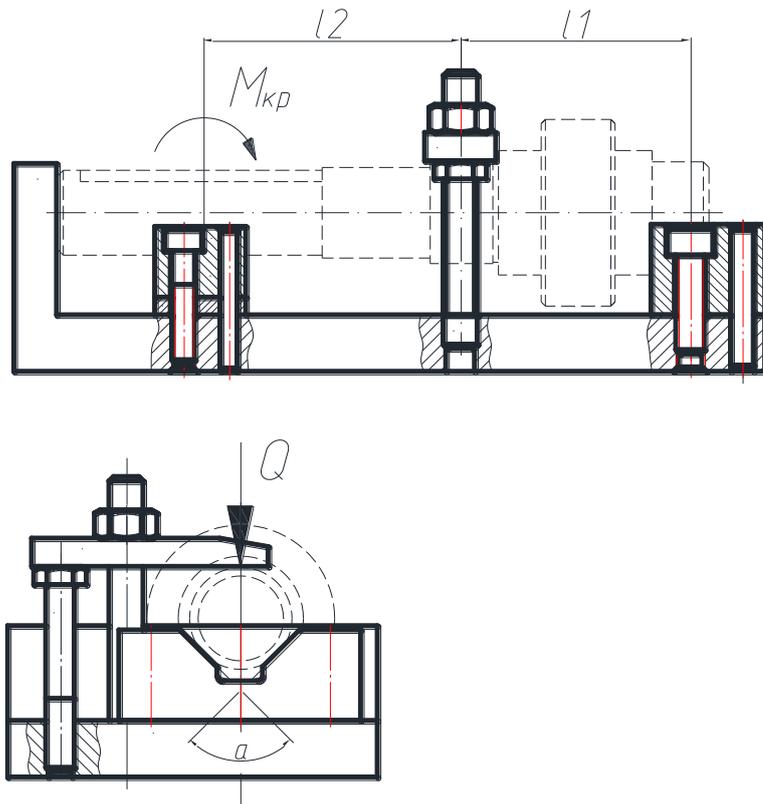


Рисунок 2.2 – Схема сил и моментов в приспособлении

Тогда сила зажима будет равна:

$$Q = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 2,18}{0,008 \cdot 0,15 \cdot \sin \frac{60}{2} (0,08 + 0,09)} = 4705 \text{ Н}$$

Расчитаем крутящий момент, необходимый для зажима детали:

$$M_p = Q \frac{d_{cp}}{2} \cdot \tan(\alpha + \varphi_{пр}),$$

где d_{cp} – средний диаметр резьбы, для резьбы М12 $d_{cp}=10,863\text{мм}$
 $=0,0108\text{м}$;

α – угол наклона витков резьбы;

$\varphi_{пр}$ – приведенный угол трения.

Величину $\tan(\alpha + \varphi_{пр})$ принимаем по справочнику $\tan(\alpha + \varphi_{пр}) =$
 $0,2028$

Тогда получим:

$$M_p = 4705 \frac{0,0108}{2} \cdot 0,2028 = 5,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Усилие на рукоятке ключа составит 25 Н. Так как оптимальное усилие рабочего в данном случае не должно превышать 49 Н, то данные условия приемлемы для работы, а необходимое усилие зажима достижимо.