

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра Стандартизация, сертификация и технология машиностроения

Нурбак Дархан Жайлыбекулы

Разработать технологический процесс изготовления детали «вал» и сборки
изделия «стенд», годовая программа 2000 штук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

Специальность 5В071200 - Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра Стандартизация, сертификация и технология машиностроения

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой ССиТМ

канд. техн. наук, доцент

Альпеисов А.Т.

« 08 » 08 2019г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Разработать технологический процесс изготовления детали «вал» и
сборки изделия «стенд» , годовая программа 2000 штук»

по специальности 5В071200 - Машиностроение

Выполнил:

Н.Ж.

Нурбак Д.Ж.

Рецензент

Научный руководитель

Технолог АО «Алматинский вогоноремонтный завод»

Е.С. Ескара
«08» 1 май 2019г.

Е.С. Аскаров
«08» 1 май 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева
Кафедра стандартизации, сертификации и технологии машиностроения
Шифр и наименование специальности 5B071200 – Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ССИТМ
канд.техн.наук, доцент
(ученая степень, звание)
Альпеисов А.Т.
подпись Ф.И.О.
“ 06 ” 11 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Нурбак Дархан Жайлыбекулы
Тема Разработать технологический процесс изготовления детали «вал» и сборки изделия «стенд», годовая программа 2000 штук
Утверждена приказом по университету № 1252-б от «06» 11 2018 г.
Срок сдачи законченной работы «14» мая 2019г.
Исходные данные к дипломному проекту:
Сборочный чертёж вала, годовой программы 2000 штук
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:
а) Анализ технологичности конструкции заданного изделия
б) Анализ технических условий на изготовление деталей
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) Сборочный чертёж вала и шестерни зубчатого колеса - А1
схемы сборки А1, рабочие чертежи - А1.
Рекомендуемая основная литература из 22 наименований

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	примечание
Проектирование технологии изготовления вала	11.02 – 26.02.2019	
Разработка технологии обработки вала	20.02-18.03.2019	
Проектирование сборочного маршрута	26.03-24.04.2019	

ПОДПИСИ

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование раздела	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	Исабеков Ж.Н.	11.05.19	

Научный руководитель _____ / Аскарлов Е.С. /
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание приняла к исполнению студент _____ / Нурбак Д.Ж. /
(подпись) (Ф.И.О.)

Дата « 11 » 02 2019г.

АНДАТПА

Сериялы өндіріс шарттарындағы біліктің шығарылымы бойынша механизм жинайтын цех қойылған есептен сүйене жобаланған. Біліктің технологиялық үдерісі айдаушы, мүмкіндік беретін оның жасауына уақыт азайтуға жасаған.

Кесу және біліктің өңдеуін уақыттың тәртіптерінің есептеулері келтірілген. Кілтек ойықтарының қыруды операцияға арналған қырғы құрал-сайманы жасалған. Қаттылықтың жоғарылатулары үшін токарь операцияларына қозғалатын Люнетті қолданамыз.

АННОТАЦИЯ

Исходя из поставленной задачи, спроектирован механосборочный цех по выпуску вала в условиях серийного производства. Разработан технологический процесс вала, позволяющий снизить время на его изготовление.

Приведены расчеты режимов резания и времени обработки вала. Разработано фрезерное приспособление для операции фрезерование шпоночных пазов. На токарных операциях для повышения жесткости применяем подвижный люнет.

ANNOTATION

Proceeding from a task in view, the machine-assembling shop on shaft release in the conditions of a batch production is designed. Technological process of a shaft is developed, allowing to lower time for its manufacturing.

Calculations of cutting modes and time of processing of a shaft are resulted. The milling adaptation is developed for operation milling grooves. On turning operations the mobile lunette is applied to rigidity increase.

Labour safety and safety precautions questions on a site are considered. The feasibility report on the developed technological process is executed.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Проектирование технологического процесса сборки вала приводного	8
1.1 Служебное назначение узла и анализ технических требований на сборку	8
1.2 Анализ технологичности конструкции заданного изделия	9
1.3 Разработка технологической схемы сборки	10
1.4 Выбор организационной формы сборки	10
2 Проектирование технологического процесса изготовления вала	12
2.1 Анализ технических условий на изготовление детали	12
2.2 Определение типа производства	12
2.3 Технологический анализ конструкции детали	14
2.4 Выбор метода получения заготовки	15
2.5 Разработка маршрута обработки заготовки (выбор баз, вида оборудования и оснастки)	16
2.6 Расчет промежуточных и общих припусков	18
2.7 Расчет режимов обработки	19
2.8 Нормирование технологических операций и определение трудоемкости производства детали	25
3 Проектирование фрезерного приспособления	33
3.1 Разработка схемы сил, действующих на заготовку	33
3.2 Расчет силы зажима и параметров силового устройства	33
3.3 Описание конструкции и принципа действия приспособления.	34
Заключение	35
Список использованной литературы	36
Приложение	
Спецификации	

ВВЕДЕНИЕ

Рост промышленности и народного хозяйства в значительной мере зависят от уровня развития машиностроения. В настоящее время важно - качественно, дешево, в заданные сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив современную высокопроизводительную технику, оборудование, инструмент, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производства.

При проектировании технологических процессов изготовления детали вал приводной необходимо учитывать основные направления в современной технологии машиностроения:

- приближение заготовок по форме, размерам и качеству поверхностей к готовым деталям, что дает возможность сократить расход материала, значительно снизить трудоемкость обработки деталей на металлорежущих станках, а также уменьшить затраты на режущие инструменты, электроэнергию и прочее;

- повышение производительности труда путем применения: автоматических линий, автоматов, агрегатных станков, станков с ЧПУ, более совершенных методов обработки, новых марок материалов режущих инструментов;

- концентрация нескольких различных операций на одном станке для одновременной или последовательной обработки большим количеством инструментов с высокими режимами резания.

Процесс создания машины складывается в основном из двух частей: проектирования и изготовления.

Применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, методов упрочнения рабочих поверхностей, эффективное использование автоматических и поточных линий, станков с ЧПУ - все это направлено на решение главных задач: повышение эффективности производства и качества продукции.

При разработке данного проекта, графической части и расчетно-пояснительной записке, были использованы: компьютерная среда автоматизации инженерно - графических работ AutoCAD 2016 и текстовый редактор Microsoft Word 2010, соответственно.

1 Проектирование технологического процесса сборки вала

1.1 Служебное назначение узла и анализ технических требований на сборку

Стенд для испытания зубчатых колес СТ301, в дальнейшем «Стенд», предназначен для испытания зубчатых колес на износ, силовые воздействия статического и динамического характера, реверс и т.д.

Кинематическая схема Стенда.

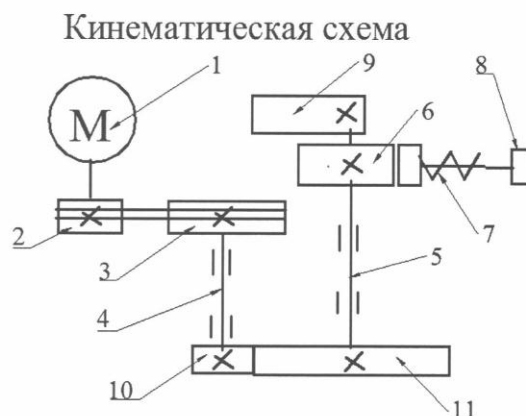


Рисунок 1. Кинематическая схема

Мотор постоянного тока 1 вращает шкив 2, который через ремни вращает шкив 3, жестко установленный на приводном валу 4. На валу 4 ставится зубчатое колесо 10. Это колесо 10 вращает зубчатое колесо 11, которое установлено на валу 5. На валу 5 установлены тормозной диск 6, поджатый колодкой 7 с пружиной. Усилие пружины регулируется винтом 8. На валу 5 также установлен сегмент- эксцентрик 9 со смещенным центром.

Схемы испытаний. Испытуемое колесо 11.

1. Испытания на надежность. На стенд ставится колесо 11. Пружиной 7 устанавливается средняя статическая нагрузка. Сегмент 9 отсутствует. Имеется масляная ванна. Мотор 1 на постоянной скорости вращает стенд определенное время (5...10 часов). Исследуется износ колеса.
2. Испытание на реверс. То же , что и в п.1. Но в определенное время меняется направление вращения мотора 9.
3. Испытание на статическую повышенную нагрузку. То же , что в п.1. Но нагрузка пружины 7 увеличена в несколько раз.
4. Сравнительные испытания. То же , что в п.1. Вместо колеса 11 ставится два колеса, ширина которых в 2 раза меньше колеса 11.

5. Динамические испытания. То же, что в п1. Устанавливается сегмент 9. Он создает динамическую переменную нагрузку. Исследуется износ колеса 11.
6. Скоростные испытания колеса. Колеса 10 и 11 поменять местами.

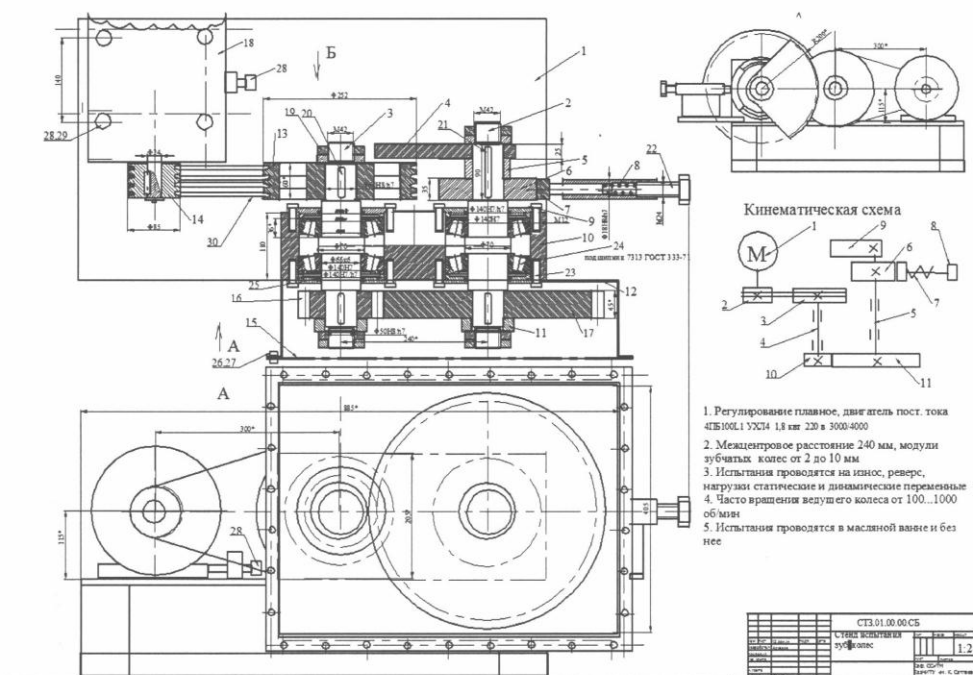


Рисунок 2- Сборочный чертеж

1.2 Анализ технологичности конструкции заданного изделия

Технологичность конструкции является комплексным понятием, относящимся как в целом к изделию, так и его составным частям: узлам, агрегатам и деталям.

Для обеспечения технологичности конструкции сборочной единицы в процессе конструирования изделия должны быть выполнены следующие условия:

полная взаимозаменяемость деталей и узлов сборочной единицы, т.е. конструктивной оформление деталей и узлов, исключающее подгоночные работы в процессе установки;

-обеспечение удобного подхода при использовании монтажно-сборочных инструментов и приспособлений.

Соблюдение этих условий позволяет выбрать наиболее оптимальный и прогрессивный вариант организации сборки.

Анализ технологичности изделия производится с учетом типа производства и метода выполнения работ. Конструкция узла обеспечивает удобство сборки и разборки. При снятых крышках возможен визуальный контроль количества смазки; удобство и простоту замены износившихся подшипников. Применяемые посадки обеспечивают взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц.

Эффективными методами повышения технологичности конструкции сборочной единицы являются типизация и унификация конструктивных компоновок, узлов и деталей в пределах однотипных групп объектов производства. Унификация и стандартизация элементов сборочных единиц должны ограничивать применение типоразмеров таких конструктивных элементов, как болты, резьбы, модули зубчатых колес, диаметры отверстий.

1.3 Разработка технологической схемы сборки

Под сборкой понимают совокупность операций по установке деталей в сборочное положение и соединение их в сборочные единицы в определенной технологической последовательности и проверке взаимодействия их в изделии, соответствующего установленным техническим требованиям. [2]

Технологическая схема сборки (рисунок 2) является основой для проектирования технологических процессов сборки. На основе схемы сборки определяют общий маршрут сборки изделия, поступление деталей на рабочие места и оборудование рабочих мест при сборке.

Сборку начинают с установки базовой детали - вала. Далее на него устанавливают 2 крышки, уплотнители с обеих сторон. Потом устанавливаем деталь в корпус, устанавливаем подшипники и закрываем крышками.

1.4 Выбор организационной формы сборки

Основные формы организации технологических процессов определены ГОСТ 14312-74.

На основе изучения назначения изделия, его сборочных и рабочих чертежей, а также намеченного объема выпуска изделия в целом и его

сборочных единиц выбирают вид и организационную форму процесса сборки. На рисунке 3 показаны возможные организационные формы производственного процесса сборки.



Рисунок 3. Виды и организационные формы производственных процессов сборки изделия

В данном проекте производство среднесерийное, следовательно, организация работ — стационарная поточная сборка с регламентированным темпом. Объектов сборки несколько, они расставлены на стендах в линию.

Объем работ расчленен на комплексы, количество которых равно числу одновременно собираемых изделий

Процесс сборки является заключительным этапом, в значительной степени определяющим его основные эксплуатационные качества. Для обеспечения рентабельности сборки и наиболее полного использования рабочего времени на всех рабочих местах необходимо добиться синхронности всех операций, то есть, чтобы время, затрачиваемое на каждую из них, было примерно одинаковым.

2 Проектирование технологического процесса изготовления вала

2.1 Анализ технических условий на изготовление детали

Технические требования на изготовление изделия или сборочной единицы характеризуют основные параметры их качества, проверяемые при окончательном контроле или испытаниях. Поэтому важно правильно определить технические требования детали.

Чертёж детали даёт полное представление о конфигурации, конструкции, размерах, их точности формы всех поверхностей детали, материале и соответствует стандартам на оформление конструкторской документации. Имеющихся на чертеже видов, проекций, разрезов, выносных элементов вполне достаточно для понимания общего вида изделия.

На чертеже достаточно информации о материале: Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Вал имеет ряд допусков на изготовление.

- требования по точности размеров: неуказанные предельные отклонения Н14, h14, ± IT14/2, желательно, чтобы часть размеров было выполнено по более высокому качеству.

- требования по шероховатости: шероховатость основных и базовых поверхностей $Ra=2,5-3,2$ мкм, шероховатость неуказанных поверхностей $Ra=12,5$ мкм, что является приемлемым.

- требование по форме поверхностей:

2.2 Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о.}$, который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение определенного времени, к числу рабочих мест. Коэффициент определяется по формуле 1:

$$K_{з.о.} = \Sigma O_i / P_{я}, \quad (1)$$

где ΣO_i - суммарное число различных операций;

$P_{я}$ - явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операций.

Расчет ведется с учетом основных операций механической обработки и типов металлообрабатывающего оборудования.

Исходные данные:

- годовая программа выпуска изделий: $N=2000$ шт;

- количество деталей в изделии: $m=1$;

- режим работы предприятия: 1 смены в сутки;

- ориентировочный тип производства –серийное.

Определяем нормативный коэффициент загрузки рабочего места.

Расчетное число станков [3,20]:

$$m_{\text{рас}} = \frac{T_{\text{шт}} \cdot N}{F_g \cdot 60 \cdot n_n}, \quad (2)$$

где n_n - нормативный коэффициент загрузки оборудования (для серийного производства принимаем $n_n=0,75$);

$N = 2000$ шт - программа выпуска;

$F_g = 2030$ часов - действительный годовой фонд времени работы оборудования [3,22 табл 2,1].

$$m_{p005} = \frac{5 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,055,$$

$$m_{p010} = \frac{10,02 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,11,$$

$$m_{p015} = \frac{8,44 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,092,$$

$$m_{p020} = \frac{20,02 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,219,$$

$$m_{p025} = \frac{14,54 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,159,$$

$$m_{p035} = \frac{5,56 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,061,$$

$$m_{p040} = \frac{5,57 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,061,$$

$$m_{p045} = \frac{4,31 \cdot 2000}{2030 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,047.$$

Коэффициент загрузки оборудования η_z равен расчетному числу станков так как принятое число станков на одну операцию $m_{\text{пр}}=1$.

Число операций выполняемых на одном месте [3,21]:

$$O = \frac{\eta_n}{\eta_z}, \quad (3)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,055} = 13,64,$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,011} = 68,18,$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,092} = 8,152,$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,219} = 3,425,$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,159} = 4,717,$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,061} = 12,3,$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,061} = 12,3,$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,047} = 15,96,$$

$$\Sigma O = 13,64 + 68,18 + 8,152 + 3,425 + 4,717 + 12,3 + 12,3 + 15,96 = 138,6.$$

Количество оборудования - 8.

Зная все, находим коэффициент закрепления операции по формуле 1:

$$K_{30} = \frac{138,6}{8} = 17,325.$$

$10 < K_{30} < 20$, следовательно, производство среднесерийное. [4]

2.3 Технологический анализ конструкции детали

С точки зрения механической обработки вал достаточно технологичен, допускает применения высокопроизводительных режимов обработки, имеет достаточно несложную геометрическую форму, то есть состоит из поверхностей вращения, что позволяет обеспечить точность и стабильность обработки. Большинство размеров имеют возможность непосредственного измерения универсальным инструментом.

В данной конструкции вала отражены следующие основные требования технологичности:

- форма вала и его конструкция определена величиной и расположением действующих на вал усилий; расположением на валу деталей, их посадками и способом крепления; расположением подшипников, их типом и размерами, условиями обработки и сборки узла, в состав которого входит данный вал;
- в конструкции вала предусмотрена возможность его изготовления без сложных приспособлений, что снижает себестоимость его изготовления;
- изготавливается из заготовки – паковка;
- шпоночные пазы вала расположены на одной оси, что снижает погрешность и уменьшает время перехода между операциями;

- для облегчения сборки вала, на который после изготовления должно быть насажено несколько деталей с различными посадками по системе отверстия, вал делается ступенчатым. У вала различные посадки по системе отверстия осуществляются шлифованием отдельных участков вала с различными отклонениями от номинала;

- требования точности посадок и шероховатость соответствуют эксплуатации.

На валу предусмотрено 7 фасок, из них размеры трех фасок не оправданы, поэтому технологичнее назначить размер фаски $1,6 \times 45^\circ$, что обеспечивает применение однотипного фасочного резца [5]. Для поверхностей 120 мм назначена шероховатость 0,4 по h_{10} , что необоснованно, так как на эти поверхности при сборке узла устанавливаются крышки для рым-болтов, поэтому технологичнее назначить шероховатость 3,2 по h_9 . [6]

В целом, деталь технологичная, допускает применение высокопроизводительных режимов резания, инструментов и оборудования. Исходя из выше перечисленных факторов, делаем вывод, что данная деталь достаточно технологична по качественным показателям.

2.4 Выбор метода получения заготовки

Метод получения заготовки оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали. Правильный его выбор позволяет снизить трудоемкость механической обработки, повысить коэффициент использования материала, снизить материалоемкость конструкции.

На выбор метода получения заготовки влияют материал детали, его назначения и технические требования к изготовлению, объем выпуска, конфигурация, форма поверхностей и размеры.

Требования, предъявляемые к заготовкам, обрабатываемых на металлорежущих станках:

- с целью снижения себестоимости детали заготовка должна быть по форме и размерам максимально приближенной к детали;

- черновые поверхности используемые на первой механической операции в качестве технологической базы должны быть чистыми и ровными, без штрихов, литейных уклонов.

Вид заготовки устанавливаем в результате анализа чертежа детали, ее материала и технических требований к изготовлению, габаритов и массы, объема выпуска, на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

Материал заготовки для детали «Вал» — конструкционная сталь 45. Состав стали: 0,4% - углерода.

Заготовку для детали «Вал» можно получить методом проката и методом паковки. Сравним экономический эффект использования этих двух методов для получения заготовки.

1) Заготовка из сортового проката круглого сечения:
Стоимость заготовки, полученной из проката [3,30]:

$$S_{\text{заг.пр.}} = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}} = 160 \cdot 150 - (160 - 132) \cdot 34 = 23048 \text{ тг}, \quad (4)$$

где $S = 150$ тенге — цена одного килограмма материала заготовки;
 $Q = 160$ кг — масса заготовки;
 $q = 132$ кг — масса готовой детали;
 $S_{\text{отд}} = 34$ тенге — цена 1 килограмма отходов.

2) Заготовка поковка, полученная ковкой:
Стоимость заготовки, полученной ковкой [3,31]:

$$S_{\text{заг.шт.}} = (S \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_B) - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}} = (230 \cdot 160 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1) - (160 - 132) \cdot 34 = 18795,56 \text{ тг}, \quad (5)$$

где $S = 230$ тг — стоимость 1 кг заготовки;
 $Q = 160$ кг — масса заготовки;
 $K_m = 0,9$ - коэффициент, зависящий от материала заготовки; [3,33];
 $K_c = 0,84$ - коэффициент, зависящий от сложности заготовки [3,33, табл. 2.8];
 $K_B = 0,7$ - коэффициент, зависящий от массы заготовки [3,33 табл. 2.8];
 $K_n = 1$ - коэффициент, зависящий от точности отливок [3,33];
 $K_n = 1$ - коэффициент, зависящий от группы серийности [3,33 табл. 2.8].

Теперь сравним результаты этих методов и более практичный будет принят за основной:

$$\Delta_{\text{заг}} = (23048 - 18796) \cdot 2000 = 4252 \text{ тыс тг}.$$

Отсюда видно, что второй метод — заготовка из паковки, получаемой ковкой, является более практичным и приемлемым и позволяет сэкономить 4252000 тенге, поэтому далее все расчеты будут относиться к заготовке, полученной по второму методу.

2.5 Разработка маршрута обработки заготовки (выбор баз, вида оборудования и оснастки)

Выбор баз является важным этапом разработки технологического процесса, так как от него зависит точность обработки.

При выборе баз необходимо соблюдать следующие правила:

- при разработке технологического процесса необходимо использовать по возможности принцип постоянства баз;

- на отделочных или чистовых операциях необходимо по возможности применять принцип совмещения баз, а именно в качестве технологической базы использовать конструкторскую или измерительную;

Поверхности, а также линии и точки заготовки, ориентирующие ее при установке для обработки на станке, называют базами, а придаваемое заготовке (детали, изделию) положение, определяемое базами, называют ее базированием.

Различают базы проектные, конструкторские, измерительные и технологические.

Проектные - выбранные при проектировании изделия.

Конструкторские - используемые для определения положения детали в изделии.

Измерительные - от которых производят отсчет выполняемых размеров при обработке заготовки или проверку взаимного положения поверхностей детали.

Технологические - используемые для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления.

При использовании приспособлений возможно появление погрешности установки обрабатываемых заготовок.

Выбор баз тесно связан с построением маршрута обработки заготовки. При выборе баз надо составить общий (укрупненный) план обработки заготовки, который в дальнейшем уточняется

При обработке вала:

- конструкторской базой является ось вала;

- технологической базой являются центровые отверстия;

- измерительной базой является поверхность, от которой будут производиться отсчет и контроль размеров при обработке.

Схема маршрута обработки детали (таблица 1) определяется в зависимости от конфигурации, размеров, массы и методов получения заготовки. Последовательность схемы обработки заготовки составляем так, чтобы получить оптимальную последовательность обработки деталей, уменьшить количество переустановок и сократить время.

Таблица 1. Схема маршрута обработки детали - вал.

Содержание операции	Оборудование и приспособления
005 Фрезерно-центровальная (обработка торцов вала и центрирование детали)	Фрезерно-центровальный 2Г942, фрезы торцовые (ГОСТ 1092-80), сверла центровочные комбинированные (ГОСТ 14952-75)
010 Токарная черновая (черновая обработка шеек вала)	Токарно-винторезный станок 1М63, резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80

015 Токарная черновая	Токарно-винторезный станок 1М63
020 Токарная чистовая (чистовая обработка шеек вала, нарезание фасок)	Токарно-винторезный станок 1М63
025 Токарная чистовая	Токарно-винторезный станок 1М63
030 Фрезерование пазов	Вертикально-фрезерный станок 6Т13, шпоночные фрезы Ø 50 (ГОСТ 9140-78)
040 Шлифовальная	Кругло-шлифовальный станок 3М174, шлифовальный круг (ГОСТ2424-83)
045 Контрольная	

2.6 Расчет промежуточных и общих припусков

Предварительный выбор методов обработки элементарных поверхностей и числа необходимых переходов (операций) производят на основе данных справочных таблиц.

Определив первый и окончательный переходы, устанавливают промежуточные переходы. Число промежуточных переходов тем больше, чем ниже точность исходной заготовки и выше конечные

Припуск — слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Определение межоперационных припусков и допусков для вала

Наименьший межоперационный припуск определяется по формуле 6:

$$2z_{\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (6)$$

где R_z — микронеровности поверхностей, мкм;

h — глубина дефектного поверхностного слоя, мкм;

Δ_{Σ} — геометрическая сумма пространственных отклонений, взаимосвязанных поверхностей, мкм;

ε — погрешность установки, мкм;

$i-1$ — индекс, характеризующий предшествующую операцию;

i — индекс, характеризующий данную операцию.

Аналитический расчет ведем для диаметра 120 h9 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$.

Маршрут обработки:

-заготовка - паковка;

-токарная - черновая;

-токарная - чистовая;

Находим значение для формулы:

1) Заготовки:

$R_z = 400$ мкм; [4,188, табл 25];

$h = 400$ мкм; [4,188, табл 25];

$\Delta_3 = 0,5$ мкм на 1 мм $\Rightarrow 0,5 \cdot 1515 \approx 800$. [3,71, табл 4,5];

$T=870$ мкм -допуск [4, 192, табл 32].

2) Обработка токарная черновая:

$R_z = 50$ мкм; [4,188, табл 25];

$h = 50$ мкм; [4,188, табл 25];

$\Delta = \Delta_3 \cdot K = 0,06 \cdot 800 = 48$ мкм [4,189];

K – коэффициент уточнения [4,190];

$T=220$ мкм -допуск [4, 192, табл 32];

точность по $h14$.

3) Обработка токарная чистовая

$R_z = 25$ мкм; [4,188, табл 25];

$h = 25$ мкм; [4,188, табл 25];

$\Delta = \Delta_3 \cdot K = 0,05 \cdot 800 = 40$ мкм [4,189];

K – коэффициент уточнения [4,190];

$T=54$ мкм -допуск [4, 192, табл 32];

точность по $h11$.

Определяем припуски по операциям.

Так как $\varepsilon = 0$, формула 6 приобретает вид:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zj-1} + h_{j-1} + \Delta_{\Sigma j-1}). \quad (7)$$

Находим значения элементов формулы 7:

1) точение черновое:

$$2Z_{\min} = 2(400 + 400 + 800) = 3200 \text{ мкм.}$$

2) Точение чистовое:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + 48) = 296 \text{ мкм.}$$

Проверка:

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{д}} = \sum 2Z_{\max} - \sum 2Z_{\min},$$

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{д}} = 870 - 54 = 816,$$

$$\sum 2Z_{\max} - \sum 2Z_{\min} = (3850 + 470) - (3200 + 304) = 855,$$

2.7 Расчет режимов обработки

При обработке резанием наиболее выгодными считаются такие режимы обработки, которые обеспечивают наименьшую себестоимость механической обработки при удовлетворении всех требований к качеству продукции и производительности обработки.

В общем случае необходимо соблюдать определенную последовательность назначения режимов резания $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n$. [7]

Режимы резания для точения цилиндрической поверхности $\varnothing 120h8$ определяем расчетно-аналитическим методом.

Исходные данные: обработка производится на токарно-винторезном станке модели 1М63. Обрабатываемый материал - сталь 45. Заготовка - паковка.

Обработка ведется резцом для контурного точения, правым, с опорной пластиной ГОСТ 19073-80. Резец ГОСТ 20872-80 [8, 265, табл. 23].

Определяем режимы резания.

Максимальная глубина резания:

- для чернового точения

$$t_{\text{черн}} = (D_1 - D_2) / 2 = (124,32 - 120,47) / 2 = 3,85 / 2 = 1,925 \text{ мм} = 1,93 \text{ мм},$$

- для чистового точения

$$t_{\text{чист}} = (D_2 - D_3) / 2 = (120,47 - 120) / 2 = 0,47 / 2 = 0,235 \text{ мм} = 0,24 \text{ мм}.$$

При черновом точении подача выбирается из таблицы 11 [7, 266] $S = 1 \text{ мм/об}$, при чистовом точении из табл. 14 [7, 268] $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Скорость резания v определяется по формуле 8:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (8)$$

где C_v — коэффициент, табличная величина;

m, x, y — показатели степеней, табличные величины;

T — период стойкости, мин;

K_v — поправочный коэффициент.

Коэффициент C_v и показатели степеней выбираются по таблице 17 [7, 269]:

- при чистовом точении $C_v = 420, x = 0,15; y = 0,45; m = 0,20$;

- при черновом точении $C_v = 340, x = 0,15; y = 0,20; m = 0,20$.

Коэффициент K_v определяется по формуле 9:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (9)$$

где K_{MV} — коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{PV} — коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности;

K_{IV} — коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента;

Значение коэффициента K_{MV} определяется по формуле 10 [7, 261, табл. 1]:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

где $K_r = 1$ - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости [7, 262, табл. 2];

$\sigma_B = 600$ - фактический параметр твердости материала [9,86];

$n_v = 1,75$ - показатель степени [7, 262, табл. 2];

$$K_{MV} = 1(750/600)^{1,75} = 1,48.$$

$K_{ПВ} = 0,8$ - для деталей из штамповки [7, 263, табл. 5];

$K_{ИВ} = 0,65$ - для инструмента из твёрдого сплава марки Т5К10 [7, 263, табл. 6].

$$K_V = 1,48 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,77.$$

Скорость при черновом точении:

$$V_{\text{чер}} = (420 / 30^{0,2} \cdot 1,93^{0,15} \cdot 1^{0,45}) \times 0,77 = (420 / 2,17) 0,77 = 149 \text{ м/мин.}$$

Скорость при чистовом точении:

$$V_{\text{чист}} = (340 / 30^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}) \times 0,77 = (340 / 1,15) 0,77 = 229,65 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя n , об/мин, определяется по формуле 11:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (11)$$

где D - диаметр заготовки, формируемый при обработке.

Частота вращения при черновой обработке:

$$n_{\text{черн}} = (2000 \cdot 149) / (3,14 \cdot 120,47) = 393,9 \text{ об/мин} \approx 400 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения при черновой обработке:

$$n_{\text{чист}} = (2000 \cdot 230) / (3,14 \cdot 120) = 610 \text{ об/мин.}$$

Определяем фактическую скорость резания:

- при черновом точении:

$$V_{\text{ф чер}} = (n \cdot \pi \cdot D) / 2000 = 400 \cdot 3,14 \cdot 118 / 2000 = 148 \text{ м/мин,}$$

- при чистовом точении:

$$V_{\text{ф чист}} = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = 610 \cdot 3,14 \cdot 118 / 1000 = 226 \text{ м/мин.}$$

Определяем минутную подачу:

- при черновом точении:

$$S_{\text{м чер}} = S_0 \cdot n = 1 \cdot 400 = 400 \text{ мм/мин,}$$

- при черновом точении:

$$S_{\text{м чист}} = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 610 = 122 \text{ мм/мин.}$$

Выполним проверку достаточности мощности станка. Мощность, потребная на резание определяется по формуле 12 [7, 271]:

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V}{61200}, \quad (12)$$

где P_z – сила резания;

V – скорость резания.

Найдем силу резания по формуле 13 [7, 271]:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (13)$$

где $C_p = 200$ – коэффициент [7, 273, табл. 22];

$x=1; y=0,75; n=0$ – показатели степеней [7, 273, табл. 22];

t – глубина резания;

s – подача;

v – скорость;

K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия резания.

Находим его по формуле 14:

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\text{гр}} K_{\text{лр}} K_{\text{гр}} = 0,92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,86, \quad (14)$$

где $K_{\text{мр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала [7, 264, табл. 9], равен:

$$K_{\text{мр}} = (\sigma_b / 750)^n = (600 / 750)^{0,35} = 0,92, \quad (15)$$

где $\sigma_b = 600$ – временное сопротивление разрыву [9, 86, табл. 3];

$n = 0,35$ – показатель степени.

$K_{фр}=1; K_{γр}=1; K_{λр}=1; K_{гр}=0,93$ – коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента [7, 274, табл. 23].

Подставив все значения в формулу 13, найдем силу резания:
-для черновой обработки:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 1,93^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 148^0 \cdot 0,86 = 3319,6 \text{ Н},$$

-для чистовой обработки:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0,24^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 226^0 \cdot 0,86 = 123,84 \text{ Н}.$$

Мощность, потребная на резание, равна (формула 12):

-для черновой обработки:

$$N_э = \frac{3319,6 \cdot 148}{61200} = 8,02 \text{ кВт},$$

-для чистовой обработки:

$$N_э = \frac{123,84 \cdot 226}{61200} = 0,46 \text{ кВт}.$$

Определяем коэффициент использования станка по мощности:

$$\eta_m = \frac{N}{N_{ст}} = \frac{8,02}{15} = 0,53. \quad (16)$$

$N < N_{ст}$ — такая нагрузка по мощности допустима.

Результаты расчета сведены в таблицу 3:

Таблица 3. Режимы резания при обработке $D=120\text{h}9$

Параметры	Черновая обработка	Чистовая обработка
Глубина резания, мм	1,93	0,24
Подача, мм/об	1	0,2
Частота вращения шпинделя, об/мин	400	610
Минутная подача, мм/мин	400	122
Скорость резания, м/мин	148	226
Мощность резания, кВт	8,02	0,46

На остальные переходы и операции определяем выбор режимов резания табличным методом.

1) Выбор глубины резания.

$t_{005}=1,7$ мм [10, 36, карта 2];
 $t_{010}=t_{015}=1,7$ мм [10, 36, карта 2];
 $t_{020}=t_{025}=0,3$ мм [10, 365, карта 2];
 $t_{030}=1,5$ мм [10, 174, карта 55];
 $t_{040}=0,015$ мм [7, 301, табл. 55].

2) Выбор подачи.

$S_{005}=0,20$ мм/об [10, 89, карта 28];
 $S'_{005}=0,3$ мм/об [10, 127, карта 46];
 $S_{010}=S_{015}=0,83$ мм/об [10, 37, карта 3];
 $S_{020}=S_{025}=0,07$ мм/об [10, 46, карта 7];
 $S_{030}=0,11$ мм/зуб [10, 216, карта 81];
 $S_{035}=0,39$ мм/об [10, 128, карта 46];
 $S_{040}=5$ мм/об [7, 301, табл. 55].

3) Выбор скорости резания.

$V_{005}=129$ м/мин [10, 132, карта 80];
 $V'_{005}=19,4$ м/мин [10, 128, карта 46];
 $V_{010}=V_{015}=339$ м/мин [10, 77, карта 21];
 $V_{020}=V_{025}=395$ м/мин [10, 80, карта 22];
 $V_{030}=31$ м/мин [10, 219, карта 84];
 $V_{035}=19,4$ м/мин [10, 128, карта 46];
 $V'_{035}=12,6$ м/мин [10, 128, карта 46];
 $V_{040}=30$ м/сек [7, 301, табл. 55].

4) Определяем частоту вращения по формуле 17:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (17)$$

$n_{005}=2000 \cdot 129/3,14 \cdot 118=348$ об/мин
 $n'_{005}=2000 \cdot 19,4/3,14 \cdot 12=514$ об/мин
 $n_{010}=n_{015}=2000 \cdot 339/3,14 \cdot 118=914$ об/мин
 $n_{020}=n_{025}=2000 \cdot 395/3,14 \cdot 118=1068$ об/мин
 $n_{030}=2000 \cdot 31/3,14 \cdot 29=340$ об/мин
 $n_{035}=2000 \cdot 19,4/3,14 \cdot 12=514$ об/мин
 $n'_{035}=2000 \cdot 12,6/3,14 \cdot 12=334$ об/мин
 $n_{040}=2000 \cdot 1800/3,14 \cdot 118=4858$ об/мин

Все результаты сведем в таблицу 4

Таблица 4. Режимы резания при обработке вала.

Вид обработки		t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин
005 Фрезерно-	Подрезание	1,7	0,2	129	348

центровальная	торцов				
	Центров-е		0,3	19,4	514
010 Токарная черновая		1,7	0,83	339	914
015 Токарная черновая		1,7	0,83	339	914
020 Токарная чистовая (продольное точение и нарезание фасок)		0,3	0,07	395	1068
025 Токарная чистовая		0,3	0,07	395	1068
030 Фрезерование пазов		1,5	0,11	31	340

Продолжение таблицы 4.

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин
Нарезание резьбы		0,39	12,6	334
040 Шлифовальная	0,015	5	1800	4858

2.8 Нормирование технологических операций и определение трудоемкости производства детали

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени по формуле 18 [3, 101]:

$$T_{ш-к} = (T_{п-з} / n) + T_{шт} \quad (18)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время (10-20 мин);

n – количество деталей в партии (10-20 шт)

$T_{шт}$ – штучное время, определяется по формуле 19 [3, 24]:

$$T_{шт} = T_{опер} (1 + (t_r + t_{ор} + t_n) / 100) \quad (19)$$

где t_r – время технического обслуживания, мин;

$t_r = (4 - 6 \%) t_{оп}$;

$t_{ор}$ – время организационного обслуживания, мин;

$t_{ор} = (2 - 6 \%) t_{оп}$;

t_n – время перерывов работы, мин;

$t_n = (2 - 4 \%) t_{оп}$;

$T_{опер}$ – операционное время, определяется по формуле 20:

$$T_{опер} = T_{осн} + T_{всп} \quad (20)$$

где $T_{осн}$ – основное время, для каждой операции находится по разному

$T_{всп}$ – вспомогательное время, определяется по формуле 21 [1, 101]:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} \quad (21)$$

где $T_{\text{у.с}}$ - время на установку и снятия детали, мин

$T_{\text{з.о}}$ - время на закрепление и открепление детали, мин

$T_{\text{уп}}$ - время, связанное с управлением станка, мин

$T_{\text{из}}$ - время на измерение детали, мин

Посчитаем время на каждую операцию:

005 Фрезерно-центровальная операция:

Основное время:

- при центрировании:

$$T'_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{вр}} + L}{nS} \cdot i = \frac{19,2 + 22}{514 \cdot 0,3} = 0,27 \text{ мин}$$

где $L_{\text{вр}}$ - длина врезания, мм

L - длина резания, мм

$L_{\text{сх}}$ -длина схода, мм

n - частота вращения, об/мин

S - подача, мм/об

- при фрезеровании торцов:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{вр}} + L}{S} \cdot i = \frac{16 + 130}{348} = 0,42 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} = 0,56 + 1 + 0,35 + 0,88 = 2,79 \text{ мин}$$

где $T_{\text{у.с}} = 0,56$ мин (8,60, карта 17)

$T_{\text{з.о}} = 1$ мин (8,36, карта 12)

$T_{\text{уп}} = 0,35$ мин (8,65, карта 20)

$T_{\text{из}} = 0,88$ мин (8,88, карта 31)

Операционное время равно:

$$T_{\text{опер}} = 0,42 + 0,27 + 2,79 = 3,48 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}}(1 + (t_r + t_{\text{ор}} + t_{\text{п}})/100) = 3,48(1 + (0,17 + 0,14 + 0,1)/100) = 3,5 \text{ мин}$$

где $t_r = (4 - 6 \%) 3,48 = 0,174$ мин

$t_{\text{ор}} = (2 - 6 \%) 3,48 = 0,139$ мин

$t_{\text{п}} = (2 - 4 \%) 3,48 = 0,104$ мин

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10) + 3,5 = 1,5 + 3,5 = 5 \text{ мин}$$

010 Токарная черновая операция:

Основное время:

$$T_{осн} = \frac{L_{сп} + L + L_{ск}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{4 \cdot 3 + 660 + 243,5 + 52 + 4 \cdot 3}{914 \cdot 0,83} \cdot 3 = 3,87 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} = 0,56 + 2,75 + 0,83 + 0,48 = 4,57 \text{ мин}$$

где $T_{у.с} = 0,56 \text{ мин}$ (8,60, карта 17)

$T_{з.о} = 2,75 \text{ мин}$ (8,36, карта 12)

$T_{уп} = 0,83 \text{ мин}$ (8,65, карта 20)

$T_{из} = 0,48 \text{ мин}$ (8,90, карта 32)

Операционное время равно:

$$T_{опер} = 3,87 + 4,57 = 8,44 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_{опер} (1 + (t_t + t_{ор} + t_n) / 100) = 8,44 (1 + (0,42 + 0,34 + 0,25) / 100) = 8,52 \text{ мин}$$

где $t_t = (4 - 6 \%) 8,44 = 0,42 \text{ мин}$

$t_{ор} = (2 - 6 \%) 8,44 = 0,34 \text{ мин}$

$t_n = (2 - 4 \%) 8,44 = 0,25 \text{ мин}$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10) + 8,52 = 1,5 + 8,52 = 10,02 \text{ мин}$$

015 Токарная черновая операция:

Основное время:

$$T_{осн} = \frac{L_{сп} + L + L_{ск}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{4 \cdot 3 + 264 + 243,5 + 52 + 4 \cdot 3}{914 \cdot 0,83} \cdot 3 = 2,31 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} = 0,56 + 2,75 + 0,83 + 0,48 = 4,57 \text{ мин}$$

где $T_{у.с} = 0,56 \text{ мин}$ (8,60, карта 17)

$$T_{з.о}=2,75 \text{ мин (8,36, карта 12)}$$

$$T_{уп}=0,83 \text{ мин (8,65, карта 20)}$$

$$T_{из}=0,48 \text{ мин (8,90, карта 32)}$$

Операционное время равно:

$$T_{опер}=2,31+4,57=6,88 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт}=T_{опер}(1+(t_t+t_{ор}+t_{п})/100)=6,88(1+(0,34+0,28+0,21)/100)=6,94 \text{ мин}$$

$$\text{где } t_t = (4 - 6 \%)6,88=0,34 \text{ мин}$$

$$t_{ор} = (2 - 6 \%)6,88=0,28 \text{ мин}$$

$$t_{п} = (2 - 4 \%)6,88=0,21 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10)+6,94=1,5+6,94=8,44 \text{ мин}$$

020 Токарная чистовая операция (точение и нарезания фасок):

Основное время:

- точение:

$$T_{осн} = \frac{L_{ер} + L + L_{сх}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{4 \cdot 3 + 660 + 243,5 + 52 + 4 \cdot 3}{1068 \cdot 0,07} \cdot 2 = 13,1 \text{ мин}$$

- нарезание фасок:

$$T_{осн} = \frac{L_{ер} + L + L_{сх}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{1,6}{1068 \cdot 0,07} \cdot 3 = 0,06 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} = 0,56 + 2,75 + 1,23 + 0,48 = 4,97 \text{ мин}$$

$$\text{где } T_{у.с} = 0,56 \text{ мин (8,60, карта 17)}$$

$$T_{з.о} = 2,75 \text{ мин (8,36, карта 12)}$$

$$T_{уп} = 1,23 \text{ мин (8,65, карта 20)}$$

$$T_{из} = 0,48 \text{ мин (8,90, карта 32)}$$

Операционное время равно:

$$T_{опер} = 13,1 + 0,06 + 4,97 = 18,13 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_{опер}(1 + (t_r + t_{ор} + t_n)/100) = 18,13(1 + (0,91 + 0,73 + 0,54)/100) = 18,52 \text{ мин}$$

$$\text{где } t_r = (4 - 6 \%)18,13 = 0,91 \text{ мин}$$

$$t_{ор} = (2 - 6 \%)18,13 = 0,73 \text{ мин}$$

$$t_n = (2 - 4 \%)18,13 = 0,54 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10) + 18,52 = 1,5 + 18,52 = 20,02 \text{ мин}$$

025 Токарная чистовая операция (точение и нарезания фасок):

Основное время:

- точение:

$$T_{осн} = \frac{L_{гр} + L + L_{сх}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{4 \cdot 3 + 264 + 243,5 + 52 + 4 \cdot 3}{1068 \cdot 0,07} \cdot 2 = 7,8 \text{ мин}$$

- нарезание фасок:

$$T_{осн} = \frac{L_{гр} + L + L_{сх}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{1,6}{1068 \cdot 0,07} \cdot 4 = 0,08 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} = 0,56 + 2,75 + 1,23 + 0,48 = 4,97 \text{ мин}$$

$$\text{где } T_{у.с} = 0,56 \text{ мин (8,60, карта 17)}$$

$$T_{з.о} = 2,75 \text{ мин (8,36, карта 12)}$$

$$T_{уп} = 1,23 \text{ мин (8,65, карта 20)}$$

$$T_{из} = 0,48 \text{ мин (8,90, карта 32)}$$

Операционное время равно:

$$T_{опер} = 7,8 + 0,08 + 4,97 = 12,85 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_{опер}(1 + (t_r + t_{ор} + t_n)/100) = 12,85(1 + (0,64 + 0,52 + 0,39)/100) = 13,04 \text{ мин}$$

$$\text{где } t_r = (4 - 6 \%)12,85 = 0,64 \text{ мин}$$

$$t_{ор} = (2 - 6 \%)12,85 = 0,51 \text{ мин}$$

$$t_n = (2 - 4 \%)12,85 = 0,39 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10) + 13,04 = 1,5 + 13,04 = 14,54 \text{ мин}$$

030 Фрезерование пазов:

Основное время:

- 2 паза шириной 32 мм:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{зр}} + L + L_{\text{сх}}}{S} \cdot i = \frac{11 + 128 + 11}{340} 2 = 0,88 \text{ мин}$$

- паз шириной 28 мм:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{зр}} + L + L_{\text{сх}}}{S} \cdot i = \frac{10 + 132 + 10}{340} = 0,45 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} = 0,56 + 1 + 0,49 + 0,66 = 2,71 \text{ мин}$$

где $T_{\text{у.с}} = 0,56$ мин (8,60, карта 17)

$T_{\text{з.о}} = 1$ мин (8,36, карта 12)

$T_{\text{уп}} = 0,49$ мин (8,65, карта 20)

$T_{\text{из}} = 0,66$ мин (8,90, карта 32)

Операционное время равно:

$$T_{\text{опер}} = 2,41 + 0,88 + 0,45 = 4,04 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} (1 + (t_r + t_{\text{ор}} + t_{\text{п}}) / 100) = 4,04 (1 + (0,2 + 0,16 + 0,12) / 100) = 4,06 \text{ мин}$$

где $t_r = (4 - 6 \%) 4,04 = 0,2$ мин

$t_{\text{ор}} = (2 - 6 \%) 4,04 = 0,16$ мин

$t_{\text{п}} = (2 - 4 \%) 4,04 = 0,12$ мин

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{ш-к}} = (15/10) + 4,06 = 1,5 + 4,06 = 5,56 \text{ мин}$$

035 Нарезание резьбы:

Основное время [12] :

- сверления:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{зр}} + L}{S_n} \cdot i = \frac{13 + 29}{514 \cdot 0,39} 3 = 0,62 \text{ мин}$$

- нарезания резьбы:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{ар}} \cdot i}{p \cdot n} \cdot i = \frac{29 \cdot 2}{1,5 \cdot 334} 3 = 0,35 \text{ мин}$$

где p – шаг резьбы;

i – число проходов.

Вспомогательное время:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} = 0,56 + 1 + 0,27 + 1,25 = 3,08 \text{ мин}$$

где $T_{\text{у.с}} = 0,56$ мин (8,60, карта 17)

$T_{\text{з.о}} = 1$ мин (8,36, карта 12)

$T_{\text{уп}} = 0,27$ мин (8,65, карта 20)

$T_{\text{из}} = 1,25$ мин (8,78, карта 27)

Операционное время равно:

$$T_{\text{опер}} = 0,62 + 0,35 + 3,08 = 4,05 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} (1 + (t_{\text{т}} + t_{\text{ор}} + t_{\text{п}}) / 100) = 4,04 (1 + (0,2 + 0,17 + 0,12) / 100) = 4,07 \text{ мин}$$

где $t_{\text{т}} = (4 - 6 \%) 4,05 = 0,2$ мин

$t_{\text{ор}} = (2 - 6 \%) 4,05 = 0,17$ мин

$t_{\text{п}} = (2 - 4 \%) 4,05 = 0,12$ мин

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{ш-к}} = (15/10) + 4,06 = 1,5 + 4,06 = 5,57 \text{ мин}$$

040 Шлифовальная операция:

Основное время [12]:

$$T_{\text{осн}} = \frac{l_2 + L + B_{\text{кр}}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{12,5 + 10 + 52}{4858 \cdot 5} 2 = 0,015 \text{ мин}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{l_2 + L + B_{\text{кр}}}{S \cdot n} \cdot i = \frac{12,5 + 10 + 263}{4858 \cdot 5} = 0,01 \text{ мин}$$

где l_2 – $\frac{1}{2}$ высоты круга;

$B_{\text{кр}}$ – ширина круга.

Вспомогательное время:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} = 0,56 + 1,7 + 0,17 + 0,34 = 2,77 \text{ мин}$$

где $T_{y.c}=0,56$ мин (8,60, карта 17)
 $T_{3.0}=1,7$ мин (8,25, карта 3)
 $T_{уп}=0,17$ мин (8,65, карта 20)
 $T_{из}=0,34$ мин (8,85, карта 29)

Операционное время равно:

$$T_{опер} = 0,025 + 2,77 = 2,80 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_{опер}(1 + (t_t + t_{ор} + t_{п})/100) = 2,80(1 + (0,14 + 0,11 + 0,08)/100) = 2,81 \text{ мин}$$

$$\text{где } t_t = (4 - 6\%)2,80 = 0,14 \text{ мин}$$

$$t_{ор} = (2 - 6\%)2,80 = 0,11 \text{ мин}$$

$$t_{п} = (2 - 4\%)2,80 = 0,08 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{ш-к} = (15/10) + 2,81 = 1,5 + 2,81 = 4,31 \text{ мин}$$

Определяем общую трудоемкость:

$$T_{ш-к} = 5 + 10,02 + 8,44 + 20,02 + 14,54 + 2,64 + 5,56 + 5,57 + 4,31 = 76,1 \text{ мин}$$

3 Проектирование фрезерного приспособления

3.1 Разработка схемы сил, действующих на заготовку

Из чертежа детали следует, что для операции фрезерования шпоночного паза следует применить для зажима детали на станке специальное приспособление. В нем заготовка базируется на 2-х призмах прижатая прихватом.

Заготовка базируется на 2-х призмах и прижимается к ней зажимом с силой Q , сдвигу заготовки под действием силы резания P препятствуют силы трения, возникающие в местах контактов заготовки с опорами и зажимными устройствами.

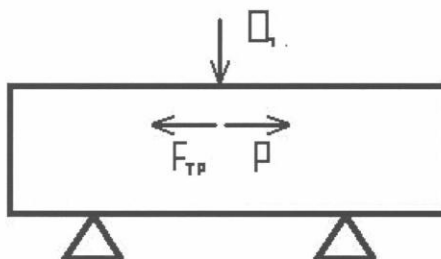


Рисунок 5. Действие сил на заготовку.

3.2 Расчет силы зажима и параметров силового устройства

Требуемая сила зажима определяется [13]:

$$Q = \frac{kP_o}{f_1 + f_2} \quad (22)$$

где: k - коэффициент запаса зажима, находится [13]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,52 \quad (23)$$

где: $k_0=1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1=1,0$ - коэффициент, учитывающий изменение припуска;

$k_2=1,4$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении инструмента;

$k_3=1,2$ - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании;

$k_4=1,0$ - коэффициент, учитывающий постоянство сил зажима;

$k_5=1,0$ – коэффициент характеризующий только зажимные механизмы с ручным приводом;

$k_6=1,0$ - коэффициент, учитывающий наличие момента стремящегося повернуть заготовку;

$f_1=f_2=0,16$ - коэффициент трения [13];

$P_0=660,7$ Н

Зная все значения, найдем силу зажима по формуле 22:

$$Q = \frac{2,52 \cdot 660,7}{0,16 + 0,16} = 5203 \text{ Н}$$

3.3 Описание конструкции и принципа действия приспособления

Для работы на фрезерном станке для фрезерования шпоночных пазов используют специальные приспособления. Приспособление состоит из корпуса, установочной призмы и винтового зажимного устройства.

Принцип работы устройства следующий: на установочную призму устанавливают вал, закрывают откидной прихват, откидной болт вставляется в отверстие прихвата и закручивается гайкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта был выполнен следующий объем работ:

- при анализе служебного назначения изделия были отражены основные технические характеристики и назначения узла, описание его работы, что касается самого вала, то был проведен анализ всех его поверхностей и добавлены некоторые изменения;
- при анализе технических требований вала, были подробно проанализированы требования, предъявляемые при изготовлении детали конструктором;
- был определен тип производства – серийный;
- для данного типа производства было произведено экономическое обоснование метода получения. В качестве заготовки была принята паковка, получаемая методомковки.

Во время выполнения анализа был усовершенствован технологический процесс изготовления детали. Выбранные количество и модели оборудования и инструмента обеспечивают обработку деталей с минимальным временем

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия/ Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990.
- 2 Белькевич Б.А., Тимашков В.Д. Справочное пособие технолога машиностроительного завода. – Минск: Беларусь, 1972.
- 3 Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения - Минск: Высшая школа, 1983. - 256 с.
- 4 Косилова А.Г. и Мещерякова Р.К. Справочник технолога машиностроителя 1 т. - Москва: Машиностроение, 1986. – 496 с.
- 5 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - Москва: Высшая школа, 1998. - 447 с.
- 6 ГОСТ 2789-73. Параметры шероховатости Rz, Ra и способы их получения.
- 7 Косилова А.Г. и Мещерякова Р.К. Справочник технолога машиностроителя 2 т. - Москва: Машиностроение, 1986. – 496 с.
- 8 Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога - Москва: Машиностроение, 1988.-736 с.
- 9 Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя 1 т. - Москва: Машиностроение, 2001. - 920 с.
- 10 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания: Часть 1. - Москва: Экономика, 1990. - 465 с.
- 11 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – Москва: Машиностроение, 1974. – 421с.
- 12 Библиотека инструментальщика. Электронная версия: <http://www.info.instrumentmr.ru/>
- 13 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений - Москва: Высшая школа, 1980. - 240 с.
- 14 Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении: Учебник - Москва: Высшая школа, 1980. - 294 с.
- 15 Еремин В.Г. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении - Москва: Высшая школа, 2002. - 310 с.
- 16 Юдин Е.А. Борьба с шумом на производстве - Москва: Машиностроение, 1985. - 400 с.
- 17 Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов - Москва: Машиностроение, 1990. - 352 с.
- 18 Мамаев В.С. Основы проектирования машиностроительных заводов. - Москва: Машиностроение, 1973 - 367 с.
- 19 Аскарлов Е.С Основы проектирования участка: Учебно-методические комплекс – Алматы: Каз НТУ, 2007 – 107 с.
- 20 Трусова Л.И. Экономика машиностроительного производства.

–Ульяновск.: Экономик, 2005.

21 Загородников С.В. экономика отрасли (машиностроение)/ Под ред. М.Г. Миронова. – М.: Инфа, 2006ю

22 Берлет Ю.Н., Пискунов Ю.П. Разработка чертежей паковок, штампуемых на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 54 с.