

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

С.И. БОГОДУХОВ, А.Д. ПРОСКУРИН, Б.М. ШЕЙНИН

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ
В РЕМОНТНО –
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию редакционно – издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования “Оренбургский государственный университет”

Оренбург 2008

УДК 621.8 (076.5)
ББК 34.5 я7
Б 74

Рецензент

доктор техн. наук, профессор А.И. Сердюк.

Богодухов С.И.
Б74 **Технологическая часть дипломных проектов в ремонтно –
восстановительном производстве: методические указания /
С.И. Богодухов, А.Д. Проскурин, Б.М. Шейнин. – Оренбург:
ГОУ ОГУ, 2008 . – 87 с.**

В методических указаниях изложены основные понятия о технологическом процессе. В ремонтном производстве при разработке технологического процесса изготовления детали рассмотрены вопросы выбора заготовки, проектирования технологического маршрута обработки, разработки технологических операций, базирования, технологического обеспечения.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам специальности 150205.65 – «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» в работе над технологической частью дипломного проекта.

ББК 34.5 я7

© Богодухов С.И., Проскурин А.Д.,
Шейнин Б.М., 2008
© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	4
1 Основные понятия о технологическом процессе.....	5
1.1 Понятие о машиностроительном предприятии, типы и виды производства.....	5
1.2 Понятие о технологической системе и технологическом процессе	5
1.3 Структура технологического процесса изготовления изделия.....	6
1.4 Средства технологического оснащения производства.....	8
2 Разработка технологического процесса изготовления детали.....	12
2.1 Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению.....	12
2.2 Отработка конструкции детали на технологичность.....	12
2.3 Анализ заводского технологического процесса.....	14
2.4 Выбор заготовки и метода ее изготовления.....	14
2.4.1 Определение вида исходной заготовки.....	15
2.4.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки.....	15
2.5 Определение типа производства.....	17
2.6 Техничко-экономическая оценка выбора заготовки.....	18
2.7 Метод определения ремонтных размеров	19
2.8 Проектирование технологического маршрута обработки.....	22
2.8.1 Выбор технологических баз.....	22
2.8.2 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки поверхности детали.....	24
2.8.3 Формирование маршрута изготовления детали и выбор состава технологического оборудования.....	27
2.9 Разработка технологических операций.....	30
2.9.1 Выбор структуры операции.....	30
2.9.2 Выбор средств технологического оснащения операции.....	30
2.9.3 Назначение припусков на механическую обработку и межпереходных размеров.....	31
2.9.4 Назначение режимов обработки.....	34
2.10 Нормирование технологического процесса.....	38
2.11 Нормирование газо- и электросварочных работ	39
3 Проектирование станочного или контрольного приспособления....	41
3.1 Формулировка служебного назначения.....	41
3.2 Расчет сил зажима и привода или норм точности.....	42
Список использованных источников.....	45
Приложение А Пример оформления технологической части дипломного проекта	46
Приложение Б Комплект документов на восстановление детали «Вал»	79

Введение

Ремонт машин существует со времени создания их парка как объективная необходимость приведения машин в исправное состояние в перерывах между использованием по назначению. Ремонт состоит в устранении неисправностей и восстановлении ресурса машин, а главная задача ремонтного производства заключается в экономически эффективном восстановлении надежности машин в результате наиболее полного использования остаточной долговечности их деталей.

Предмет науки о ремонте машин составляют закономерности подготовки и организации производства к ремонту машин, обеспечивающего требуемое качество и заданное количество отремонтированной техники с наименьшими затратами труда, энергии и материалов. Ремонтное производство имеет существенные отличия от машиностроительного производства, что определяет необходимость изучения его специфичных процессов, в том числе восстановления свойств, утраченных машинами в течение их длительной эксплуатации.

Основной источник экономической эффективности ремонта заключается в восстановлении изношенных деталей. При восстановлении используют доремонтные материалы и формы деталей. Заготовки ремонта, полученные в результате разборки и очистки машины, значительно дешевле заготовок машиностроения, изготовленных в литейном или кузнечно-штамповочном производстве. При восстановлении детали обрабатывают меньшее число поверхностей, что объясняет и меньшую трудоемкость обработки. Обоснованный процесс восстановления обеспечивает получение детали со свойствами, близкими к свойствам новой детали или превосходящими их.

Восстановление изношенных деталей в системе вторичного производства машин является природоохранным и ресурсосберегающим производством. На изготовление, например, одного коленчатого вала автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,8 л расходуют 57 кг металла, 183 МДж энергии, масса отходов при этом равна 2,5 кг. При восстановлении эти величины имеют значения, примерно в 20 раз меньшие: соответственно 2,6 кг, 9,5 МДж и 0,12 кг.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам в работе над технологической частью дипломного проекта. Данный раздел состоит из пояснительной записки объемом 20-25 страниц писчей бумаги форматом А4 (210x297) и 2-х листов графического материала формата А1 по ГОСТ 2.301-68 (594x981) и технологических карт (маршрутной, одной операционной).

1 Основные понятия о технологическом процессе

1.1 Понятие о машиностроительном предприятии, типы и виды производства

Машиностроительное предприятие характеризуется установленной программой выпуска продукции. *Программа выпуска продукции* – это перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием *объёма выпуска* по каждому наименованию на планируемый период времени.

Объём выпуска продукции – количество изделий определённых наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени (год, квартал, месяц).

Все изделия, изготовленные по конструкторской и технологической документации без изменения её обозначения, называют *серией изделия*. Переход к новой конструкции машины данного типа связан с изменением её чертежей и номера серии.

Партией называют определённое число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера, одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определённого времени.

В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска продукции различают следующие типы производства: единичное, серийное и массовое.

1.2 Понятие о технологической системе и технологическом процессе

Технологическая система является частью производственной системы, включающей совокупность различных видов технологического оборудования и систему обеспечения его функционирования в установленном режиме при изготовлении изделий определённой номенклатуры.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

К *предметам труда* относятся заготовки и изделия. Технологический процесс может быть отнесён к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки.

Технологический процесс представляет собой совокупность различных операций, в результате выполнения которых изменяются размеры, форма, свойства предметов труда, выполняется соединение деталей в сборочные единицы и изделия, осуществляется контроль требований чертежа и технических условий.

Технологические процессы (ТП) подразделяются [1]:

– по организации производства – на единичные, типовые и групповые;

- по уровню реализации достижений науки и техники – на базовые, перспективные и рабочие;
- по стадии разработки – на проектные, временные, стандартные;
- по степени детализации описания – с маршрутным, маршрутно-операционным и операционным описанием.

Единый ТП – процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой ТП – процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой ТП – процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. К конструктивным признакам относят форму, размеры, точность, микронеровность, твёрдость и коррозионную стойкость. К технологическим признакам относят вид заготовки и метод её обработки.

Базовый ТП – процесс высшей категории, принимаемый за исходный при разработке конкретного технологического процесса. К высшей категории относят такие технологические процессы, которые по своим показателям соответствуют лучшим мировым и отечественным достижениям или превосходят их.

Перспективный ТП – процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

Рабочий ТП – процесс, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации.

1.3 Структура технологического процесса изготовления изделия

По своей структуре технологический процесс обычно делится на законченные части, выполняемые на одном рабочем месте и называемые *технологическими операциями*.

Для того, чтобы иметь возможность представить структуру операции и учесть затраты времени на её выполнение, требуется расчленение операции на отдельные части, названные *технологическими переходами* (рисунок 1.1).

Технологический переход – это законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

В соответствии с этим переход, непосредственно связанный с осуществлением технологического воздействия, называют *основным*. Переход, состоящий из действий рабочего или механизмов, необходимых для выполнения основного перехода, называют *вспомогательным*.

К вспомогательным переходам относят такие элементарные действия, как установка и закрепление заготовки в приспособлении, смена инструмента, его подвод к заготовке, открепление и снятия заготовки, а в процессе сборки – установка базирующей детали на сборочном стенде или в приспособлении на конвейере, перемещение к ней присоединяемых деталей и т. д.



Рисунок 1.1 – Структура технологического процесса

Рабочим ходом называют законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. Однократное же перемещение инструмента относительно заготовки, необходимое для подготовки рабочего хода, представляет собой *вспомогательный ход*.

При изучении затрат времени на выполнение технологического процесса его отдельные части приходится делить на рабочие приёмы или просто приёмы.

Приём представляет собой законченную совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединённых одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» состоит из приёмов: взять заготовку из тары, переместить к приспособлению, установить в приспособление, закрепить.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. Например, к наладке относятся: установка приспособления на станке, установка на размер комплекта режущего инструмента, переключение скорости или подачи, настройка заданной температуры и т. д.

Подналадка – это дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

При выполнении каждого перехода, операции и технологического процесса в целом затрачивается то или иное количество труда рабочего соответствующей квалификации. Затраты труда при нормальной интенсивности измеряют его продолжительностью, т. е. временем, в течение которого он расходуется.

Количество времени, затрачиваемого работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического процесса или его части, называют *трудоемкостью*. Единицей измерения трудоемкости служит человеко-час.

1.4 Средства технологического оснащения производства

Совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса, называется *средствами технологического оснащения*.

Технологическое оборудование – это средства технологического оснащения, в которых для выполнения определённой части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Примерами технологического оборудования являются литейные машины, прессы, металлорежущие станки, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т. д.

В *технологическую оснастку* включаются средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определённой части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, штампы, приспособления, калибры, пресс-формы, модели, литейные формы, стержневые ящики и т. д.

Приспособление – это технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции.

Инструмент – это технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. При этом состояние предмета труда определяется при помощи меры и (или) измерительного прибора.

Предметом труда может быть:

– *материал*, который является исходным предметом труда, потребляемым для изготовления изделия;

– *полуфабрикат*, который является предметом труда, подлежащим дальнейшей обработке на предприятии-потребителе;

– *заготовка*, представляющая собой предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) свойств материала изготавливают деталь;

– *изделие*, представляющее собой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на данном предприятии, и являющееся продуктом конечной стадии данного производства.

Деталь представляет собой изделие, изготовленное из однородного (по наименованию и марке) материала, без применения сборочных операций и не имеющее составных частей. Например, деталями являются валик из стали заданной марки, литой корпус, пластина из биметаллического листа, маховичок из пластмассы (без арматуры).

Рабочий чертёж детали даёт полное представление об её конструкции и содержит все данные, необходимые для изготовления, контроля, испытания и приёмки детали. Так, указанные на чертеже форма, размеры, параметры их точности, шероховатость, твёрдость и т. д. относятся к конструктивным признакам детали, а информация о марке материала, виде заготовки (отливка, поковка и т. п.) относится к технологическим признакам. На рабочем чертеже дают также исчерпывающие указания о виде покрытия и о предъявляемых к покрытию требованиях, указывают размеры и шероховатость поверхности до и (или) после покрытия.

Ремонтный чертёж детали содержит данные для подготовки и осуществления ремонта детали, её контроля и приёмки после ремонта. Как правило, этот чертёж содержит только те изображения детали, размеры, их предельные отклонения и дополнительные данные, которые необходимы для проведения ремонта и контроля детали при выполнении ремонта и после него.

Ремонтные размеры — это размеры, установленные для ремонтируемой детали или для изготовления новой детали взамен изношенной, отличающиеся аналогичных размеров по основному (конструкторскому) чертежу.

Ремонтные размеры делятся на категорийные и пригоночные. Категорийные — это окончательные размеры детали, установленные для определенной категории ремонта, а пригоночные — ремонтные размеры, установленные с учетом припуска на пригонку детали «по месту».

При выполнении ремонтных чертежей придерживаются определенных правил. На ремонтных чертежах указывают только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия.

На детали, которые при ремонте не могут быть разъединены (например, «неразъемные соединения, выполненные клепкой, сваркой, пайкой и т. п.), отдельные чертежи не выпускают. Указания по ремонту таких деталей приводят на ремонтном чертеже соответствующей сборочной единицы с добавлением отдельных изображений, поясняющих сущность ремонта.

На ремонтных чертежах, как правило, изображают только те виды, разрезы и сечения, которые необходимы для проведения ремонта детали или сборочной единицы. Исключением являются чертежи на вновь изготавливаемые детали и сборочные единицы, которые выполняются как обычно.

На ремонтных чертежах обычно проставляют цифровые предельные отклонения размеров. При указании предельных отклонений размеров условными обозначениями (например, Н7, Н9, Кб и т. д.), их числовые значения помещают в скобках рядом с условными обозначениями.

На чертеже детали поверхности, подлежащие ремонту, следует обводить сплошной линией толщиной от 2S до 3S по ГОСТ 2303-68 (где S — толщина основных линий на эскизе), а остальные части эскиза сплошной тонкой линией.

Если у отдельных элементов ремонтируемой детали меняется конфигурация, то измененную часть детали показывают на чертеже также утолщенной сплошной основной линией, а неизмененную часть — сплошной тонкой линией.

На чертеже детали, ремонтируемой с использованием сварки, наплавки, нанесения металлопокрытия и т. п., рекомендуется приводить эскиз, показывающий этап подготовки соответствующего участка детали к ремонту.

Если при ремонте применяется сварка, пайка и т.п., то на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размер используемого материала, а также номер стандарта на этот материал (рисунок 1.2, а).

Если при ремонте детали удаляют изношенную часть и заменяют ее новой, то на эскизе подготовки детали к ремонту удаляемую часть изображают штрихпунктирной тонкой линией. Заготовку для новой части детали вычерчивают на отдельном ремонтном чертеже.

На ремонтном чертеже детали, для которой установлены пригоночные размеры, при необходимости указывают установочные базы для пригонки детали «по месту».

На ремонтных чертежах категорийные и пригоночные размеры, а также размеры детали, определяемые при ремонте снятием минимально необходимого слоя материала детали, проставляют буквенными обозначениями, а их числовые величины и другие данные указывают на линиях-выносках (рисунок 1.2, б) или в таблице (рисунок 1.2, в), которую помещают в правом верхнем углу чертежа.

В сопряженных деталях с категорийными размерами сохраняются качества точности и посадки, предусмотренные в основных (конструкторских) чертежах.

На ремонтных чертежах деталей и сборочных единиц для определения способа ремонта в ряде случаев помещают технологические требования и указания, которые являются основными для восстановления эксплуатационных характеристик изделия.

Технологические требования, относящиеся к отдельному элементу детали или сборочной единицы, помещают на ремонтном чертеже, как правило, рядом с соответствующим элементом или участком детали или сборочной единицы.

Надписи, таблицы, а также технические требования на ремонтных чертежах деталей и сборочных единиц ремонтируемых изделий выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316-68.

На ремонтном чертеже одновременно допускается указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали; это поясняется соответствующим текстом на чертеже. Однако на каждый принципиально отличный вариант ремонта детали при сборочной единицы выполняют отдельный чертеж.

Если на ремонтном чертеже одной детали дано исчерпывающее указание об изготовлении другой (сопряженной) детали в соответствии с основной конструкторской документацией (рисунок 1.2,г) и эта документация включена в комплект документов для ремонта изделия, то отдельный ремонтный чертеж на сопряженную деталь не выпускают.

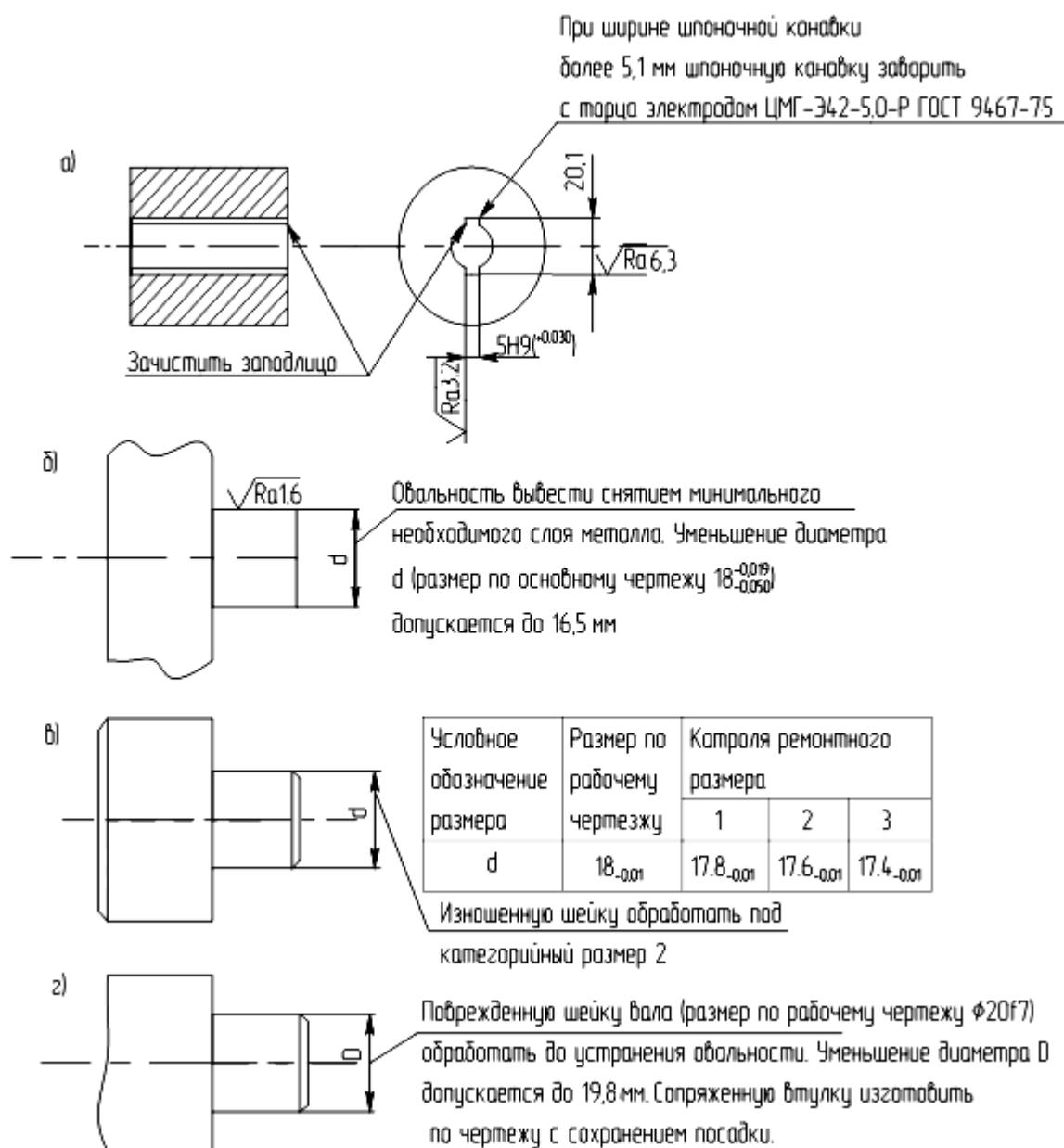


Рисунок 1.2 – Примеры изображения деталей на ремонтных чертежах.

2 Разработка технологического процесса изготовления детали

2.1 Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению

Разработка технологического процесса изготовления детали начинается с изучения и четкой формулировки ее служебного назначения, анализа чертежа изделия, технических условий и норм точности изделия.

При этом необходимо выяснить, является ли информация о детали полной:

- указаны ли все размеры на чертеже с предельными отклонениями, шероховатость обрабатываемой поверхности, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также относительного положения поверхностей;

- не имеется ли "лишних" размеров, неоднозначно определяющих положение или размеры поверхностей детали;

- содержатся ли все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и др.

В формулировке служебного назначения детали должны быть отражены функции, которые надлежит выполнять детали (самой или совместно с другими) в работающем изделии, и даны количественные показатели, уточняющие требования к выполнению этих функций.

Если назначение детали неизвестно, то следует описать его по своему соображению, о чем следует сделать соответствующую оговорку.

Кроме того, следует выявить функциональное назначение поверхностей детали (основные, вспомогательные базы, исполнительные поверхности).

Этот анализ должен быть проведен в двух направлениях. Прежде всего, должна быть дана качественная оценка техническим требованиям, задаваемых чертежом. Эта оценка касается правильности формулировок технических требований, правильности установления размерных связей между поверхностями детали, формы задания допустимых отклонений (нельзя, например, задавать допуски, ограничивающие относительный поворот поверхностей детали в мм без указания длины, для которой допускается указанное отклонение, соответствия достаточности норм точности и технических требований. Также следует провести проверку соответствия допусков размеров предельным отклонением формы, относительного положения и шероховатости поверхностей, предельных отклонений межцентровых расстояний нормам точности или техническим требованиям механизма и т.д.

2.2 Отработка конструкции детали на технологичность

Цель этого анализа - выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное

улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. Основные задачи анализа технологичности конструкции обрабатываемой детали сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами.

Конструкция детали, отработанная на технологичность должна удовлетворять следующим основным требованиям [2, 4]:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные экономически и конструктивно обоснованные точность, шероховатость, обеспечивающие точность установки, обработки и контроля;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- форма и габариты детали, основные и вспомогательные базы и их сочетания, схемы простановки размеров, конструктивные элементы, материалы, покрытия, требования к упрочнению должны максимально соответствовать принятым методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых технологических процессов ее изготовления.

Основными методами технологического контроля чертежа детали являются методы сравнительных оценок: качественной и количественной. В курсовой работе выполняется только метод сравнительной качественной оценки. Сущность его сводится к простому сравнению (сопоставлению) контролируемого решения с некоторым решением, принятым за эталон.

Рекомендации для некоторых групп деталей.

Для корпусных деталей определяют:

- а) допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?
- б) позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или с двух сторон?
- в) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?
- г) нужна ли подрезка торцев ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее устранить?
- д) есть ли глухие отверстия и можно ли их заменить сквозными?
- е) имеются ли отверстия, расположенные под углом к плоскости входа инструмента и возможно ли изменение этих элементов?
- ж) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности?

Для валов указывают:

- а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?
- б) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек валов?

- в) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми?
- г) допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки?

Конструкции зубчатых колес должны характеризоваться следующими признаками:

- а) простой формой центрального отверстия;
- б) ступицами, расположенными с одной стороны;
- в) правильной формой и размерами канавок для выхода инструмента.

2.3 Анализ заводского технологического процесса

На основании изученной технологии существующего производства необходимо изложить критический анализ существующего технологического процесса изготовления данной детали.

В тех случаях, когда заданная деталь не изготавливается в данный момент, надлежит изучить технологию изготовления детали серийного производства, близкой по служебному назначению (по конструкции, размерам, материалу, техническим условиям).

Анализ должен быть проведен исходя из обеспечения качества изделия, при этом следует выяснить:

- рациональность вида заготовки и метода ее получения для данного объема производства;
- оценить критически правильность выбора вида исходной заготовки и метода ее получения на заводе и целесообразность использования ее в работе;
- правильность выбора технологических баз, соблюдение принципа совмещения технологических баз;
- правильность установления последовательности операций процесса для достижения заданной точности детали;
- степень технологической оснащенности операций;
- применимость высокопроизводительного режущего инструмента и новых марок материала его режущей части;
- соответствие параметров установленного оборудования требованиям данной операции;
- правильность использования технологических возможностей станков на операциях технологического процесса;
- степень концентрации операций технологического процесса;
- соблюдение технологического процесса на операциях и качество обработки деталей и др.

2.4 Выбор заготовки и метода ее изготовления

Выбор заготовки и метода ее изготовления необходимо проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1109-82 в следующей последовательности [3]:

- определение вида исходной заготовки;
- выбор метода изготовления исходной заготовки;

- технико-экономическая оценка выбора заготовки.

2.4.1 Определение вида исходной заготовки

Вид исходной заготовки устанавливается на основании конструктивных форм и размеров, материала детали, объема серии. При выборе вида исходной заготовки необходимо стремиться к максимальному приближению форм и размеров ее к параметрам готовой детали.

Наибольшее применение в машиностроении получили заготовки из проката, поковки и отливки, также находят применение сварные, штампов-сварные, литейно-сварные, пластмассовые и заготовки, получаемые из спеченных материалов [2].

Заготовки, получаемые из сортового и специального проката, целесообразно выбирать при непосредственном изготовлении из него деталей резанием по конфигурации максимально приближенных к какому-либо виду проката, т.е. когда нет значительной разницы в поперечных сечениях и можно избежать снятия большого количества металла для получения требуемой конструктивной формы.

При нецелесообразности применения проката в качестве заготовки следует применять поковку или отливку. Чем ответственнее деталь, тем предпочтительнее ее изготавливать методами обработки давлением, особенно, когда прочность детали должна сочетаться с ее легкостью.

В массовом и крупносерийном производствах рекомендуется принимать поковки первого класса точности, а в серийном и крупносерийном – второго получаемые штамповкой по ГОСТ 7505-89. Поковки первого класса, получаемые свободной ковкой на прессах по ГОСТ 7062-91, рекомендуется выбирать в серийном производстве, а поковки второго класса – в мелкосерийном; в единичном и мелкосерийном производстве могут быть применены поковки, изготовленные свободной ковкой на молотах по ГОСТ 7829-70.

Литье, как способ придания заготовке необходимой формы, по сравнению с другими видами изготовления более предпочтителен, т.к. позволяет получить заготовку более сложной конфигурации.

Отливки целесообразно выбирать для изготовления фасонных корпусных и им подобных деталей сложной геометрической формы (независимо от конфигурации, размеров и массы деталей), имеющих внутренние полости (отверстия, пазы, окна, ребра, бобышки и т.п.) в единичном и мелкосерийном производствах 3-го класса точности, в серийном и крупносерийном – 2-го и в массовом и крупносерийном – 1-го класса по ГОСТ 26645-85 [3].

2.4.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки

Выбор метода изготовления исходной заготовки определяется следующими факторами [4, 5]:

1) технологическими свойствами материала, т.е. его литейными свойствами или способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением, а также структурными изменениями материала;

2) конструктивными формами и размерами детали (чем больше деталь, тем дороже обходится изготовление металлических форм, штампов и т.п.);

3) требуемой точностью выполнения заготовки и качеством ее поверхности (шероховатость поверхности, наклеп, остаточные напряжения т.п.);

4) величиной объема выпуска (при больших партиях наиболее выгодны способы, которые обеспечивают наибольшие приближения формы и размеров заготовки к форме и размерам детали: точная штамповка, литье под давлением и т.п.);

5) временем, затрачиваемым на подготовку производства (изготовление штампов, моделей, пресс-форм и т.п.);

6) возможность быстрой переналадки оборудования и оснастки, особенно при работе на переменнo-поточных линиях, характерных для автоматизированного производства.

Сначала устанавливают, какой технологический процесс наиболее подходит для изготовления исходной заготовки. Одновременно необходимо проверить возможность комбинирования различных технологических процессов. Затем выбирают метод формoобразования заготовки (литьем в песчаные, стержневые или металлические формы; свободной ковкой, ковкой в подкладных штампах, штамповка поковок в открытых штампах и т.п.).

В первую очередь выбирают метод изготовления, который полностью обеспечивает точность и качество заготовки.

При выборе метода изготовления заготовки следует учитывать возможность одновременного изготовления нескольких деталей.

Общие рекомендации по выбору заготовок приведены в справочнике технолога [2], [3].

Для всех видов поверхностей (наружных, внутренних, цилиндрических, плоских), согласование отклонений формы и расположения поверхностей с допусками на шероховатость и размер детали рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1) определить степень точности формы и расположения поверхностей детали по ГОСТ 24643-81 [5];

2) проверить соответствие заданных в чертеже детали отклонений формы и расположения поверхностей, принятой степени точности;

3) проверить соответствие заданных в чертеже детали допусков на размеры и шероховатость поверхностей принятой степени точности [2].

Допуски на размеры свободных необрабатываемых поверхностей детали должны строго соответствовать значениям допусков, приведенных в стандартах на заготовки.

Пример - Для обеспечения нормальной работы зубчатого колеса допуск биения делительной окружности относительно оси посадочного отверстия должны быть не более....., отклонения от перпендикулярности торцев были не более.... Для правильной ориентации вала необходимо, чтобы отклонения от

параллельности базовых шеек вала были не более ..., радиальное биение не более.... мм.

2.5 Определение типа производства

Ориентировочно тип производства можно установить по таблице 2.1 в зависимости от объёма выпуска и размеров (массы) изготавливаемых изделий.

Тип производства определяют также по числовому значению коэффициента $K_{з.о}$ закрепления операций (ГОСТ 14.004 – 83)

$$K_{з.о} = Q/P,$$

где Q – число всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца;

P – число рабочих мест, на которых выполняются различные операции.

Принято: $20 < K_{з.о} \leq 40$ – мелкосерийное производство; $10 < K_{з.о} \leq 20$ – среднесерийное производство; $1 < K_{з.о} \leq 10$ – крупносерийное производство; $K_{з.о} = 1$ – массовое производство [4].

Таблица 2.1 – Приближённый выбор типа производства

Тип производства	Годовой объём выпуска изделий, шт./г					
	крупных		Средних		Мелких	
	свыше	до	свыше	до	свыше	До
Единичное	–	5	–	10	–	100
Мелкосерийное	5	100	10	200	100	500
Среднесерийное	100	300	200	500	500	5 000
Крупносерийное	300	1 000	500	5 000	5 000	50 000
Массовое	1 000	–	5 000	–	50 000	–
Примечание – К мелким отнесены изделия массой до 10 кг, к средним – свыше 10 до 100 кг, к крупным – свыше 100 кг						

Для мелкосерийного и единичного производств характерен *непоточный метод* работы, когда использование поточного метода невозможно из-за незначительных объёмов выпуска, частых смен изделий. При непоточном методе работы нет строгого закрепления операций за конкретными рабочими местами, нет синхронизации длительности операций по такту выпуска; на рабочих местах в целях обеспечения их загрузки создают заделы заготовок (сборочных единиц), стремятся сконцентрировать переходы, уменьшить число операций.

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых или изготавливаемых изделий при большом объеме выпуска. Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объемом выпуска. Единичное производ-

ство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий.

Необходимо наметить два-три метода изготовления исходной заготовки для выбора наиболее экономичного.

При выборе метода литья необходимо учитывать влияние особенностей формирования структуры металла, отливки, технологических, физико-механических, литейных свойств сплава на конструкцию литой заготовки.

Сравнительная характеристика способов изготовления отливок, их особенности и область применения приведены в таблице [1].

Ориентировочные данные по точности и шероховатости отливок, по рентабельности класса точности отливок в зависимости от характера производства приведены в [2].

Заготовки из проката получают резкой. Методы резки, точность и область применения даны в таблице [2].

Поковки изготавливаются различными методами (ковкой на плоских бойках, горячей штамповкой: в подкладных штампах, на штамповочном молоте и т.д.). Сравнительные характеристики поковок, изготавливаемых ковкой и штамповкой, и область применения приведены в таблице [2].

2.6 Технико-экономическая оценка выбора заготовки

При наличии нескольких методов изготовления исходной заготовки выбор делают исходя из условий обеспечения минимальной себестоимости детали. Если же сопоставляемые варианты по себестоимости оказываются равнозначными, предпочтительным следует считать вариант заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки приведено в [5, с. 31-49].

Определение массы заготовки ведется по номинальным размерам заготовки.

Расчет номинальных размеров заготовки для охватываемых и охватываемых поверхностей и плоских поверхностей при одностороннем припуске производится по формулам:

$$A_3 = A_d + 2 Z_0 \text{ - для охватываемых поверхностей;}$$

$$A_3 = A_d - 2 Z_0 \text{ - для охватываемых поверхностей;}$$

$$A_3 = A_d - Z_0 \text{ - для плоских поверхностей при одностороннем припуске,}$$

где A_3 - номинальный размер заготовки;

A_d - номинальный размер детали;

Z_0 - общий номинальный припуск.

Припуски на механическую обработку отливок и допуски на их изготовление регламентируются стандартами [3]. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062-90), приведены в таблицах 33-38; изготавливаемые свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829-70) приведены в таблицах 39-46; поковки, получаемые штамповкой (ГОСТ 18970-84) [3].

Размеры диаметров заготовки для деталей, изготавливаемых из круглого сортового проката (по ГОСТ 2590-88), даны в [3, 5] в зависимости от номинального диаметра детали и ее длины.

Принятые значения припусков на обработку поковок и отливок, допуски на их изготовление сводятся в таблице 2.2.

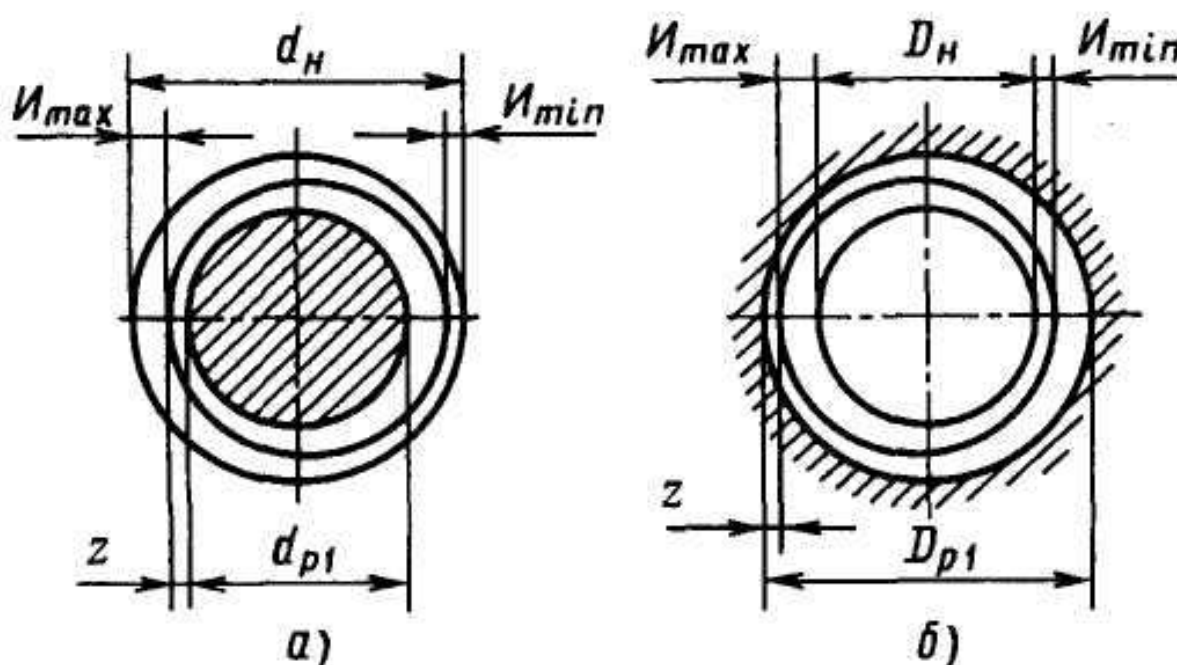
Таблица 2.2

Номинальные размеры детали	Табличное значение номинального припуска	Номинальный размер заготовки с предельными отклонениями
1	2	3

Окончательные размеры заготовок корректируются после расчета припусков на механическую обработку.

2.7 Метод определения ремонтных размеров

Метод определения значения и числа ремонтных размеров для вала и отверстия был впервые разработан проф. В.В. Ефремовым и заключается в следующем: пусть вал и отверстие при поступлении деталей в ремонт имеют форму и размеры, показанные на рисунке 2.1.



а - для вала; б - для отверстия

Рисунок 2.1 - Определение ремонтных размеров

Для того чтобы придать поверхностям правильную геометрическую форму, необходимо подвергнуть их механической обработке. После обработки размеры поверхностей деталей будут отличаться от первоначальных на удвоенный максимальный односторонний износ I и припуск z на механическую обработку на сторону.

Следовательно, первый ремонтный размер для наружных цилиндрических поверхностей (валов) [6]:

$$d_{p.1} = d_n - 2(I_{max} + z),$$

где d_n - размер вала по рабочему чертежу (номинальный), мм [6].

Припуск z зависит от вида обработки: при чистовом точении 0,05 - 0,1 мм, при шлифовании 0,03 - 0,05 мм на сторону. Износ I_{max} может быть определен опытным путем. Однако при контроле и сортировке деталей обычно измеряют не максимальный износ, а износ I на диаметр за межремонтный пробег.

Поэтому, чтобы упростить пользование формулой для определения ремонтного размера, в нее вводят коэффициент неравномерности износа $\beta = I_{max}/I$.

При симметричном износе детали, когда $I_{max} = I_{min} = I/2$, коэффициент неравномерности износа $\beta = I_{max}/I = 0,5$. При одностороннем износе $I_{min} = 0$, а $I_{max} = I$, поэтому $\beta = I_{max}/I = 1$. Таким образом, значения коэффициента неравномерности износа могут изменяться от 0,5 до 1. Для конкретных деталей коэффициент β устанавливают опытным путем. Имея в виду, что $I_{max} = \beta I$, и подставляя это значение в формулу для определения ремонтного размера для вала, получим

$$d_{p.1} = d_p - 2(\beta I + z),$$

где $2(\beta I + z) = \gamma$ - межремонтный интервал.

Следовательно, расчетную формулу для определения ремонтных размеров для наружных цилиндрических поверхностей (валов) (рисунок 2.2) можно представить окончательно в следующем виде

$$\begin{aligned} d_{p.1} &= d_n - \gamma, \\ d_{p.2} &= d_n - 2\gamma, \\ &\dots\dots\dots \\ d_{p.n} &= d_n - n\gamma, \end{aligned}$$

где n - число ремонтных размеров [6].

По аналогии для внутренних цилиндрических поверхностей (рисунок 2.3) можно записать

$$D_{p.1} = D_n + \gamma,$$

$$D_{p.2} = D_n + 2\gamma,$$

.....

$$D_{p.n} = D_n + n\gamma.$$

Число ремонтных размеров можно определить по формулам

- для валов

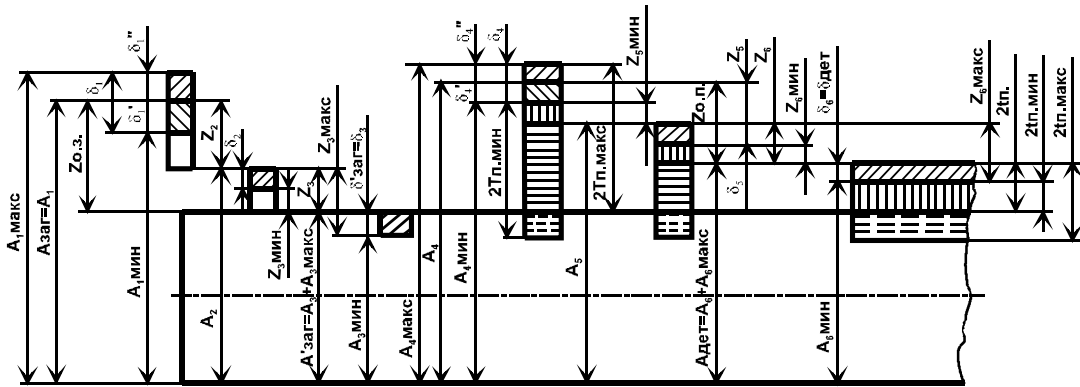
$$n_v = (d_n - d_{min}) / \gamma,$$

- для отверстий

$$n_{отв} = (D_{max} - D_n) / \gamma,$$

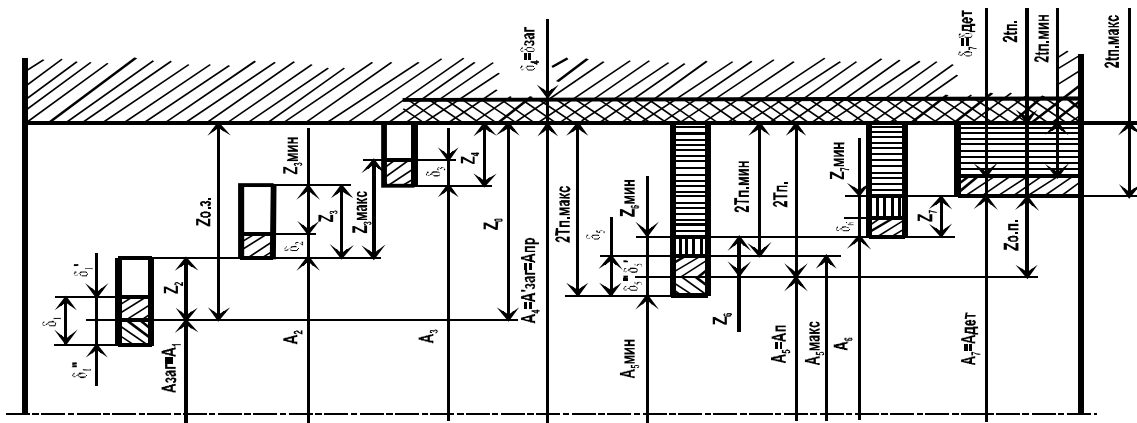
где d_{min} - минимальный диаметр вала, мм;

D_{max} - максимальный диаметр отверстия, мм.



$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ - номинальные значения операционных размеров соответственно заготовки, чернового и чистового обтачивания, нанесения твердого покрытия, чернового и чистового шлифования; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6$ - допуски на указанные размеры; Z_2, Z_3, Z_5, Z_6 - номинальные значения припусков соответственно на черновое и чистовое обтачивание, черновое и чистовое шлифование покрытия; $Z_{0.3}, Z_{0.п}$ - общий припуск соответственно на обработку заготовки и покрытия; t_n - номинальное значение толщины обработанного покрытия; $d_{дет}$ - допуск на размер детали; T_n - номинальное значение толщины нанесенного покрытия.

Рисунок 2.2 - Схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку вала с покрытием



$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ - номинальные значения операционных размеров соответственно заготовки, чернового, получистового и чистового растачивания, нанесения покрытия, чернового и чистового внутреннего шлифования; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$ - допуски на указанные размеры; Z_2, Z_3, Z_4, Z_6, Z_7 - номинальные значения припусков на обработку.

Рисунок 2.3 – Схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку отверстия с наплаиваемым покрытием

2.8 Проектирование технологического маршрута обработки

2.8.1 Выбор технологических баз

В качестве исходных данных для выполнения этого этапа используются следующие:

- 1) чертеж детали;
- 2) тип производства и его организационная форма;
- 3) эскиз и метод получения заготовки.

Одним из основных правил базирования деталей в технологическом процессе является правило, в силу которого черновые (необработанные) поверхности заготовки нельзя дважды (на двух операциях) использовать в качестве технологических баз. Исходя из этого, на первой или первых операциях следует обрабатывать те поверхности, которые в дальнейшем потребуются в качестве технологических баз.

Известно, что поверхности детали, получаемые в результате выполнения каждого перехода технологического процесса, занимают положения непосредственно относительно технологических баз. Отсюда следует, что в качестве технологических баз необходимо выбирать те поверхности, относительно которых должны занять свое положение обрабатываемые поверхности. Соблюдение этого правила приводит к тому, что задача решается кратчайшим путем.

Ниже приведены типичные примеры комплектов технологических баз для разных типов деталей.

Корпусные детали:

1) установочная база (плоскость), двойная опорная база (отверстие), опорная база (отверстие или плоскость);

2) установочная база (плоскость), направляющая база (плоскость), опорная база (плоскость);

Диски, одновенцовые шестерни, фланцы:

1) установочная база (торцовая плоскость), двойная опорная база (ось отверстия или наружной цилиндрической поверхности), опорная (скрытая);

2) двойная направляющая база (ось отверстия или наружной цилиндрической поверхности), опорная (торцовая поверхность), опорная (скрытая);

Валы, оси, цилиндры:

1) двойная направляющая база (две образующие цилиндрической поверхности), опорная (торцовая поверхность), опорная (скрытая);

2) двойная направляющая база (ось цилиндрической поверхности или ось, проходящая через центровые отверстия), опорная (торцовая поверхность), опорная (скрытая).

Выбор технологических баз рекомендуется выполнять по схеме, приведенной на рисунке 2.4.

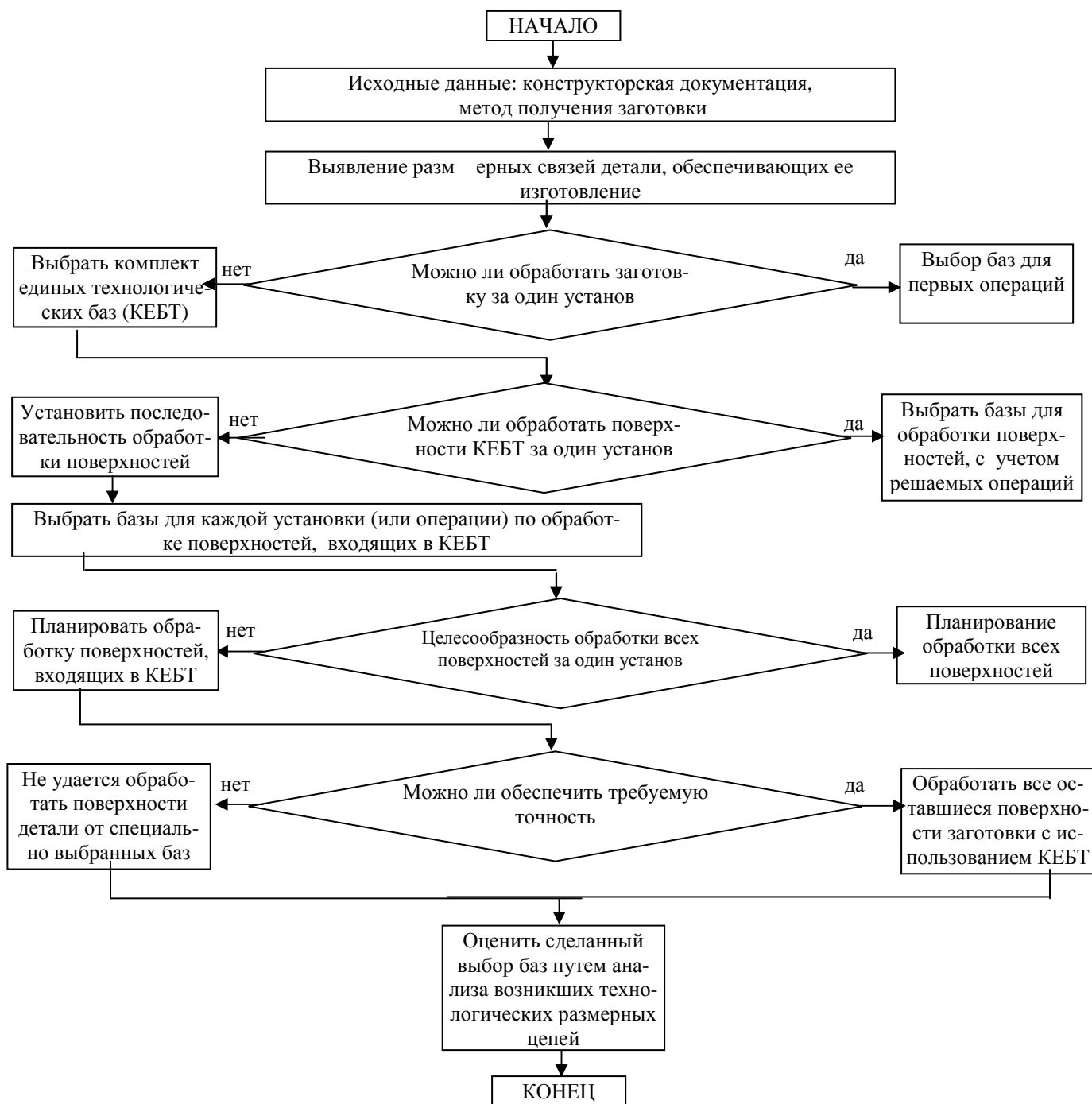


Рисунок 2.4 - Схема выбора технологических баз детали

2.8.2 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки поверхностей детали

На выбор методов обработки и количества переходов влияют следующие факторы:

- 1) требования к качеству готовой детали и заготовки;
- 2) тип производства;

- 3) конфигурация заготовки и готовой детали;
- 4) технико-экономические характеристики различных методов обработки.

В конечном итоге необходимо стремиться к выбору такого количества переходов и таких методов обработки, которые позволяют обеспечить заданные точности и производительность процесса при наименьших затратах.

С принципиальной точки зрения любую точность детали можно обеспечить за один переход, но это, как правило, является неэкономичным. Например, методом неоднократного шлифования можно обработать отливку и получить при этом точность, соответствующую 7 квалитету. Однако это не будет экономичным, поскольку процесс шлифования в этом случае будет длиться сравнительно долго, а оборудование и инструмент для него являются дорогостоящими.

Для выбора методов обработки и количества переходов следует использовать накопленный ранее многолетний производственный опыт, на основе которого составлены таблицы средней экономически достижимой точности [1]. Прежде всего необходимо выбрать методы обработки, которые позволяют получить требуемую конечную деталь.

Опыт показывает, что, как правило, для экономичного обеспечения точности, соответствующей от 5 до 7 квалитета, заготовка не должна иметь погрешности, превышающие квалитеты от 6 до 8; для достижения квалитетов от 7 до 9 – 9-10 квалитеты; а для достижения квалитетов от 10 до 12 – 14-16 квалитеты. Следует помнить, что эти правила носят рекомендательный характер и имеют исключения. Например, протягиванием пролитого отверстия можно экономично достичь точности 7 квалитета.

В связи с тем, что одни и те же показатели точности обработки могут быть достигнуты различными методами, после предварительного выбора нескольких возможных технически подходящих конкурирующих методов обработки следует провести, хотя бы качественное, сопоставление их с точки зрения производительности и экономичности. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы одним и тем же методом обрабатывалось возможно большее количество поверхностей. Это дает возможность в дальнейшем при разработке операций совместить наибольшее количество переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить трудоемкость.

Рекомендуется выбор метода обработки и количества переходов проводить по схеме, приведенной на рисунке 2.5.

В качестве примера рассмотрим выбор методов и количества переходов для обработки ступенчатого отверстия $\text{Ø}35\text{H}6$, $l = 20$ мм в детали "втулка". Допуск на диаметральный размер для 6 квалитета составляет 16 мкм, а шероховатость не должна превышать предпочтительно $R_a = 1,25$ мкм. Деталь производится крупными сериями. В качестве заготовки выбрана поковка полученная на ГКМ. Отверстие в заготовке прошивается с допуском 1600 мкм, что соответствует 16 квалитету, и имеет шероховатость $R_a = 50$ мкм.

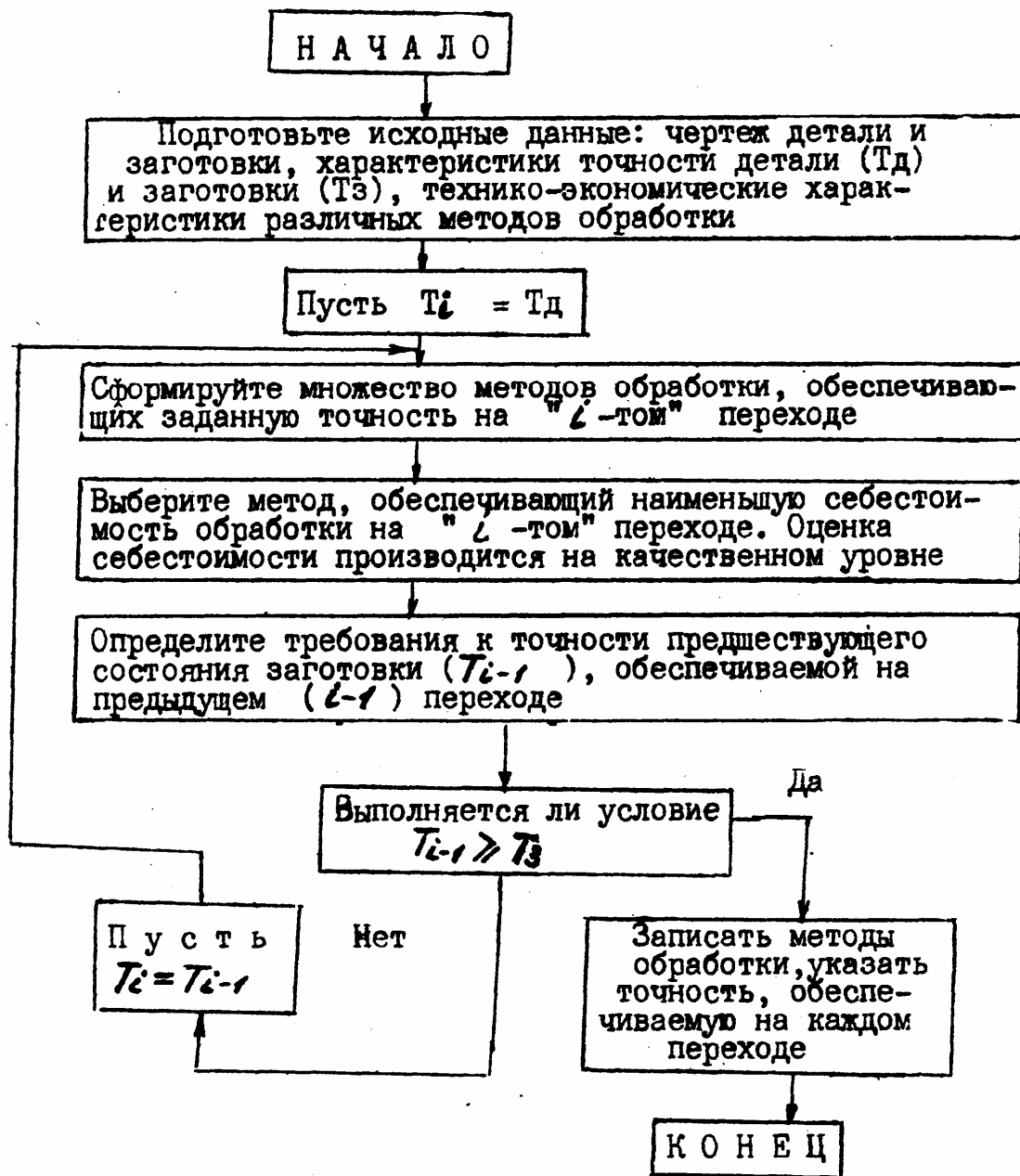


Рисунок 2.5 - Схема выбора методов обработки, количества переходов и точности, обеспечиваемой на каждом переходе

Требуемую точность можно достичь следующими методами:

- 1) тонким развертыванием;
- 2) протягиванием;
- 3) шлифованием;
- 4) алмазным выглаживанием.

Все эти методы позволяют достичь допуск 16 мкм и шероховатость предпочтительно $R_a = 1,25$. Поэтому сравнивать их необходимо по производительности и себестоимости.

Протягивание - высокопроизводительный метод обработки, требующий использования дорогостоящего специального инструмента. В данном случае протягивание применять нельзя, поскольку отверстие является ступенчатым.

Тонкое алмазное растачивание и алмазное выглаживание имеют примерно одинаковую производительность. Эти методы требуют дорогостоящего инструмента и оборудования, необходима настройка для обеспечения диаметрального размера.

Если сравнивать шлифование и тонкое развертывание, то с учетом диаметра отверстия (сравнительно малого) можно сказать определенно: в данном случае более целесообразно развертывание. Небольшой диаметр оправки шлифовального круга обуславливает заниженные режимы резания. Кроме того, перед шлифованием необходимо на первых переходах либо растачивать отверстие, либо зенкеровать, т.е. в технологическом процессе увеличивается количество используемых групп станков, что тоже нежелательно.

Исходя из вышеуказанного, можно сделать вывод о том, что в данном случае для достижения конечной точности следует использовать тонкое развертывание. Эту обработку можно проводить на станках токарной группы и совмещать с обработкой наружных поверхностей детали.

Достижение точности 6 качества указанным методом будет целесообразно только в том случае, если будут предшествовать предварительные переходы. Перед тонким развертыванием следует провести развертывание предварительное по 8 качеству. Развертыванию должно предшествовать двукратное зенкерование - по 10 и 13 качествам.

Таким образом, принимается следующая последовательность переходов при обработке отверстия:

- 1) зенкерование черновое по 13 качеству;
- 2) зенкерование чистовое по 10 качеству;
- 3) развертывание предварительное по 8 качеству;
- 4) развертывание тонкое по 6 качеству.

Следует отметить, что проведенный в данном разделе выбор методов и количества переходов не является окончательным. Он может подвергаться коррекции на этапе формирования маршрута технологического процесса и на этапе проектирования операции.

2.8.3 Формирование маршрута изготовления детали и выбор состава технологического оборудования

Исходными данными для выполнения данного раздела являются общая последовательность обработки детали, намеченная с учетом выбранных технологических баз, количество переходов и принятые методы обработки всех поверхностей детали.

Необходимость дифференциации технологического процесса и разделение его на то или иное количество операций обусловлено, прежде всего, практической невозможностью проведения всей обработки на каком-то одном станке. Поэтому технолог вынужден выделять в технологическом процессе операции по группам оборудования (токарная, фрезерная, шлифовальная и т.д. операции). Кроме того, наличие погрешностей динамической настройки требу-

ет выделения в технологическом процессе черновых, чистовых и отделочных операций.

Причиной дифференциации технологического процесса является и частая необходимость чередования механической обработки с другими видами воздействия на деталь (термообработка, старение, нанесение покрытий и т.д.).

При формировании маршрута необходимо придерживаться следующих принципов:

1) общую последовательность обработки поверхностей детали желательно сохранить;

2) в первые операции следует объединить энергоемкие переходы, связанные с удалением наибольшего слоя металла. В целях исключения влияния внутренних напряжений целесообразно на этой стадии произвести черновую обработку всех наружных поверхностей детали;

3) объединение черновых и чистовых переходов в одних операциях нежелательно;

4) наиболее ответственные переходы, связанные с достижением наибольшей точности следует проводить в конце технологического процесса. Здесь же следует проводить обработку легкоформируемых поверхностей, например, наружных резьб;

5) с увеличением массы и габаритов детали следует стремиться к уменьшению количества операций, т.е. концентрации переходов, поскольку транспортирование, складирование, установка на станках таких деталей затруднены [7].

На этом этапе разработки технологического процесса оборудование выбирается предварительно. При подборе станков руководствуются только принципиальной возможностью выполнения на них операций. Чаще всего удается указать только группу станков (токарный, сверлильный, фрезерный и т.д.). Окончательно станки выбираются после формирования структуры операции.

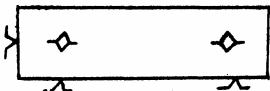
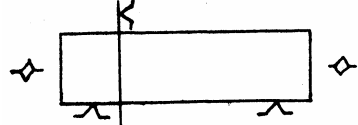

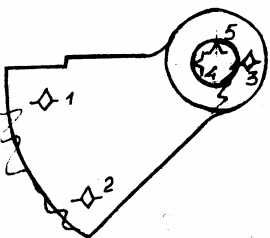
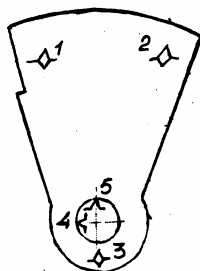
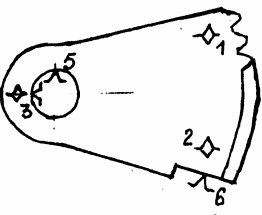
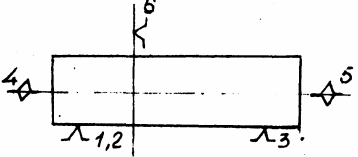
Разработанный маршрут технологического процесса целесообразно представить в виде таблицы 2.3, где указываются:

1) номер операции;

2) краткое содержание переходов;

3) эскиз обрабатываемой детали, показанной в том виде, который она принимает после окончания операции. Обрабатываемые поверхности выделяют утолщенными линиями. На эскиз наносится схема базирования.

Таблица 2.3 – Маршрут технологического процесса

№ операции	Наименование и содержание операций	Схемы базирования	Тип станка
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерная Фрезеровать две поверхности		Вертикально-фрезерный
010	Плоскошлифовальная Шлифовать две поверхности предварительно с переустановкой		Плоскошлифовальный
015	Радиально-сверлильный Сверлить отверстие, зенкеровать, зенковать фаску, развернуть отверстие		Радиально-сверлильный
020	Вертикально-фрезерная Фрезеровать уступ		Вертикально-фрезерный
025	Токарно-винторезная Точить по радиусу окончательно		Токарно-винторезный
030	Зубодолбежная Долбить зубья		Зубодолбежный
035	Плоскошлифовальная Шлифовать две поверхности окончательно		Плоскошлифовальный
040	Контрольная		

2.9 Разработка технологических операций

2.9.1 Выбор структуры операций

В содержании операции указывается:

- метод и вид (степень) обработки;
- вид обрабатываемой поверхности (или поверхностей обрабатываемых одновременно (наружная цилиндрическая, отверстие, плоскость, торцовая поверхность и т.д.). Поверхности обозначаются цифрами или заглавными буквами алфавита - А, Б, С и т.д.

Содержание переходов в операции зависит от:

- программы выпуска;
- типа детали и ее конструкции;
- размеров детали, допусков и взаимосвязи обрабатываемых поверхностей;
- методов обработки и баз, принятых в данной операции маршрута;
- возможность или невозможность обработки детали с одной установки с разных сторон.

Выбор оптимального варианта содержания переходов в операции и типа оборудования рекомендуется выполнять в последовательности, рассматриваемой ранее.

Принятая последовательность для приведенных примеров диктуется следующими соображениями:

- при обработке отверстий, у которых торцовая поверхность черновая (необработанная), необходимо, в первую очередь, подрезать торец, т.к. при контакте режущего инструмента с черновой необработанной поверхностью, снижается его стойкость. Во всех случаях обработку отверстия следует начинать с обработки торца;
- прорезку канавки и снятие фаски следует проводить до окончательной обработки отверстия развертками, с тем, чтобы удалить с поверхности отверстия острые кромки (заусенцы), которые могут быть образованы в процессе прорезки канавки и снятия фаски.

2.9.2 Выбор средств технологического оснащения операции

Выбор станка производится по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого станка, т.е. в наибольшей степени выявляющему его функциональные значения и технические возможности, соответствующему требуемому методу обработки, точности, шероховатости обрабатываемых поверхностей, их расположению и габаритным размерам детали.

При выборе станка для проектируемого технологического процесса рекомендуется учитывать следующие факторы:

Критериями рационального выбора модели (типоразмера) станка являются:

- точность станка, обеспечивающая достижение заданных показателей точности в выполняемой операции;

- оптимальная производительность станка;

- наименьшая технологическая себестоимость механической обработки.

При выборе модели (типоразмера) станка следует учитывать и другие факторы:

- тип производства, объем выпуска;

- соответствие конструктивных особенностей станка требованиям обработки одновременно нескольких деталей, несколькими режущими инструментами одновременно;

- мощность установленного на станке электродвигателя;

- габариты станка;

- стоимость станка;

- требования техники безопасности и электробезопасности.

Конструкции оснастки определяются для данного вида технологических операций на основе:

- габаритных размеров заготовки;

- вида заготовки;

- характеристики материала заготовки;

- точности параметров и конструктивных характеристик поверхностей изделия, влияющих на конструкцию оснастки;

- технологических схем установки;

- характеристик оборудования;

- объемов производства [8].

2.9.3 Назначение припусков на обработку и межпереходных размеров [8]

Припуск удаляется с поверхности заготовки в процессе ее обработки для получения детали. Для определения припуска на обработку может быть использован один из двух методов: опытно-статистический или расчетно-аналитический. Опытно-статистический метод - общие и промежуточные припуски выбираются по таблицам стандартов или ведомственных нормативов.

Он широко применяется в серийном производстве. Промежуточные припуски на механическую обработку рассчитываются по формулам, представленным в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Определение промежуточных припусков на механическую обработку

Содержание технологических переходов	Припуск	Допуск	Определение предельных размеров	Наибольший припуск на сторону
Заготовка			1. Заготовки	
$Z_i^{HOM} = EI_{i,1} - EI_i$			1.1 Наружных поверхностей: $a_3 = (a_{maxi} + 2Z_{nomi})_{-EI_3}^{+ES_3}$	$Z_{maxi} = a_{max3} - a_{nomi}$
$Z_i^{HOM} = Z_i^{HM} + EI_{i,1} - EI_i$ $EI_{i,1} = ES_3$			1.2 Внутренних поверхностей: $a_3 = (a_{mini} + Z_{nomi})_{-EI_3}^{+ES_3}$	$Z_{maxi} = a_{max3} - a_{nom3}$
$Z_i^{HOM} = Z_i^{HM} + EI_{i,1} - EI_i$			1.3 Для плоских поверхностей при одностороннем припуске: $a_3 = (a_{maxi} + Z_{nomi})_{-EI_3}^{+ES_3}$	$Z_{maxi} = a_{max3} - a_{mini}$
			2 Технологических переходов 2.1 Наружных поверхностей: $D_{mini-1} = (D_{mini} + 2Z_{mini})$ $D_{maxi-1} = (D_{mini} + T_{Di-1})$	$Z_{maxi} = Z_{mini} + T_{i-1} - T_i$
			2.2 Внутренних поверхностей: $D_{maxi-1} = (D_{maxi} + 2Z_{mini})$ $D_{mini-1} = (D_{maxi} + T_{Di-i})$ 2.3 Для плоских поверхностей при одностороннем припуске: $a_{mini-1} = (a_{mini} + Z_{mini})$ $a_{mini-1} = (a_{mini} + T_{i-i})$	$Z_{maxi} = Z_{mini} + T_{i-1} - T_i$ $Z_{maxi} = a_{maxi-1} - a_{mini}$

где a_{maxi} , a_{mini} – соответственно наибольшие и наименьшие предельные размеры, полученные на выполненном переходе;

a_{maxi-1} , a_{mini-1} – соответственно ... на предшествующем переходе;

EI_i и ES_i – соответственно наименьший и номинальный припуск на сторону на выполненный технологический переход;

EI_{i-1} и ES_{i-1} – соответственно нижнее и верхнее отклонение размера, полученное на выполняемом переходе;

D_{maxi} и D_{mini} – соответственно наибольший и наименьший предельные размеры, полученные на выполняемом технологическом процессе;

$D_{\text{maxi-1}}$ и $D_{\text{mini-1}}$ – соответственно ... на предшествующем переходе.

Пример расчета припуска при токарной обработке вала диаметром 50 мм. Длина вала 120-260 мм. Заготовка – штамповка 2 степени точности. Масса 5 кг. Точить вал и получить размер 50h7. Обработать с шероховатостью $R_a = 1,25$ мкм.

Пример расчета выполнен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Пример расчета промежуточных припусков на механическую обработку поверхности 50h7

Содержание технологических переходов	Припуск	Допуск	Формула	$2Z^{\text{НБ}} = 2t$ Расчетный размер
Заготовка		с.259, таблица 28, [3]	$A_3 = (A_i^{\text{НБ}} + 2Z_i^{\text{НОМ}}) \pm T_i$ $A_3 = (51,032 + 2,71) = 53,74_{-0,7}^{+1,3}$	
1. Точение черное	2 · 1,2, с. 358	0,39 с.13, таблица 4, [3]	$A_i = (A_i^{\text{НБ}} + 2Z_i^{\text{НМ}} + T_i)_{-T_i}$ $A_i = (50,322 + 0,32 + 0,39) = 51,032_{-0,39}$	4,048
2. Точение чистое	2 · 0,16, таблица 41, [3]	0,1, с.13, таблица 4, [3]	$A_i = (A_i^{\text{НБ}} + 2Z_i^{\text{НМ}} + T_i)_{-T_i}$ $A_i = (50,122 + 0,1 + 0,1) = 50,322_{-0,1}$	0,79
3. Шлифование предварительное	2 · 0,05 с.361, таблица 41, [3]	0,062 с.13, таблица 4, [3]	$A_i = (A_i^{\text{НБ}} + 2Z_i^{\text{НМ}} + T_i)_{-T_i}$ $A_i = (50 + 0,06 + 0,062) = 50,122_{-0,062}$	0,262
4. Шлифование	2 · 0,03 с.361, таблица 41, [3]	0,25 с.13, таблица 4, [3]	Размер по чертежу 50h7 $A_i = 50_{-0,025}$ $Z_i^{\text{НОМ}} = 21,2 + 0,7 - 0,39 = 2,43$	0,147

Пример расчета припуска при механической обработке отверстия $\varnothing 85\text{H}8 (+0,057)$ глубиной 20 мм с шероховатостью $R_a = 1,25$ мкм. Заготовка – отливка стальная. Габаритные размеры от 260 до 500 мм. Отливки I класса точности.

Таблица 2.6 – Пример расчета промежуточных припусков на механическую обработку поверхности 50h7

Содержание технологических переходов	Припуск, мм	Допуск, мм	Формула	Размеры
Заготовка		[3], с.13	$A_{i-1} = (A_i^{HM} - 2Z_i^{HOM})^{\pm T_i}$ $Z_i^{HOM} = 0,5 \cdot 2 - 0,54 = 1,46$ $A_{i-1} = 83,05 - 0,92 = 82,13$	82,13 ^{±1}
1. Зенкерование черновое	0,5 · 2, таблица.12.12 с.268, [12]	0,54, [3], с.13	$A_{i-1} = (A_i^{HM} - 2Z_i^{HM} - T_i)^{+T_i}$ $A_{i-1} = (84,09 - 0,5 - 0,54)^{+0,54} =$	83,05 ^{+0,54}
2. Зенкерование чистовое	0,25 · 2, таблица.12.12 с.268, [12]	0,35 [3], с.13	$A_{i-1} = (A_i^{HM} - 2Z_i^{HM} - T_i)^{+T_i}$ $A_{i-1} = (84,76 - 0,32 - 0,35)^{+0,35} =$	84,09 ^{+0,35}
3. Развертывание нормальное	0,16 · 2 таблица.12.12 с.268, [12]	0,14, [3], с.13	$A_{i-1} = (A_i^{HM} - 2Z_i^{HM} - T_i)^{+T_i}$ $A_{i-1} = (85 - 0,1 - 0,14)^{+0,14} = 84,76^{+0,14}$	84,76 ^{+0,14}
4. Развертывание тонкое	0,05 · 2 таблица.12.12 с.268, [12]	0,057 [3], с.13	Размер согласно чертежу	85 ^{+0,057}

2.9.4 Назначение режимов обработки [10]

Для назначения режимов резания определяют глубину резания, которая равна максимальной величине припуска на обработку.

Затем выбрав подачу, по нормативам определяют скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала.

Пример расчета элементов режимов резания и основного времени при токарной обработке.

Станок 16К62. Деталь диаметром 60 мм, длиной 200 мм. Материал сталь 40Х. Резец проходной φ = 45°, резец оснащен твердосплавной пластиной марки Т5К10.

Длина рабочего хода суппорта

$$L_{px} = 1 + l_1 + l_2 = 200 + 8 + 3 = 211 \text{ мм.}$$

Припуск на обработку

$$t = 5 \text{ мм.}$$

Принимаем глубину 2 Z = 5 мм,

$$S_{o\text{ пр}} = 0,4-0,6 \text{ мм/об.}$$

Принимаем ближайшее значение подачи по паспорту

$$S_{o\text{ пр}} = 0,47 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания принимаем

$$V = 57 \text{ м/мин.}$$

Затем находим

$$n = \frac{1000 \cdot 57}{3,14 \cdot 60} = 302,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi D_{\text{Ппр}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 250}{1000} = 47 \text{ м/мин}$$

Назначение режимов обработки для сверлильных, фрезерных, шлифовальных операций производится аналогично.

Режим нанесения покрытия характеризуется совокупностью основных технологических параметров, обеспечивающих получение слоя заданных размеров, формы и качества [6].

Режим нанесения определяется расчетным путем или по справочным таблицам.

Основными технологическими параметрами процесса дуговой наплавки являются: диаметр электрода, ток, напряжение и скорость наплавки и подачи электродов. К дополнительным параметрам относятся: род и полярность тока, расход защитного газа, смещение электрода с зенита, вылет электрода и др.

Сила тока при наплавке I_n , А, может быть определена в зависимости от диаметра электрода (проволоки) и допустимой плотности тока в электроде

$$I_n = \frac{\pi d_э^2 \cdot j}{4},$$

где $d_э$ - диаметр электрода (проволоки), мм;

j - допустимая плотность тока, А/мм².

Допустимая плотность тока j зависит от диаметра электрода или проволоки и может быть выбрана по таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Значения допустимой плотности тока при дуговой наплавке [6]

Диаметр электрода (проволоки), мм	2	3	4	5	6
Плотность тока для РДН, А/мм ²	-	13-18,5	10-14,5	9-12,5	8,5-12,0
Плотность тока для автоматической наплавки под флюсом, А/мм ²	65-200	45-90	35-60	30-50	25-45

Напряжение дуги U_n при дуговой наплавке изменяется в сравнительно узких пределах и выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов.

Обычно для ручной дуговой наплавки $U_n = 26-30$ В, для механизированной наплавки $U_n = 36-40$ В.

Диаметр электродов (проволоки) выбирается для плоских деталей в зависимости от величины износа детали (таблица 2.8).

Таблица 2.8 - Рекомендуемый диаметр электрода для наплавки плоской поверхности [6]

Износ, мм	2-3	3-4	4-5	5-6	6
d_3 , мм	2	2	3	5	5

При наплавке цилиндрических деталей для определения режима наплавки необходимо учитывать диаметр детали.

В таблице 2.9 приведены рекомендуемые диаметры электродной проволоки в зависимости от диаметра детали для наплавки под флюсом.

Таблица 2.9 - Рекомендуемый диаметр электродной проволоки

Диаметр детали, мм	50 - 60	70	80 - 100	100
d_3 , мм	1,2 - 1,6	1,6 - 2,0	2	2 - 3

Скорость подачи электродной проволоки $V_{эл}$, м/ч, определяется по формуле

$$V_{эл} = \frac{14,4 \cdot \alpha_p \cdot I_n \cdot 10^6}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \rho},$$

где α_p - коэффициент расплавления, г/(А·с);

I_n - ток наплавки, А;

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм;

ρ - плотность металла электродной проволоки, кг/м³.

Коэффициент расплавления α_p можно определить из следующих зависимостей:

- при переменном токе

$$\alpha_p = (19 + 0,1 \frac{I_n}{d_3}) \cdot 10^{-4};$$

- при постоянном токе обратной полярности

$$\alpha_p = \left(5,5 + 2,8 \sqrt{\frac{I_n}{d_3}} \right) \cdot 10^{-4}.$$

Скорость наплавки определяется из соотношения

$$V_{\text{нп}} = \frac{V_{\text{эл}} \cdot F_{\text{эл}}}{F_{\text{нп}}},$$

где $V_{\text{эл}}$ - скорость подачи проволоки, м/с (м/ч);
 $F_{\text{эл}}$ - площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²;
 $F_{\text{нп}}$ - площадь наплавленного валика, мм².
 Площадь наплавленного валика

$$F_{\text{нп}} = \delta \cdot S \cdot a,$$

где δ - заданная толщина наплавленного слоя, мм;
 S - ширина валика, мм;
 a - коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного слоя от площади прямоугольника, для наплавки под флюсом $a = 0,6-0,7$.

Ширина валика при однопроводной наплавке

$$S = (3 - 4) \cdot d_3.$$

Частота вращения наплаваемой детали, n , мин⁻¹, вычисляется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{нп}}}{\pi D \cdot 60},$$

где $V_{\text{нп}}$ - скорость наплавки детали, м/с;
 D - диаметр наплаваемой детали, мм.
 Глубина проплавления h_n , мм, определяется по формуле

$$h_n = (0,5 - 0,7) \cdot 0,0112 \sqrt{\frac{0,24 \cdot I_n \cdot U_n \cdot \eta \cdot 3600}{V_{\text{нп}}}},$$

где h_n - глубина проплавления основного металла, мм;
 I_n - ток наплавки, А;
 U_n - напряжение, В;
 η - эффективный к.п.д. дуги;
 $V_{\text{нп}}$ - скорость наплавки, м/ч (м/с).

Для ручной наплавки $\eta = 0,8$, для наплавки под флюсом $\eta = 0,9$, для автоматической наплавки в среде защитных газов $\eta = 0,7-0,75$.

При выборе режимов наплавки следует соблюдать условие

$$h_n \leq 0,5H,$$

где H - толщина стенки детали в месте наплавки, мм.

На глубину проплавления влияет род тока. На постоянном токе обратной полярности проплавление на 40-50 % меньше, чем при прямой. При наплавке на переменном токе глубина проплавления на 15-20 % меньше, чем при постоянном токе обратной полярности.

Зная глубину проплавления h_n , можно вычислить площадь проплавления F_{np} , мм²

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot \varphi_{np} \cdot h_n^2}{4},$$

где φ_{np} - коэффициент формы проплавления;

h_n - глубина проплавления, мм;

При большой силе тока наплавки и малом напряжении $\varphi_{np} < 2$, при небольших токах и повышенном напряжении $\varphi_{np} > 2$.

Зная F_{np} и F_n , можно подсчитать долю участия основного металла в наплавленном по формуле

$$\gamma_o = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}.$$

2.10 Нормирование технологического процесса [11]

Нормирование будем производить на примере токарной обработки. Общее время, затрачиваемое на выполнение операции в условиях серийного производства, складывается из двух составляющих

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_{пар}},$$

где T_k – общее (калькуляционное) время на выполнение операции;

$T_{шт}$ - штучное время, затрачиваемое на обработку каждой детали;

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на выполнение подготовительно-заключительной работы над партией;

$n_{пар}$ - число деталей в партии.

Штучное время определяется формулой

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{п},$$

где T_o - основное технологическое, или машинное, время;

$T_{\text{в}}$ - вспомогательное время;

$T_{\text{об}}$ - время технического и организационного обслуживания рабочего места;

$T_{\text{п}}$ - время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное машинное время рассчитывается на каждый переход в отдельности по формуле

$$T_0 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l}{Sn} \cdot i,$$

где T_0 – основное машинное время;

l – длина обрабатываемой поверхности по чертежу, мм;

l_1 – величина врезания инструмента, мм;

l_2 – величина перебега режущего инструмента, мм;

l_3 – дополнительная длина на взятие пробных стружек, мм;

n – число оборотов шпинделя в мин;

S – подача резцов на один оборот шпинделя, мм/об;

i – число проходов.

Основное технологическое время T_0 и вспомогательное время $T_{\text{в}}$ затрачиваются на выполнение основной и вспомогательной работы. Сумму основного технологического и вспомогательного времени называют оперативным временем

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{в}}.$$

Время на обслуживание рабочего места затрачивается на смену затупившегося инструмента, подналадку станка, заправку и регулировку инструмента, уборку стружки, протирку и смазку станка и др.

Общее время для выполнения операции определяется формулой

$$T_{\text{к}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{п}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{пар}}}$$

2.11 Нормирование газо- и электросварочных работ

Техническая норма времени на газо- и электросварочные работы состоит из оперативного времени, времени обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного времени.

Оперативное время рассчитывается по формуле

$$T_{\text{он}} = (T_0 + T_{\text{в1}})L + T_{\text{в2}},$$

где T_o - основное время на 1 погонный метр сварочного шва, мин.;

$T_{в1}$ - вспомогательное время, связанное с переходом, мин., оно рассчитывается по формуле

$$T_{в1} = t_{оч} + t_M,$$

где $t_{оч}$ - время, необходимое на осмотр и очистку стальной щеткой сваренных кромок и на измерение сварного шва, мин.;

t_M – время, необходимое на смену присадочного прутка, мин.;

L – длина шва или валика, м;

$T_{в2}$ – вспомогательное время, связанное со сваркой изделия, мин.

Основное время $T_o = (F\gamma / \alpha_H) + T_{o1}$,

где F – площадь поперечного сечения шва, мм²;

γ - плотность наплавленного металла, г/см³;

α_H - коэффициент наплавки или минутный расход присадочной проволоки, г/мин.;

T_{o1} – основное время на разогрев свариваемых кромок, мин.

3 Проектирование станочного или контрольного приспособления

3.1 Формулировка служебного назначения

Расчет и конструирование станочного приспособления начинается с выбора схемы базирования и определения сил закрепления. Схема установки определяется студентом исходя из метода обработки и типа станков, затем в справочной литературе [12-13] по представленным схемам и находятся элементы приспособлений. По приведенной формуле определяется усилие зажима, необходимое для надежного крепления детали.

Пример

1 Формулировка служебного назначения приспособления

Приспособление предназначено для базирования и координирования ступенчатого вала (рисунок 3.1). Приспособление должно обеспечить при обработке детали на горизонтально-фрезерном станке 6МВ2Г трехсторонней дисковой фрезой шириной 20 мм, диаметром 80 мм шпоночную канавку шириной 20 мм с радиусным выходом $R = 40$ мм, длиной шпоночной канавки 25 мм и заданной от левого торца, диаметр которого 65,2 мм. Требуемую точность должно обеспечить приспособление при фрезеровании обработанной детали из стали 45, твердость 240-250 НВ, программа 2000 штук в год.

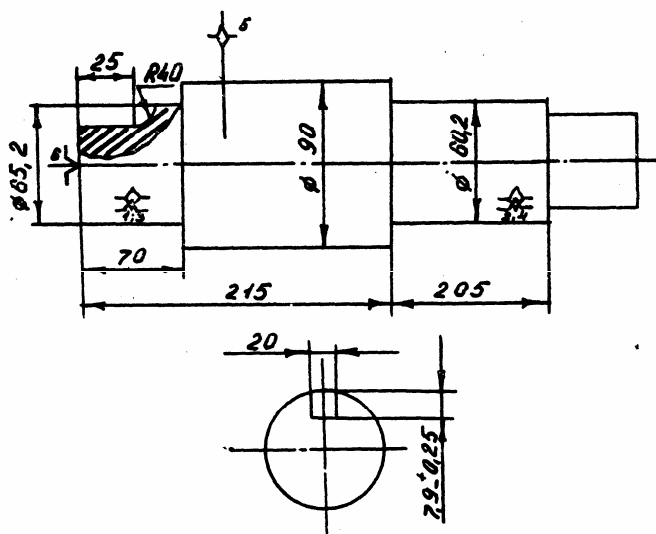


Рисунок 3.1 – Вал ступенчатый

2 Конструирование приспособления выполняется в следующей последовательности:

а) вычерчивается контур обрабатываемой детали в трех проекциях, оставляя достаточно места для вычерчивания всех элементов приспособления, отмечая место фрезерования шпоночной канавки на изображении детали;

б) в качестве направляющего элемента используем угловой установ, выполненный за одно целое со стойкой; настройку приспособления на станке производим с помощью стандартного плоского щупа толщиной 3 мм;

в) установочными элементами под шейки примем две опорные призмы 1 типа для установки в них детали.

В связи с разными диаметрами базовых поверхностей шеек каждая из них устанавливается на разной высоте.

Установочным элементом для ориентации вала в осевом направлении используем постоянную опору I типа $D = 16$ мм;

г) зажим осуществляем резьбовым прихватом откидным 1 типа;

д) корпусом приспособления является плита, на которой установлены и закреплены установ с опорой, две призмы и комплект деталей прихвата. Для изготовления корпуса можно использовать стандартную заготовку-плиту размером 400x250x80 мм. Крепление, установка призмы осуществляется винтами, а для предотвращения сдвига каждая деталь закрепляется двумя штифтами;

е) для центрирования приспособления на столе станка используются две привертные шпонки П типа шириной 18h9 по верхней части паза стола;

ж) для крепления приспособления к столу станка используются четыре болта к станочным пазам.

В результате проведения этой части создан чертеж общего вида приспособления. Он дополняется рядом необходимых размеров (габаритных; установочных для заготовки; размеров, связывающих приспособление с режущим инструментом и приспособление – со станком и др.).

На чертеже записывается ряд технических требований, предъявляемых к приспособлению. К чертежу общего вида приспособления разрабатывается спецификация. Она выполняется на отдельном формате и подшивается к записке.

3.2 Расчет сил зажима привода или норм точности

Определяются рабочие нагрузки, возникающие при технологическом процессе.

При образовании паза дисковой трехсторонней фрезой возникает горизонтальная сдвигающая сила. Величина ее определяется в зависимости от размера паза, материала вала, режимов резания и др.

Для принятого режима резания мощность резания составляет 1,4 кВт, что соответствует окружному усилию [12]

$$P_{\text{окр}} = \frac{2 M_{\text{рез}}}{D_{\text{фр}}} = \frac{2 \cdot 960000 \cdot N_{\text{рез}}}{D_{\text{фр}} \cdot n_{\text{фр}}}$$

$$P_{\text{окр}} = \frac{2 \cdot 960000 \cdot 1,4}{80 \cdot 200} = 171 \text{ Н.}$$

Выбрать точку приложения усилий закрепления и построить схему всех действующих сил и моментов как при закреплении детали, так и в процессе ее обработки при условии предельного равновесия.

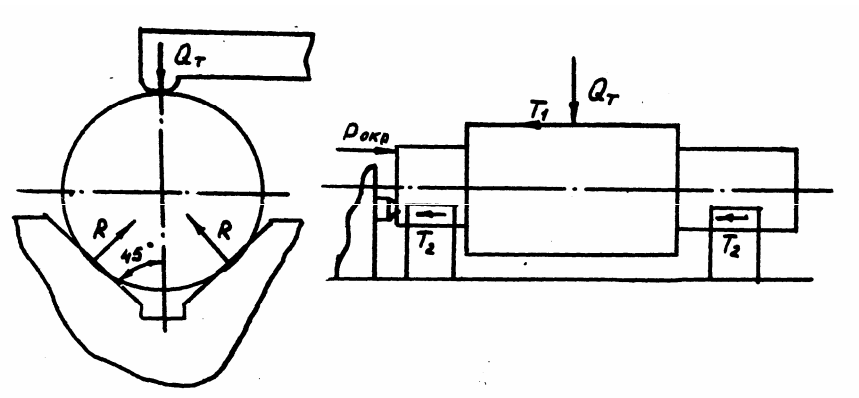


Рисунок 3.2 – Схема действия сил в приспособлении

Определяется усилие зажима детали, необходимое для обеспечения определенности базирования.

Пользуясь основами теоретической механики составляются уравнения всех действующих сил. Решение этих уравнений позволяет определить теоретическое усилие закрепления, если есть аналогичная схема в учебниках или пособиях можно воспользоваться приведенными формулами.

Сила зажима, действующая от прихвата, должна вызвать силы трения, превышающие сдвиговую силу $P_{окр}$ в K раз [13].

$$P_{окр} \leq T_{тр} = (T_1 + 2 T_2),$$

где $T_1 = Q_{тф}$ – сила трения между деталью и прихватом;

f - коэффициент трения;

$2T_2$ – силы трения, вызванные реакциями на поверхностях призм.

Откуда

$$Q = \frac{P_{окр} \cdot k}{\left(f + \frac{f}{0,707} \right)};$$

$$k = n \cdot k_1 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,4 .$$

Или усилие закрепления определяется по расчетной формуле

$$Q_T = \frac{k \cdot P_{окр}}{f_1 + f_2 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}; \quad f_1 = f_2; \quad \alpha = 90^\circ$$

$$Q_{\tau} = \frac{2,4 \cdot 171}{0,15 + \frac{0,15}{0,707}} = 1108 \text{ Н.}$$

Рассчитывается исходная сила. Исходная сила закрепления определяется исходя из расчетного усилия закрепления и требуемого перемещения, которое берется по кинематической схеме закрепления по формуле

$$W = \frac{Q_{\tau}}{3 \cdot i},$$

где $z = \prod_0^m - n_i$; $i = \prod_1^m i_i$; $i = \frac{c_m}{c_i}$

z – к.п.д. механизма закрепления;

i – передаточное отношение механизма закрепления;

Если исходная сила должна разветвляться на несколько точек, берется ΣQ_{τ} .

Передаточное отношение плеч прихвата 1:2, $\eta = 1$.

$$W = \frac{1108}{1 \cdot \frac{1}{2}} = 2216 \text{ Н.}$$

Выбирается источник энергии и определяется размер силового двигателя (диаметр поршня и его ход).

Принимаем ручной зажим с помощью винта. Определяется номинальный диаметр резьбы, приняв $\sigma = 80 \text{ Н/мм}^2$, по формуле

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{G}},$$

где $C = 1,4$ – для основной метрической резьбы.

$$d = 1,41 \sqrt{\frac{2216}{8}} = 23,3 \text{ мм.}$$

Принимаем размер резьбы 24 мм или М24.

Список использованных источников

- 1 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т.1 / под ред. А. М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
- 2 Краткий справочник металлиста / под ред. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова. – 4-е изд., переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 960 с.
- 3 **Харламов, Г.А.** Припуски на механическую обработку: справочник/ Г.А.Харламов А.С. Таранов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с
- 4 **Богодухов, С.И.** Методические указания студентам по выполнению курсовой работы по технологии машиностроения./ С.И.Богодухов, Ю.С.Осадчий. - Оренбург: ОрПи, 1989. – 46 с.
- 5 **Богодухов, С.И.** Основы проектирования машиностроительных заготовок: учебное пособие/ С.И.Богодухов, А.Г. Схиртладзе, В.Ф.Гребенюк, Р.М.Сулейманов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003.- 344 с..
- 6 **Богодухов, С.И.** Упрочнение и обработка поверхностей в машиностроении: учебное пособие/ С.И.Богодухов, В.Ф.Гребенюк, А.Д. Проскурин. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2005. – 241 с.
- 7 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т.2 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001. – 944 с.
- 8 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред.- 4-е изд., перераб. и доп. - Минск : Вышэйш. шк., 1983. - 256 с. : ил.
- 9 **Радкевич, Я.М.** Расчет припусков и межпереходных размеров в технологии машиностроения/Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязева. – Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 340 с.
- 10 **Локтев, А.Д.** Общемашиностроительные нормативы, режимы резания: справочник / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, Б.Н. Балашов – М.: Машиностроение, 1991. – 639 с.
- 11 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - Изд. 2-е. - М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
- 12 Станочные приспособления: справочник. в 2-х т. /ред. совет Б.Н. Вардашкин [и др.] – М.: Машиностроение, 1984.
- 13 **Горошкин, А.К.** Приспособления для металлорежущих станков: справочник/ А.К.Горошкин. – 7-е изд., переработ. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

Приложение А
(Справочное)

Пример оформления технологической части дипломного проекта

3 Технологическая часть

3.1 Назначение детали и анализ условий ее эксплуатации

Вал служит для передачи крутящего момента посредством шестерен, закрепленных на нем и работает в условиях сероводородного изнашивания и частично абразивного.

Материалом вала служит сталь 30ХМА, ГОСТ 4543-71. Основными рабочими поверхностями являются: поверхности под подшипники и шпоночные пазы в местах крепления зубчатых колес.

Условия работы данной детали диктуют необходимость того, чтобы сердцевина была вязкой, твердостью НВ 230–260, поверхность шеек вала под подшипники с твердостью не менее HRC 45-50.

Под воздействием нагрузок в материале вала могут возникнуть напряжения, превосходящие предел его упругости. В результате этого возникает пластическое деформирование материала, приводящее к изменению формы и размеров вала, называемое остаточной деформацией. Остаточная деформация проявляется в виде изгибов, скручивании, смятия поверхностей [25].

Характер износа поверхностей данной детали следующий: шейки под подшипники изнашиваются по наружному диаметру. Вследствие того, что биение поверхностей под подшипники имеет жесткий допуск, они должны быть восстановлены одновременно. Шпоночные пазы могут иметь износ, смятие рабочих поверхностей. Шпоночные пазы изнашиваются по ширине. Возможны также задиры посадочных шеек и прогиб вала.

Технологической базой при восстановлении данной детали не зависимо от сочетания дефектов и маршрута восстановления являются центровые отверстия [26].

Уровень браковочного износа: при наличии дефектов в виде трещин, отколов, выкрашиваний, больших задиры на поверхностях шеек вала его выбраковывают. Скрученность вала более $0,25^\circ$ на 1 м длины считается недопустимой, и вал также выбраковывают [25].

Вал является ступенчатым, наибольший диаметр наружной поверхности составляет 30 мм, а его длина 120 мм, так как отношение длины вала к его диаметру $L/D=120/30=4$ не превышает 15, то вал считается жестким.

Технические требования, предъявляемые к валу:

Диаметры шеек вала под подшипники должны быть шлифованы. Биение поверхностей под подшипники относительно оси вала не должно превышать 0,03 мм, несимметричность шпоночных пазов относительно оси не более 0,03 мм. Диаметральные размеры посадочных шеек по IT6, допуски на длину ступеней вала назначают 0,1 – 0,4 мм.

					ГОУ ОГУ 150205.9007.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Отклонения формы - отклонение от круглости, цилиндричности и прямолинейности, отклонение формы продольного сечения, отклонение от плоскостности составляет часть допуска T_i на выполняемый диаметральный размер (для вала $0,3 T_i$).

Допуск расположения – отклонение от параллельности шпоночных канавок не превышает $0,1$ мкм на 1 мм длины [27].

Сопрягаемые цилиндрические поверхности вала выполняют с отклонением, соответствующим 6-му или 8-му качеству точности и с шероховатостью поверхности соответственно $\sqrt{Ra1,25...0,63}$ и $\sqrt{Ra2,5...1,25}$.

3.1.1 Анализ свойств материала вала

Заготовкой вала является поковка ГОСТ 8479-70. Восстанавливаемая деталь (вал) изготовлена из стали марки 30ХМА, ГОСТ 4543–71, химический состав и механические свойства которой представлены в таблицах 3.1 и 3.2 [28].

Таблица 3.1 – Химический состав стали марки 30ХМА

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
0,26 – 0,23	0,17 – 0,37	0,40 – 0,70	$\leq 0,025$	$\leq 0,025$	0,80 – 1,10	$\leq 0,30$	0,15 – 0,25	$\leq 0,30$

Таблица 3.2 – Механические свойства стали марки 30ХМА

Режим термообработки				$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ
Операция	t, °С	Время выдерж- ки, t, мин	Охлаждаю- щая среда	не менее					
Закалка	880	20	Масло	735	930	12	50	88	229
Отпуск	540	120	Вода или масло						

Свариваемость стали 30ХМА определяется содержанием углерода и легирующих элементов по формуле

$$C_3 = C + Cr/5 + Mo/10, \quad (3.1)$$

где С - фактическое содержание углерода в стали, %;

Cr - фактическое содержание хрома в стали, %;

Мо - фактическое содержание молибдена в стали, %.

Если C_3 меньше или равно 0,25 %, то сталь обладает хорошей свариваемостью.

$$C_3 = 0,3 + 1/5 + 0,25/10 = 0,55 \%$$

Так как C_3 больше 0,25 %, то сталь 30ХМА обладает удовлетворительной свариваемостью.

Вал из стали 30ХМА обладает высокой прочностью, хорошей обрабатываемостью резанием, малой чувствительностью к концентрации напряжения, и для повышения износостойкости подвергается термической обработке.

3.2 Анализ детали на технологичность

В качестве ремонтной заготовки используют изношенную деталь, изготовленную из поковки диаметром 40 мм из стали 30ХМА, ГОСТ 8479-70.

Деталь подвергается термической обработке: закалке ТВЧ, обеспечивающей твердость 40 – 45 HRC. Она достаточно технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций. Конфигурация детали не вызывает значительных трудностей при получении заготовки. Обработку данной детали можно вести на универсальном токарном станке 16К20. Поверхность $\varnothing 25k6$ с шероховатостью $\sqrt{Ra0,63}$ можно получить обработкой на круглошлифовальном станке.

Требуемую точность и шероховатость можно получить путем обработки на станках нормальной точности и в универсальных приспособлениях нормальной точности. Контроль размеров и шероховатости можно вести универсальными средствами измерения.

На чертеже все размеры указаны согласно ряду предпочтительных чисел.

Шероховатость поверхностей соответствует принимаемым значениям по ГОСТ 9378 – 93 [27].

					ГОУ ОГУ 150205.9007.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

3.3 Определение типа производства

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых изделий при большом объеме выпуска. Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объемом выпуска. Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий.

Тип производства ориентировочно может быть определен по объему выпуска (шт.) и массе деталей [таблица 4, 30].

При массе детали 1,8 кг и количестве деталей 600 шт. в год по таблице принимаем тип производства – мелкосерийный.

Мелкосерийному производству свойственны следующие особенности: необходимость переналадки станков с операции на операцию, поскольку за одним рабочим местом закреплено несколько операций; расположение оборудования по групповому признаку – группы токарных, фрезерных и других станков; наличие межоперационного складирования заготовок; более длинный грузопоток по сравнению с массовым производством; более длительный цикл изготовления изделий.

При мелкосерийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как универсальными так и универсально-сборными приспособлениями (УСП), что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. Представляется так же возможным располагать оборудование в последовательности технологического процесса для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. При мелкосерийном производстве обычно применяют универсальные металлорежущие станки [30].

3.4 Выбор заготовки и метода ее восстановления

Исходной заготовкой является заготовка перед первой технологической операцией.

Целью дипломного проекта является восстановление посадочных поверхностей вала под подшипники методом наплавки в среде углекислого газа в размер больше, чем габаритный и повышение износостойкости путем поверхностной закалки шеек вала на ТВЧ, а также восстановление шпоночных пазов путем их заправки и фрезерования новых.

Вал в процессе работы изнашивается, хотя все габаритные размеры остаются без изменения, а изменяются размеры сопряжениях «вал –

подшипник» и «шпоночный паз - шпонка». При этом величина износа в первом сопряжении достигает от 0,2 до 0,3 мм, во втором – от 0,1 до 0,15 мм.

Восстановление детали выполняется на специальной наплавочной установке и на универсальном металлорежущем оборудовании.

3.5 Проектирование технологического маршрута обработки

3.5.1 Выбор технологических баз

Одним из основных правил базирования деталей в технологическом процессе является правило, в силу которого черновые (необработанные) поверхности заготовки нельзя повторно использовать в качестве технологических баз. Исходя из этого, на первых операциях следует обработать именно будущие технологические базы детали. При разработке технологического процесса следует стремиться использовать один и тот же комплект технологических баз, не допуская без особой необходимости смены технологических баз.

В качестве технологических баз на первых операциях (черновых баз) следует принимать поверхности детали, не подвергаемые механической обработке, что позволит обеспечить требуемое относительное положение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей детали [31].

3.5.2 Формирование маршрута восстановления детали

Восстановление вала, имеющего износ шеек под подшипники 0,3 мм, рекомендуется проводить по схеме, представленной на рисунке 3.1 [32]

					ГОУ ОГУ 150205.9007.07 П	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

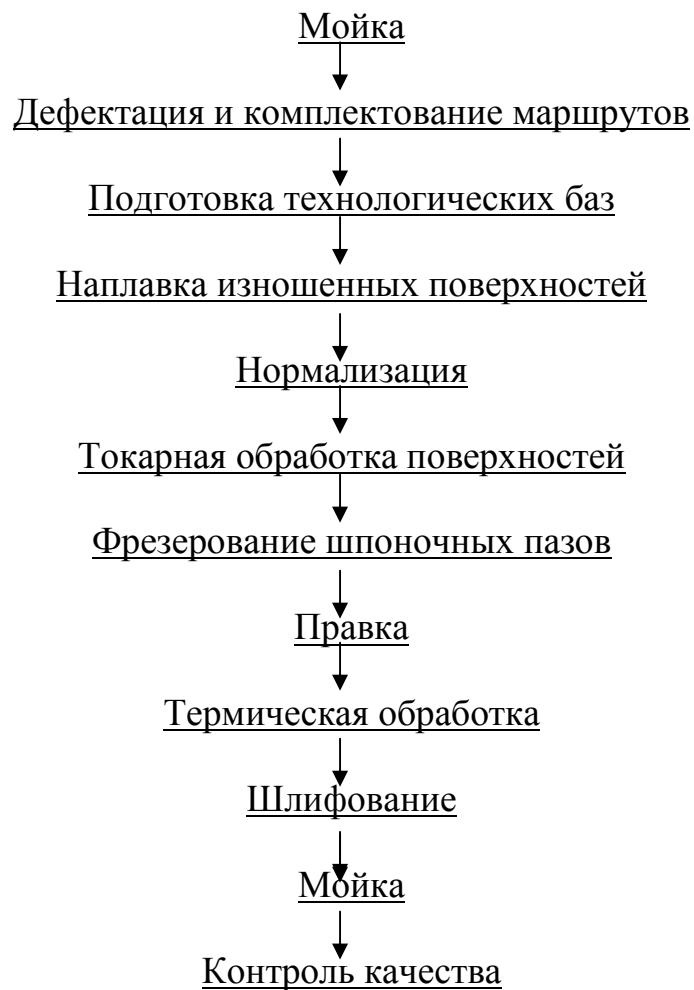


Рисунок 3.1– Схема технологического процесса восстановления вала

Для формирования маршрута восстановления детали закодируем поверхности детали (рисунок 3.2).

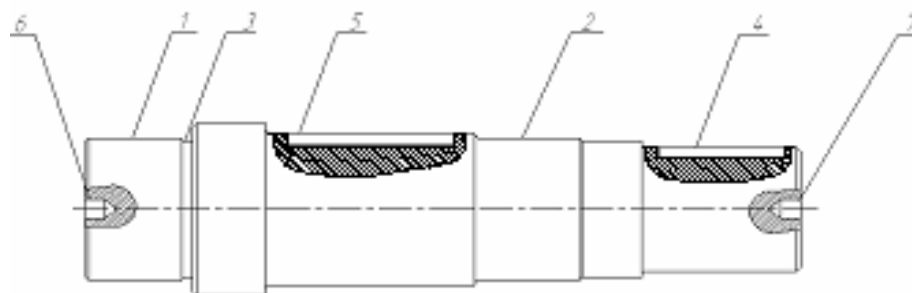


Рисунок 3.2 – Кодировка поверхности детали

Технологический маршрут восстановления детали сведен в таблицу 3.3.

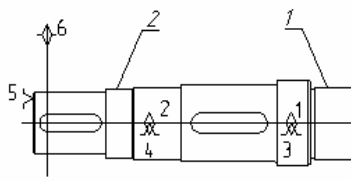
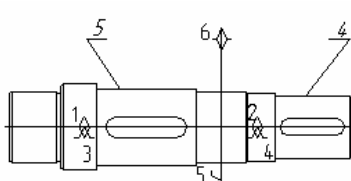
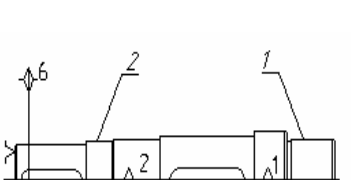

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 3.3 – Технологический маршрут восстановления детали

№ опер	Наименование и содержание перехода	Эскиз и схема базирования	Группа станков и оборудования
1	2	3	4
001	Моечная		Моечная машина
002	Дефектовочная		Магнитный дефектоскоп
003	Токарная Расточить два центровых отверстия 6 и 7, выдерживая размер $\varnothing 4$ мм на глубине 7,5мм		Токарно-винторезный
005	Токарная Точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ мм на длине 18 мм		Токарно-винторезный
010	Токарная Точить поверхность 1, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ мм на длине 15 мм		Токарно-винторезный

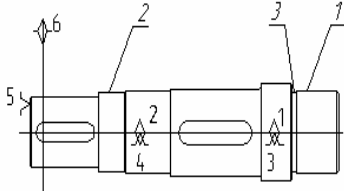
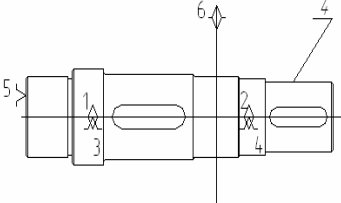
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4
015	<p>Наплавочная</p> <p>Наплавить поверхность 1 на длине 15 мм и поверхность 2 на длине 18 мм, выдерживая размер $\varnothing 28$ мм</p>		<p>Наплавочная установка А-547-У</p>
020	<p>Наплавочная</p> <p>1 Заплавить шпоночный паз поверхности 4 размером $20 \times 6 \times 3,5$ мм</p> <p>2 Заплавить шпоночный паз поверхности 5 размером $30 \times 8 \times 6$ мм</p>		<p>Наплавочная установка А-547-У</p>
025	<p>Термическая</p> <p>1 Нагреть поверхность 2 до температуры $860-880$ °С с последующим охлаждением на воздухе</p> <p>2 Нагреть поверхность 1 до температуры $860-880$ °С с последующим охлаждением на воздухе</p>		<p>Установка ТВЧ ВЧГ-100/0,066</p>
030	<p>Токарная</p> <p>1 Точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 20_{-0,033}$ мм на длине 25 мм</p> <p>2 Точить поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 26,43_{-0,21}$ мм на длине 18 мм с одновременным точением фаски $0,5 \times 45^\circ$</p>		<p>Токарно-винторезный</p>

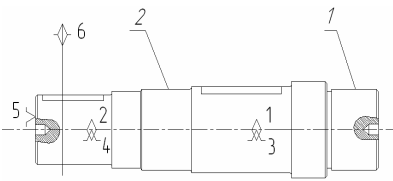
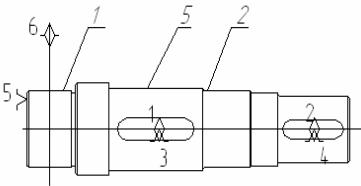
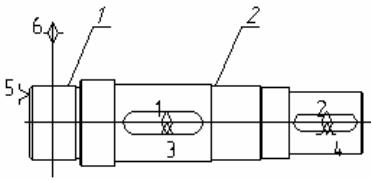
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4
030	<p>3 Точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 26,19_{-0,052}$ мм на длине 35 мм</p> <p>4 Точить поверхность 2 окончательно, выдерживая размер $\varnothing 25,77_{-0,052}$ мм на длине 18 мм</p>		Токарно-винторезный
035	<p>Токарная</p> <p>1 Точить канавку 3, выдерживая размер $\varnothing 22$ мм шириной 3 мм</p> <p>2 Точить поверхность 1 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 26,43_{-0,21}$ мм на длине 15 мм с одновременным точением фаски $0,5 \times 45^\circ$</p> <p>3 Точить поверхность 1 окончательно, выдерживая размер $\varnothing 25,77_{-0,052}$ мм на длине 15 мм</p>		Токарно-винторезный
040	<p>Фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать шпоночный паз поверхности 4, выдерживая размеры $20 \times 6 \times 3,5$ мм</p>		Вертикально-фрезерный
045	<p>Фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать шпоночный паз поверхности 5, выдерживая размеры $30 \times 8 \times 4$ мм</p>		Вертикально-фрезерный
050	<p>Слесарная</p> <p>Проверить прогиб вала и при необходимости править</p>		Пресс гидравлический

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	3
055	<p>Термическая</p> <p>1 Закалить поверхность 1 глубиной 1,5 – 2 мм на длине 15 мм</p> <p>2 Закалить поверхность 2 глубиной 1,5 – 2 мм на длине 18 мм</p>		Установка ТВЧ ВЧГ-100/0,066
060	<p>Шлифовальная</p> <p>1 Шлифовать поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 25,16_{-0,033}$ мм на длине 18 мм</p> <p>2 Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 26^{+0,028}_{+0,015}$ мм на длине 35 мм</p> <p>3 Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер $\varnothing 25,16_{-0,033}$ мм на длине 15 мм</p>		Круглошлифовальный станок
065	<p>Шлифовальная</p> <p>Шлифовать поверхность 1 на длине 15 мм и поверхность 2 на длине 18 мм окончательно, выдерживая размер $\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$ мм</p>		Круглошлифовальный станок
070	<p>Контрольная</p> <p>1 Контроль радиального биения</p> <p>2 Контроль шероховатости восстановленных поверхностей</p>		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.5.3 Определение количества необходимых переходов

Требуемая точность детали может быть достигнута точением с последующим шлифованием поверхностей 1, 2 и фрезерованием шпоночных пазов 3, 4 с последующим их шлифованием.

Точением достигается 9-й квалитет, шлифованием достигается 8-й и 6-й квалитеты, фрезерованием- 7-й квалитет.

Количество необходимых переходов N находится по формуле

$$N = \frac{H - H_1}{2}, \quad (3.2)$$

где H - первоначальный квалитет;

H_1 - требуемый квалитет.

$$N = \frac{14 - 6}{2} = 4.$$

Для получения требуемой точности необходимо четыре операции: получистовое и чистовое точение, предварительное и окончательное шлифование.

3.6 Выбор оборудования, режущего и измерительного инструмента

При выборе оборудования для каждой технологической операции необходимо учитывать назначение обработки, габаритные размеры деталей, размер партии обрабатываемых деталей, расположение обрабатываемых поверхностей, требования к точности и качеству обрабатываемых поверхностей.

Для мойки детали используем погружную моечную машину ОМ-12190.

При дефектации применяем переносной магнитный дефектоскоп 77ПМД-3М.

Для сверления центровочных отверстий используем токарно-винторезный станок модели 16К20Т1. Характеристики станка приведены в таблице 3.4 [26]. Для сверления центровочных отверстий используется сверло центровочное комбинированное типа А, ГОСТ 14952 – 75 диаметром $D = 4$ мм, с пластинами из твёрдого сплава Т5К10 [26].

Для наплавки в среде углекислого газа используем полуавтомат А-547-У. Технические характеристики полуавтомата приведены в таблице 3.8 [33]. В качестве источника питания используется сварочный селеновый выпрямитель ВС-300. Технические характеристики выпрямителя приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.4 – Техническая характеристика токарно-винторезного станка 16К20Т1

Характеристика	Единица величины	Значение
Максимальный диаметр обрабатываемой детали над станиной	мм	500
Частота вращения шпинделя	об/мин	10– 2000
Подача суппорта:		
продольная	мм/мин	0,01 – 2,8
поперечная	мм/мин	0,005 – 1,4
Количество ступеней подач суппорта	-	б/с
Мощность электродвигателя	кВт	11
Примечание - В таблице обозначено: б/с-бесступенчатое регулирование.		

Для получистового и чистового точения используем токарно-винторезный станок 16К20Т1. Характеристики станка приведены в таблице 3.4 [33]. Для точения поверхности используется проходной упорный резец ГОСТ 18879-73 с углом в плане $\varphi = 90^\circ$ с пластинами из твёрдого сплава Т15К6 [33].

Для фрезерования шпоночных пазов используем вертикально-фрезерный станок марки 6Н13. Характеристики станка приведены в таблице 3.5 [33]. Для фрезерования шпоночных пазов применяются фрезы шпоночные с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 9140-78, оснащенные твердым сплавом ВК8, диаметрами $\varnothing 6$ мм и $\varnothing 8$ мм [33].

Для нагрева детали используем высокочастотную установку ТВЧ ВЧГ – 100/0,066. Характеристики установки приведены в таблице 3.6.

После термической обработки деталь подвергается абразивной обработке до номинального размера. Для шлифования используем круглошлифовальный станок 3М150 с использованием шлифовального круга ПШ 80x10x20 Э40СМ1К ГОСТ 17123-79 [33]. Характеристики станка приведены в таблице 3.7 [33].

Для правки вала используем пресс гидравлический ФП-6326.

Таблица 3.5 – Техническая характеристика вертикально-фрезерного станка 6Н13

Характеристика	Единица величины	Значение
Подача стола:		
продольная и поперечная	мм/мин	25-1250
вертикальная	мм/мин	8,3-416,6
Число скоростей шпинделя	-	18
Пределы частоты вращения шпинделя	об/мин	31,5 – 1600
Число подач стола	-	18
Скорость быстрого перемещения стола:		
продольного и поперечного	мм/мин	3000
вертикального	мм/мин	1000
Мощность электродвигателя привода главного движения	кВт	11

Таблица 3.6 – Техническая характеристика высокочастотной установки ТВЧ ВЧГ – 100/0,066.

Характеристика	Единица величины	Значение
Номинальная мощность высокой частоты	кВт	100
Рабочая частота	кГц	66
Напряжение питающей сети	В	380
Мощность, потребляемая от сети	кВт	140
Мощность анодного трансформатора	кВ·А	160
Габаритные размеры:		
в плане	мм	2910×1420
высота	мм	2240

Таблица 3.7 – Техническая характеристика круглошлифовального станка 3М150

Характеристика	Единица величины	Значение
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:		
диаметр	мм	100
длина	мм	360
Наибольшая длина шлифования	мм	180
Пределы рабочих подач стола	м/мин	0,02 – 4
Частота вращения изделия	мин ⁻¹	100 – 1 000
Частота вращения шлифовального круга	мин ⁻¹	2 350; 1 670
Наибольшие размеры шлифовального круга	мм	400×40
Мощность электродвигателя	кВт	4

Таблица 3.8 – Техническая характеристика полуавтомата А-547- У

Сварочный ток, А		Электродная проволока		Модель источника питания
Номинальное значение	Пределы регулирования	Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч	
250	60-300	0,8-1,2	100-340	ВС-300

Таблица 3.9 – Техническая характеристика сварочного селенового выпрямителя ВС-300

Номинальная сила сварочного тока, А	Границы регулирования силы сварочного тока, А	Рабочее напряжение, В	Потребляемая мощность, кВт	КПД, %	Напряжение без нагрузки, В
300	30-300	20-40	17	70	20-40

3.6.1 Выбор оснастки

Установочная оснастка выбирается исходя из вида оборудования, на которое она устанавливается, а также зависит от размера детали и инструмента.

Выбрана следующая оснастка на каждую операцию:

Для операций 003 «Токарная» для крепления заготовки применим патрон токарный самоцентрирующий клиновидный ГОСТ 24351 – 80 [26].

Для операций 005-010, 030-035 «Токарная» для токарно-винторезного станка назначаем патрон токарный самоцентрирующий клиновидный ГОСТ 24351 – 80[26] и центр упорный ГОСТ 13214-79 [26].

Для операции 060-065 «Шлифовальная» для круглошлифовального станка назначаем центр станочный вращающийся ГОСТ 8742 – 75 [26] и центр упорный ГОСТ 13214-79 [26].

Для операций 040-045 «Фрезерная» для вертикально-фрезерного станка для крепления заготовки применяется призма установочная, ГОСТ 12194 – 66 [26].

3.6.2 Выбор режущего инструмента

Режущий инструмент, задействованный в технологическом процессе, должен быть переналаживаемым и обеспечивать заданный выпуск деталей. Режущий инструмент выбирается в зависимости от марки обрабатываемого материала.

Весь режущий инструмент, необходимый для обработки вала, представлен в таблице 3.10.

					ГОУ ОГУ 150205.9007.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблица 3.10 – Режущий инструмент

Наименование инструмента	Размер инструмента или державки, мм	Материал режущей части	ГОСТ
003 Токарная			
Сверло центровочное	d=4, L=7,5	ВК8	14952 – 75
005-010, 030-045 Токарная			
Резец проходной упорный	16x25	T15K6	18879 – 73
Резец отрезной (a=3 мм)	16x10	T15K6	18884 – 73
040-045 Фрезерная			
Фреза шпоночная	D=8, L=55	P6M5	9140 – 78
Фреза шпоночная	D=6, L=52	P6M5	9140 – 78
060-065 Круглошлифовальная			
Круг шлифовальный	80x10x20	ПП Э40СМ1К	17123 – 79
Круг шлифовальный	80x10x20	ПП Э25СМ1К	17123 – 79

3.6.3 Выбор измерительного инструмента

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от точности измеряемого размера, от размера измеряемой поверхности. Измерительный инструмент, используемый при изготовлении детали, представлен в таблице 3.12 [26].

Таблица 3.12 – Измерительный инструмент

Наименование инструмента	Точность измерения	Предел измерения	ГОСТ
1	2	3	4
005-010, 030-045 Токарная			
Штангенциркуль ШЦ – I	0,1	0-125	166-90
Штангенциркуль ШЦ – II	0,1	0-500	166-90
040-045 Фрезерная			
Шаблон Н7		-	
Шаблон Н8		-	
Штангенциркуль ШЦ – I	0,1	0-125	166-90
060-065 Круглошлифовальная			
Микрометр	0,01	25-50	6507-90
070 Контрольная			
Микрометр	0,01	25-50	6507-90
Дефектоскоп 77ПМД – 3М			
Индикатор часового типа ИЧ02 кл. 0	0,002	2	577-68
Профилограф-профилометр тип А1, модель 252			19300-86

3.7 Определение режимов наплавки

3.7.1 Определение толщины покрытия

При обработке вала под наплавку применяют полустачное точение для снятия дефектного слоя металла, так же оно обеспечивает необходимую шероховатость поверхности для прочного сцепления наплавляемого материала с основным материалом вала. Шероховатость при этом составляет $\sqrt{Ra12,5}$, что соответствует 14 качеству точности. Толщина снимаемого слоя должна быть не менее 1,5 – 2 мм. Припуск при такой обработке стали 30ХМА составляет $Z_{пр1}=2,0$ мм, где $Z_{пр1}$ – припуск на предварительную токарную обработку.

При обработке наплавленной поверхности применяют полустачное и чистовое точение резцом с пластинами из твердого сплава, обеспечивающее параметр шероховатости $\sqrt{Ra3,2}$, что соответствует 9 качеству точности.

Припуск ($Z_{\text{пр}2}$, $Z_{\text{пр}3}$) на такую обработку составляет: для получистового точения - 0,45 мм; для чистового точения- 0,25 мм.[26, с. 358],

где $Z_{\text{пр}2}$ - припуск на получистовое точение наплавленной поверхности; $Z_{\text{пр}3}$ - припуск на чистовое точение наплавленной поверхности. [34]

После чистового точения, для обеспечения необходимого параметра шероховатости и точности обрабатываемой поверхности, соответствующих чертежу, применяют предварительное и чистовое шлифование. При шлифовании обеспечивается требуемый параметр шероховатости $\sqrt{Ra0,63}$ и точность, соответствующая 6 качеству. Припуск на предварительное шлифование составляет $Z_{\text{пр}4}=0,3$ мм, а на чистовое - $Z_{\text{пр}5}=0,06$ мм [26, с.361].

При восстановлении вала наплавкой на его изношенные поверхности шеек наносится определенный слой материала. Толщину наносимого слоя $A_{\text{сл}}$ выбираем с учетом износа шеек вала и припуска на механическую обработку. Толщину определяют как разность номинальным размером новой P_n и изношенной детали P_i с учетом припуска на механическую обработку $Z_{\text{пр}}$

$$A_{\text{сл}}=(P_n-P_i)+Z_{\text{пр}} \quad (3.3)$$

Разность $P_n-P_i = \Delta H$ и есть износ детали. Тогда $A_{\text{сл}}= \Delta H+ Z_{\text{пр}}$. [33, с. 264]

Образованный в процессе восстановления припуск есть слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов при восстановлении шеек вала.

Определим толщину наплавляемого слоя с учетом припусков на механическую обработку.

Износ шеек вала составляет $\Delta H=0,3$ мм, а припуск складывается из припусков на каждую операции механической обработки: $Z_{\text{пр}}=Z_{\text{пр}1}+Z_{\text{пр}2}+Z_{\text{пр}3}+Z_{\text{пр}4}+ Z_{\text{пр}5}=2,0+0,45+0,25+0,3+0,06=3,06$ мм.

Таким образом, толщина слоя равна $A_{\text{сл}}=0,3+3,06=3,36$ мм

Минимальный припуск $Z_{\text{мин}}$ мм, при восстановлении наплавкой в среде углекислого газа составляет 1 мм. [33, с. 265] Так же при определении толщины наносимого слоя необходимо учитывать глубину дефектного слоя S_d (при наплавке в среде углекислого газа она составляет от 0,12 до 0,5 мм) и увеличение припуска, компенсирующего все пространственные отклонения размеров шеек вала.

В связи с тем, что величина припуска на обработку наплавленных поверхностей шеек вала ($Z_{\text{пр}2}+Z_{\text{пр}3} +Z_{\text{пр}4}+Z_{\text{пр}5}=0,45+0,25+0,3+0,06=1,06$ мм) более, чем в два раза превышает глубину дефектного слоя и возможные предельные отклонения размеров, то эти параметры можно не учитывать, так как они будут исключены в процессе механической обработки.

Толщину покрытия можно также определить по формуле:

					ГОУ ОГУ 150205.9007.07 П	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$A_{\text{сл}} = T_n + Z_0 + P_{\text{заг}} + \varepsilon_n + \Delta, \quad [27, \text{ с. } 97] \quad (3.4)$$

где $T_n = t_{\text{п.н.}} + R_z + W_n$,

$t_{\text{п.н}}$ – толщина покрытия, достаточная и необходимая для функционирования изделия, мм, ($t_{\text{п.н}} = 2,3$ мм);

R_z – высота микронеровностей, мм, ($R_z = 0,012$ мм); [26, с. 160]

W_n – высота волнистости, мм, ($W_n = 0,02$ мм); [26, с. 160]

Z_0 – припуск на обработку, мм, ($Z_0 = 1,06$ мм);

$P_{\text{заг}}$ – отклонение расположения поверхности основного материала и покрытия, мм; ($P_{\text{заг}} = 0,01$ мм), [33, с. 265]

ε_n – погрешность установки, мм, ($\varepsilon_n = 0,01$ мм); [40, с. 37]

Δ – толщина переходного слоя между основным материалом и покрытием, мм, ($\Delta = 0,3$ мм).

$$A_{\text{сл}} = 2,3 + 0,01 + 0,02 + 1,06 + 0,01 + 0,01 + 0,5 = 3,7 \text{ мм.}$$

Таким образом, толщину наплавляемого слоя принимаем равной 3,7 мм.

3.7.2 Выбор оптимального состава материала

Износостойкость и долговечность восстановленной детали определяется главным образом составом и структурой покрытия.

Выбор состава материала покрытия проводим с учетом вида износа поверхности и условий работы вала.

Для восстановления изношенных поверхностей вала под подшипники наплавкой в среде углекислого газа наиболее применимыми материалами являются проволоки сплошного сечения.

В зависимости от твердости наплавки выбираем марку проволоки.

Необходимая твердость наплавки составляет 45 – 50 HRC.

По таблице 5.10 [27] выбираем марку проволоки.

Проволока наплавочная Нп – 30 ХГСА (от 0,27 до 0,35% С; от 0,8 до 1,1% Mn; от 0,9 до 1,2% Si; от 0,8 до 1,1% Cr; 0,4% Ni) ГОСТ 10543 – 82.

Определение основных технологических параметров процесса наплавки.

Исходные данные для расчета:

диаметр вала – 20,4 мм, длина наплавляемой поверхности – 18 мм.

Диаметр вала определили с учетом износа ($H = 0,3$ мм) и механической обработки ($Z_{\text{пр}} = 2,0$ м)

$$D = D_n - 2H - 2Z_{\text{пр}} = 25 - 2 \times 0,3 - 2 \times 2,0 = 20,4 \text{ мм,}$$

где $D_n = 25$ мм – диаметр новой детали.

3.7.3 Режимы нанесения покрытия

Режимы нанесения покрытия определяются по справочным таблицам [27].

При наплавке необходимо стремиться к минимальной глубине проплавления основного металла. Это позволяет уменьшить деформацию детали и зону термического влияния, а также снизить вероятность образования трещин в наплавленном металле. Поэтому, выбирается минимально допустимый сварочный ток, и наплавку проводят на постоянном токе обратной полярности. Скорость подачи проволоки зависит от силы тока, устанавливаемой с таким расчетом, чтобы в процессе наплавки не было коротких замыканий и обрывов дуги.

В практике ремонтного производства режимы наплавки можно определить по типовым таблицам режимов [33].

Принятые значения режима наплавки представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12- Режимы наплавки в среде углекислого газа

Толщина наносимого слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость наплавки, м/ч
3,7	1,0	250	20	180	28

Вылет электрода назначается в пределах 8-15 мм. В зависимости от удельного электрического сопротивления электродной проволоки, ее диаметра и силы тока вылет электрода принимаем равным 8 мм. Наплавку валиков осуществляют шагом 2,5 – 3,5 мм (принимаем 3 мм).

Расход углекислого газа определяем в зависимости от диаметра электрода по таблице 22 [32].

Найденные значения представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расход углекислого газа в зависимости от диаметра электрода

Диаметр электродной проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Внутренний диаметр спирали для подвода проволоки, мм	Расход углекислого газа, л/мин
1,0	8	1,6	8

3.7.4 Определение состава наплавленного металла

При дуговой наплавке происходит перемешивание электродного металла. Этот процесс в значительной мере влияет на состав наплавленного металла. Для определения состава необходимо знать геометрические параметры наплавленного валика и соотношение площадей проплавления и наплавленного металла [27].

Долю участия основного металла в наплавленном слое γ , %, можно определить по формуле [27, с. 129]

$$\gamma = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}; \quad (3.5)$$

где γ – коэффициент, определяющий долю участия основного металла в наплавленном слое;

F_{np} – площадь сечения зоны проплавления, мм²;

F_n – площадь сечения наплавленного валика, мм².

Для определения F_{np} требуется рассчитать глубину проплавления h (мм) по формуле [27, с. 128]

$$h = 0,5 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{0,24 \cdot 3600 I_n U_n \eta}{V_{np}}}, \quad (3.6)$$

где I_n – сила тока, А;

V_{np} – скорость наплавки, м/ч;

U_n – напряжение наплавки, В;

η – эффективный КПД процесса (принимается равным 0,75).

$$h = 0,5 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{0,24 \cdot 3600 \cdot 250 \cdot 20 \cdot 0,75}{28}} = 2 \text{ мм}$$

При выборе режима должно соблюдаться условие [27, с. 128]

$$h \leq 0,5H,$$

где H – толщина стенки детали в месте наплавки, мм.

В нашем случае $H=20,4$ мм, тогда

$$h \leq 0,5 \cdot 20,4;$$

$$2 \leq 10,2$$

Условие выполняется, следовательно, режимы подобраны верно.

$$F_{np} = \frac{\pi \varphi_{np} h^2}{4}, \quad (3.7)$$

где φ_{np} – коэффициент формы проплавления (принимается равным 2,5).

$$F_{np} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 2^2}{4} = 7,85 \text{ мм}^2$$

Площадь сечения наплавки валика F_n , мм², определяется по формуле

$$F_n = \delta S' a, \quad (3.8)$$

где δ – заданная толщина наплавленного слоя, мм ($\delta = A_{сл} = 3,7$ мм);

S' – ширина валика, мм, определяется как $S' = 3d_3$

$$S' = 3 \times 1 = 3 \text{ мм};$$

a – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного валика от площади прямоугольника ($a = 0,6 - 0,7$).

Принимаем $a = 0,6$. Отсюда найдем площадь сечения наплавленного валика

$$F_n = 3,7 \times 3 \times 0,6 = 6,12 \text{ мм}^2.$$

Коэффициент, определяющий долю участия основного металла в наплавленном слое

$$\gamma = \frac{7,85}{7,85 \cdot 6,12} = 0,16$$

Частота вращения наплавленной детали

$$n = \frac{1000 V_{nn}}{\pi D 60}, \quad (3.9)$$

где n – частота вращения, мин⁻¹;

D – диаметр наплавленной детали, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 20,4 \cdot 60} = 163 \text{ мин}^{-1}$$

3.8 Назначение припусков на механическую обработку и межпроходных размеров

Цель этого этапа выполнения дипломного проекта – создание технологического процесса, гарантирующего требуемое качество при минимальном расходе материала. Эти цели достигаются в результате определения оптимальных размеров на всех стадиях технологического процесса.

Припуски на механическую обработку включают в себя основной и дополнительный припуски, учитывающие отклонения формы заготовки. Величины припусков следует назначать на одну сторону. Основные припуски на механическую обработку заготовок из проката в зависимости от исходного индекса устанавливаются по ГОСТ 2590 – 88.

					ГОУ ОГУ 150205.9007.07 П	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

В данном дипломном проекте производим расчет операционных припусков для поверхностей 1,2 Ø25k6, для поверхностей 4 Ø20h8 и 5 Ø26n6. Расчет межоперационных припусков производится по следующей схеме, для поверхностей 1 и 2:

а) Окончательное шлифование: припуск $2Z=0,12$ мм [26, с. 361], отклонение $T_i = \begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$.

$$A_i^{HM} = A^{НОМ} - T_i, \quad [26, \text{с. } 326] \quad (3.10)$$

где A_i^{HM} – наименьший размер на данном переходе, мм;

$A^{НОМ}$ – номинальный размер детали, мм;

T_i – отклонение на данном переходе, мм.

$$A_1^{HM} = 25,015 - 0,013 = 25,002 \text{ мм.}$$

б) Предварительное шлифование: припуск $2Z = 0,6$ мм [26, с. 361], отклонение $T_i = -0,033$.

$$A_i^{HM} = A_{i-1}^{HM} + 2Z_{i-1}, \quad (3.11)$$

$$A_i^{H6} = A_{i-1}^{H6} + T_i, \quad (3.12)$$

где A_i^{HM} , A_{i-1}^{HM} – наименьший размеры на данном и предшествующих переходах, мм;

A_i^{H6} , A_{i-1}^{H6} – наибольший размер на данном и предшествующем переходах, мм;

$2Z_{i-1}$ – межоперационный припуск на предшествующей операции, мм.

$$A_i^{HM} = 25,002 + 0,12 = 25,122 \text{ мм,}$$

$$A_i^{H6} = 25,122 + 0,033 = 25,155 \text{ мм.}$$

в) Чистовое точение: припуск $2Z = 0,5$ мм [26, с. 358], отклонение $T_i = -0,052$.

$$A_i^{HM} = 25,122 + 0,6 = 25,722 \text{ мм,}$$

$$A_i^{H6} = 25,722 + 0,052 = 25,774 \text{ мм.}$$

г) Полуцистовое точение: припуск $2Z = 0,9$ мм [26, с. 361], отклонение $T_i = -0,21$.

$$A_i^{HM} = 25,722 + 0,5 = 26,222 \text{ мм,}$$

$$A_i^{H6} = 26,222 + 0,21 = 26,432 \text{ мм.}$$

д) Заготовительная: отклонение $T_i = -0,52$.

$$A_i^{HM} = 26,222 + 0,9 = 27,122 \text{ мм,}$$

$$A_i^{H6} = 27,122 + 0,52 = 27,642 \text{ мм.}$$

Расчет межоперационных припусков для поверхности 4 Ø20h8:
 а) точение: припуск $2Z=0,9$ мм [26, с. 358], отклонение $T_i=-0,033$

$$A_i^{\text{HM}} = 20 - 0,033 = 19,967 \text{ мм};$$

б) заготовительная (диаметр вала в месте заправки шпоночного паза):
 отклонение $T_i = -0,52$.

$$A_i^{\text{HM}} = 19,967 + 0,9 = 20,867 \text{ мм},$$

$$A_i^{\text{H6}} = 20,867 + 0,52 = 21,382 \text{ мм}.$$

Расчет межоперационных припусков для поверхности 5 Ø26h6:

а) шлифование: припуск $2Z=0,12$ мм [26], отклонение $T_i = \begin{pmatrix} +0,028 \\ +0,015 \end{pmatrix} = 0,013$

$$A_i^{\text{HM}} = A^{\text{НОМ}} - T_i = 26,028 - 0,013 = 26,015 \text{ мм}.$$

б) точение: припуск $2Z = 0,5$ мм [26], отклонение $T_i = -0,052$.

$$A_i^{\text{HM}} = A_{i-1}^{\text{HM}} + 2Z_{i-1} = 26,015 + 0,12 = 26,135 \text{ мм},$$

$$A_i^{\text{H6}} = A_{i-1}^{\text{H6}} + T_i = 26,135 + 0,052 = 26,187 \text{ мм}.$$

в) заготовительная (диаметр вала в месте заправки шпоночного паза),
 отклонение $T_i = -0,52$.

$$A_i^{\text{HM}} = 26,135 + 0,5 = 26,635 \text{ мм},$$

$$A_i^{\text{H6}} = 26,635 + 0,52 = 27,155 \text{ мм}.$$

Данные по определению припусков, допусков и предельных размеров сводим в таблицы 3.14, 3.15, 3.16.

Таблица 3.14 – Межоперационные припуски и допуски для Ø25k6

№ перехода	Заготовка и содержание перехода	Квали тет	Шеро хова тость Ra, мкм	При пуск 2z, мм	Допуск, мм	Размеры, мм	
						A_i^{HM}	A_i^{H6}
	Заготовка	14	12,5	–	0,52	Ø27,122	Ø27,642
	Получистовое точение	12	6,3	0,9	0,21	Ø26,222	Ø26,432
	Чистовое точение	9	3,2	0,5	0,052	Ø25,722	Ø25,774
	Предварительное шлифование	8	3,2	0,6	0,033	Ø25,122	Ø25,155
	Окончательное шлифование	6	0,63	0,12	0,013	Ø25,002	Ø25,015

Таблица 3.15 – Межоперационные припуски и допуски для $\varnothing 20h8$

№ перехода	Заготовка и содержание перехода	Квалитет	Шероховатость Ra, мкм	Припуск Zz, мм	Допуск, мм	Размеры, мм	
						A_i^{HM}	A_i^{H6}
	Заготовка	14	12,5	-	0,52	20,867	21,382
	Точение	8	2,5	0,9	0,033	19,967	20

Таблица 3.16 – Межоперационные припуски и допуски для $\varnothing 26h6$

№ перехода	Заготовка и содержание перехода	Квалитет	Шероховатость Ra, мкм	Припуск Zz, мм	Допуск, мм	Размеры, мм	
						A_i^{HM}	A_i^{H6}
	Заготовка	14	12,5	-	0,52	26,635	27,155
	Точение	9	3,2	0,5	0,052	26,135	26,187
	Шлифование	6	2,5	0,12	0,013	26,015	26,028

3.9 Назначение режимов обработки

Назначение режимов резания – сложная и важная технико-экономическая задача, от ее решения зависят такие показатели технологического процесса, как экономичность и производительность.

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

В проекте режимы резания рассчитываются на основании аналитических зависимостей теории резания материалов и по специальным нормативам режимов резания. Результаты расчета помещаются в сводную таблицу режимов резания.

Расчет режимов резания для операции 003 «Токарная».

Для сверления центровочных отверстий используем станок токарно-винторезный. Инструмент выбираем в зависимости от размеров центровых

отверстий (диаметр 4 мм на длине 7,5 мм): сверло центровочное комбинированное типа А Ø4 мм ГОСТ 14952-75 [26]. По приложению 1 [36] выбираем марку материала сверла: Т5К10. Подачу при сверлении определяем по карте 41: $S=0,08$ мм [36, с. 103].

Скорость резания назначаем по справочнику: $V=18$ м/мин, с учетом коэффициентов принимаем $V=12$ м/мин (карта 42, с. 105) [36].

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (3.13)$$

где D – диаметр центровочных отверстий.

$$n = \frac{1000 \times 12}{3,14 \times 4} = 955 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка принимаем $n=890 \text{ мин}^{-1}$.

Расчет режимов резания для операции 020-025 «Токарная».

Под наплавку требуемая шероховатость поверхности $\sqrt{Ra12,5}$, качество точности 14. Точение полуступовое при непрерывном резании.

Исходные данные для расчета:

шероховатость обработки поверхностей 1,2 $\sqrt{Ra12,5}$;

Припуск на обработку поверхностей:

- полуступовая $2z=4$ мм.

Содержание операции – точить поверхности 1,2.

Выбор инструмента

Для обработки заготовки данной детали используют резцы с сечением державки 16x25 мм.

Исходя из условий обработки, принимаем пластины из твердого сплава Т15К6.

Исходя из условий обработки выбираем углы в плане

$\varphi = 90^\circ$

Радиус скругления режущей кромки $R=0,4$ мм.

Назначение режимов резания для поверхностей 1,2.

Определение глубины резания:

Глубина резания t , мм, вычисляется по формуле

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.14)$$

где D – диаметр заготовки детали до обработки, мм;

d – диаметр заготовки детали после обработки, мм.

$$t = \frac{24,4 - 20,4}{2} = 2 \text{ мм}$$

Глубину резания (t) принимаем равной припуску на предварительную обработку: $t=2,0$ мм.

Назначаем по справочнику подачу (карта 1) [36]: $S=0,4 - 0,5$ мм/об.

Корректируем подачу по паспорту станка: $S=0,47$ мм/об.

Назначаем скорость резания по справочнику (карта 6, лист 2) [36]:
 $V=130$ м/мин.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi D},$$

где D – диаметр изношенных шеек вала ($D=24,4$ мм);

$$n = \frac{1000 \times 130}{3,14 \times 24,4} = 1697 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n=1860$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi D n}{1000};$$

$$V = \frac{3,14 \times 24,4 \times 1860}{1000} = 142 \text{ м/мин}.$$

Расчет режимов резания для остальных поверхностей производится аналогично. Результаты сводятся в таблицу 3.17.

Таблица 3.17 – Объединенная таблица режимов резания

№ опер	№ пер.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/об	n, мин ⁻¹	V, м/мин
1	2	3	4	5	6	7
003	1	Расточить центровые отверстие 6 и 7, выдерживая размер $\varnothing 4$ мм на глубину $7,5^{+0,06}$ мм	7,5	0,08	890	12
005		Точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ мм на длине 18 мм	2,0	0,47	1860	142
010		Точить поверхность 1, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ мм на длине 15 мм	2,0	0,47	1860	142
030	1	Точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 20_{-0,033}$ мм на длине 25 мм	0,45	0,47	2000	132

Продолжение таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	
030	2	Точить поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 26,432_{-0,21}$ мм на длине 18 мм	0,45	0,47	1860	162	
	3	Точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 26,187_{-0,052}$ мм на длине 35 мм	0,25	0,47	2000	170	
	4	Точить поверхность 2 окончательно, выдерживая размер $\varnothing 25,774_{-0,052}$ мм на длине 18 мм	0,25	0,47	1860	150	
035	1	Точить канавку 3, выдерживая размер $\varnothing 22$ шириной 3 мм	1,5	0,1	1860	162	
	2	Точить поверхность 1 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 26,432_{-0,21}$ мм на длине 15 мм	0,45	0,47	1860	162	
	3	Точить поверхность 1 окончательно, выдерживая размер $\varnothing 25,774_{-0,052}$ мм на длине 15 мм	0,25	0,47	1860	150	
040		Фрезеровать шпоночный паз поверхности 4, выдерживая размер $20 \times 6 \times 3,5$ мм	0,2	$S_m = 375$ мм/мин	950	24	
045		Фрезеровать шпоночный паз поверхности 5, выдерживая размер $30 \times 8 \times 4$ мм	0,2	$S_m = 475$ мм/мин	1180	22,3	
060	1	Шлифовать поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $\varnothing 25,155_{-0,033}$ мм на длине 18 мм	t, мм	St_m , мм/ мин	$V_{кр}$, м/с	$V_{дет}$, м/мин	n, мин ⁻¹
			0,3	5,5	35	20	55

Продолжение таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8
060	2	Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 26^{+0,028}_{+0,015}$ мм на длине 35 мм	0,06	2,8	35	20	50
	3	Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер $\varnothing 25,155_{-0,033}$ мм на длине 15 мм	0,03	6,6	35	20	55
065	1	Шлифовать поверхность 1 на длине 15мм и поверхность 2 на длине 18 мм окончательно, выдерживая размер $25^{+0,015}_{+0,002}$ мм	0,06	0,7	35	20	50
070		Контрольная					

3.10 Нормирование технологического процесса

После определения содержания операций, выбора оборудования, инструментов и расчета режимов резания определяются нормы времени в следующей последовательности:

а) на основании рассчитанных режимов оборудования по каждому переходу вычисляется основное (технологическое) время T_o , мин;

б) по содержанию каждого перехода устанавливается необходимый комплекс приемов вспомогательной работы и определяется вспомогательное время T_v , мин, с учетом возможных и целесообразных совмещений и перекрытий;

в) по нормативам в зависимости от операций и оборудования устанавливается время на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности $T_{обсл}$, мин, и $T_{отд}$, мин;

г) определяется норма штучного времени $T_{шт}$, мин.

Время нормируют только по операциям, переходы не нормируют.

Токарные работы

Расчет норм времени на операции 003

1 Основное время рассчитывается по формуле

$$T_o = \frac{L}{nS}, \quad (3.16)$$

где $L=l+l_1+l_2$,

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм ($l=7,5$ мм);

l_1 – величина перебега инструмента, мм ($l_1=2$ мм);

l_2 – величина врезания инструмента, мм ($l_2=2$ мм);

n – частота вращения шпинделя, мин^{-1} ;

S – подача, мм/об.

$$T_o = \frac{7,5 + 2 + 2}{890 \times 0,08} = 0,16 \text{ мин}$$

2 Вспомогательное время на установку и снятие детали

$t_{\text{уст}}=0,21$ мин (карта 9, с. 43) [37].

Вспомогательное время, связанное с переходом:

$t_{\text{пер}}=2,4$ мин (карта 22, лист 1) [37].

Вспомогательное время на контрольные измерения:

$t_{\text{изм}}=0,11$ мин (карта 86, лист 8) [37].

Вспомогательное время складывается из $t_{\text{уст}}$, $t_{\text{пер}}$ и $t_{\text{изм}}$:

$T_{\text{всп}}=0,21+2,4+0,11=2,72$ мин.

3 Определение времени на обслуживание рабочего места

$a_{\text{обс}}=5,5\%$ T_o (карта 23, с. 84) [37].

4 Определение времени на отдых:

$a_{\text{отд}}=4\%$ T_o (карта 88, с. 203) [37].

5 Определение нормы штучного времени

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_{\text{всп}}) \times \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отд}}}{100} \right), \quad (3.17)$$

$$T_{\text{шт}} = (0,16 + 2,72) \times \left(1 + \frac{5,5 + 4}{100} \right) = 3,2 \text{ мин.}$$

6 Определение подготовительно-заключительного времени

$t_{\text{п-з}}=22$ мин. [37]

Расчет норм времени на операции 005:

Основное время

$L=l+l_1+l_2$,

где $l=18$ мм, $l_1=4$ мм, $l_2=4$ мм;

$$T_o = \frac{18 + 4 + 4}{1860 \times 0,47} = 0,03 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали

$t_{\text{уст}}=0,43$ мин (карта 2, с. 32). [37]

Вспомогательное время, связанное с переходом:

$t_{\text{пер}}=0,15$ мин (карта 18, с. 65). [37]

Вспомогательное время на контрольные измерения (измерения проводятся штангенциркулем)

$$t_{\text{изм}}=0,1 \text{ мин (карта 86, с. 191) [37].}$$

Вспомогательное время складывается из $t_{\text{уст}}$, $t_{\text{пер}}$ и $t_{\text{изм}}$:

$$T_{\text{всп}}=0,43+0,15+0,1=0,68 \text{ мин.}$$

Определение времени на обслуживание рабочего места

$$a_{\text{обс}}=5\% T_o \text{ (карта 19, с. 70) [37].}$$

Определение времени на отдых:

$$a_{\text{отд}}=4\% T_o \text{ (карта 8, с. 203) [37].}$$

Определение нормы штучного времени

$$T_{\text{шт}} = (0,03 + 0,68) \times \left(1 + \frac{5+4}{100} \right) = 0,78 \text{ мин}$$

Определение подготовительно-заключительного времени:

$$t_{\text{п-з}}=19 \text{ мин. (карта 19, с. 70). [37]}$$

Расчет норм времени на операции 030, переход 1, 2:

Время наплавки

$$t_0 = \frac{\pi D l}{S V_{\text{нп}}}, \quad (3.18)$$

где t_0 – основное время, мин;

D – диаметр вала, мм;

l – длина поверхности наплавки, мм;

S – шаг наплавки, мм;

$V_{\text{нп}}$ – скорость наплавки, мм/мин (28 м/ч=467 мм/мин).

Переход 1:

$$t_{01} = \frac{3,14 \times 20,4 \times 15}{2 \times 467} = 1 \text{ мин.}$$

Переход 2:

$$t_{02} = \frac{3,14 \times 20,4 \times 18}{2 \times 467} = 1,2 \text{ мин.}$$

Нормативы времени на остальные операции рассчитываются аналогично. Результаты расчетов представлены в таблице 3.18.

					ГОУ ОГУ 150205.9007.07 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Таблица 3.18 – Нормативы времени

№ опер.	Наименование операции	T ₀ , МИН	T _В , МИН	T _{шт} , МИН	T _{пз} , МИН
003	Токарная 1 Расточить центровое отверстие 7 2 Расточить центровое отверстие 6	0,16 0,16	2,72	3,2	22
005	Токарная Точить поверхность 2	0,03	0,68	0,78	19
010	Токарная Точить поверхность 1	0,03	0,68	0,78	19
015	Наплавочная 1 Наплавить поверхность 1 2 Наплавить поверхность 2	1 1,2	-	-	-
020	Наплавочная 1 Заплавить шпоночный паз поверхности 4 2 Заплавить шпоночный паз поверхности 5	0,4 0,8	-	-	-
030	Токарная 1 Точить поверхность 4 2 Точить поверхность 2 предварительно 3 Точить поверхность 5 4 Точить поверхность 2 окончательно	0,04 0,03 0,05 0,03	0,68	0,91	19
035	Токарная 1 Точить канавку 3 2 Точить поверхность 1 предварительно 3 Точить поверхность 1 окончательно	0,04 0,03 0,03	0,68	0,9	19
040	Фрезерная Фрезеровать шпоночный паз поверхности 4	0,06	0,23	0,3	25
045	Фрезерная Фрезеровать шпоночный паз поверхности 5	0,06	0,23	0,3	25
060	Круглошлифовальная 1 Шлифовать поверхность 2 предварительно 2 Шлифовать поверхность 5 3 Шлифовать поверхность 1 предварительно	5,9 12,6 5	0,79	10	27,7
065	Круглошлифовальная 1 Шлифовать поверхность 2 окончательно 2 Шлифовать поверхность 1 окончательно	10,8 9	19,8	10	29,5
070	Контрольная				

Приложение Б

(Справочное)

Комплект документов на восстановление детали «Вал»

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

ГОУ ОГУ 150205

ГОУ ОГУ. АКИ.МТМ			ТПИ.2002
Вал			Д

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Аэрокосмический институт

Кафедра материаловедения и технологии материалов

Утверждаю:

Зав. кафедрой _____ С.И. Богодухов

«_____» _____ 2007 г.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
на восстановление детали «Вал»

Руководитель ДП _____ С.И. Богодухов
«_____» _____ 2007 г.

Исполнитель _____ С.А. Лобода
студент гр. 2002 ТПИ
«_____» _____ 2007 г.

ТЛ

Восстановления

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
										ГОУ ОГУ 150205					1					
Разработал	Лобода С.А.			ГОУ ОГУ. АКИ.					ТПИ 2002											
Проверил	Богодухов С.И.			МТМ																
Т. контр.	Богодухов С.И.																			
Н. Контр.	Шейнин Б.М.			Вал					Д											
М 01	Сталь 30ХМА ГОСТ 4543-71																			
М 02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.Расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ									
			кг	1,8	кг	0,31	0,85	Вал	30 ^X 120	10	2,12									
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}		
К	Наименование детали, сборочной единицы или материала							Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.			
А	Х	Х	Х	001	Моечная					ИОТ для оператора										
Б	381881 Моечная машина ОМ							2	4101	322	1Р	1	10	1	10	1	15	30		
О	Очистить детали от загрязнений																			
А	Х	Х	Х	002	Дефектация					ИОТ для дефектовщика										
Б	381881 Стол дефектовщика							2	4101	322	1Р	1	1	1	1	1	0,85	8,05		
О	Износ посадочных шеек; Износ шпоночных пазов по ширине; Проверить прогиб вала; Проверить деталь на наличие трещин, при наличии трещин браковать																			
А	4110	003 Токарная					ИОТ для токаря													
Б																				
МК/КТП		Восстановления																		

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
						Вал						ТПИ 2002			2		
	Изм	Лист	№ докум.		Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.		Подпись	Дата	ГОУ ОГУ.АКИ.МТМ				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}
К	Наименование детали, сборочной единицы или материала						Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Б	381110 Токарно- винторезный 16К20						2	18217	520	1Р	1	1	1	10	1	22	3,2
О	Расточить центровые отверстия, выдерживая размер $\varnothing 4^{+0,06}$ мм на глубине 7,5 мм																
А	4110	005 Токарная				ИОТ для токаря											
Б	381110 Токарно- винторезный 16К20						2	18217	520	1Р	1	1	1	10	1	19	0,78
О	Точить поверхность под наплавку, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ на длине 18 мм																
А	4110	010 Токарная				ИОТ для токаря											
Б	381110 Токарно- винторезный 16К20						2	18217	520	1Р	1	1	1	10	1	20	1,98
О	381101 Точить поверхность под наплавку, выдерживая размер $\varnothing 20,4_{-0,21}$ на длине 15 мм																
А	Х	Х	Х	015 Наплавочная				ИОТ для сварщика									
	XXXX Наплавочная установка А-547-У						3	422	1Р		1	1	1	1	1	11	26
А																	
МК/КТП		Восстановления															

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
												ТПИ 2002				3			
	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ГОУ ОГУ.АКИ.МТМ								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}			
К	Наименование детали, сборочной единицы или материала					Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.				
Б																			
О	Наплавить поверхности шеек вала на длине 15 мм и 18 мм, выдерживая размер $\varnothing 28_{-0,52}$																		
А	Х	Х	Х	020 Наплавочная					ИОТ для сварщика										
Б	XXXX		Наплавочная установка А-547-У		3	422	1Р		1	1	1	1	1	1	12	0,8			
О	Заплавить шпоночный паз, выдерживая размер 20X6X3,5 мм; Заплавить шпоночный паз, выдерживая размер 30X8X6 мм;																		
А	Х	Х	Х	025 Термическая					ИОТ для термиста										
Б	XXXX		Высокочастотная установка ТВЧ ВЧГ – 2- 100/0,066		3	322	1Р	1	1	1	1	1	1	1	6,7	0,6			
О	Нагреть участок вала $\varnothing 28$ на длине 15 мм; Нагреть участок вала $\varnothing 28$ на длине 18 мм;																		
А	4110		030 Токарно - винторезная		ИОТ для токаря														
Б	381101		Токарно- винторезный 16К20		2	18217	520	1Р	1	1	1	1	1	1	19	0,91			
О	Точить поверхность, выдерживая размер $\varnothing 20_{-0,033}$ мм на длине 25 мм; Точить поверхность, выдерживая																		
	размер $\varnothing 26,43_{-0,21}$ мм на длине 18 мм; с одновременным точением фаски 0,5X 45°; точить поверхность,																		
	выдерживая размер $\varnothing 26, 19_{-0,52}$ на длине 35 мм;																		
МК/КТП		Восстановления																	

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			

ТПИ 2002 3

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ГОУ ОГУ.АКИ.МТМ	

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Т _{пз}	Т _{шт}		
К	Наименование детали, сборочной единицы или материала				Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.			
	Точить поверхность, выдерживая размер Ø 25,77 _{-0,052} мм на длине 18 см																
А	4110			035	Токарно - винторезная				ИОТ для токаря								
Б	381101				Токарно- винторезный 16К20	2	18217	520	1Р		1	1	1	1	1	19	0,9
В	Точить канавку, выдерживая размер Ø 22 мм шириной 3 мм; Точить поверхность, выдерживая размер																
	Ø 26,43 _{-0,2} мм на длине 15 мм с одновременным точением фаски 0,5Х 45°;																
	Точить поверхность, выдерживая размер Ø 25,77 _{-0,052} мм на длине 15 мм																
А	4269			040	Фрезерная				ИОТ для фрезеровщика								
Б	381213				Вертикально – фрезерный 6Н13	2	18632	320	1Р		1	1	1	1	1	25	0,3
О	Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размер 20Х6Х3,5 мм																
А	4269			045	Фрезерная				ИОТ для фрезеровщика								
Б	381213				Вертикально – фрезерный 6Н13	2	18632	320	1Р		1	1	1	1	1	25	0,3
О	Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размер 30Х8Х6 мм																
А	Х	Х	Х	050	Слесарная				ИОТ для слесаря								
Б	XXXX				Пресс гидравлический												
О	Проверить прогиб вала и при необходимости править												25	12,5			
А	Х	Х	Х	055	Термическая				ИОТ для термиста								

МК/КТП Восстановления

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
															ТПИ 2002				3		
	Изм	Лист	№ докум.		Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.		Подпись	Дата	ГОУ ОГУ.АКИ.МТМ								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Т _{пз}	Т _{шт}					
К	Наименование детали, сборочной единицы или материала					Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.						
Б	XXXX				Установка ТВЧ ВЧГ – 2-	100/0,66	3	322	1P	1	1	1	1	1	10	27,7					
О	Закалить участки вала длиной 18 мм и 15 мм, Ø 25,8 _{-0,052} мм, на глубину 1,5 – 2 мм																				
А	Х	Х	Х	060	Круглошлифовальная					ИОТ для шлифовщика											
Б	381311	Круглошлифовальный станок 3М 150					2	18632	422	1P	1	1	1	1	1	10	27,7				
О	Шлифовать поверхность предварительно, выдерживая размер Ø 25.16 _{-0,033} мм																				
	на длине 18 мм; Шлифовать поверхность предварительно выдерживая размер																				
	Ø 26 _{+0,015} ^{+0,028} мм на длине 35 мм; Шлифовать поверхность, предварительно,																				
	выдерживая размер Ø 25,16 _{-0,033} мм на длине 15 мм																				
А	Х	Х	Х	065	Круглошлифовальная					ИОТ для шлифовщика											
Б	38 13 11	Круглошлифовальный станок 3М 150					2	18632	422	1P	1	1	1	1	1	10	29,5				
О	Шлифовать поверхность окончательно на длине 15 мм и 18 мм, выдерживая размер Ø 25 _{+0,002} ^{+0,015} мм																				
А	070 Контрольная																				
МК/КТП		Восстановления																			

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

											ГОУ ОГУ 150205			4				
Разработал	Лобода С.А.				ГОУ ОГУ. АКИ.МТМ						Вал				ТПИ 2002.			
Проверил	Богодухов С.И..																	
Т. контр.	Богодухов С.И..																	
Н. Контр.	Шейнин Б.М.										Д							

М 01	Сталь 30ХМА ГОСТ 4543- 71																			
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.Расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ										
		кг	1,8	кг	0,31	0,85	Вал	Ø30 ^x 120	10	2,12										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	005 4110 Токарная						Обозначение документа									
Б	381101 Токарно-винторезный 16К20В						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}			
К							Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. рас				

Т	Патрон токарный самоцентрирующий клиновый ГОСТ 24351-80; центр вращающийся ГОСТ 8742-75																		
О	Точить поверхность, выдерживая размер 1, 2																		
Т	Резец проходной упорный Т15К6 ГОСТ 9140-78; штангенциркуль ШЦ 1 0 – 125 ГОСТ 166-90.																		
Р	t = 2, 0 мм S=0,47 мм/об V=123 м/мин n=1600 мин ⁻¹																		
О	Контроль исполнителем																		

ОК/КТП	Восстановления																		
--------	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

ГОУ ОГУ 150205

2

Разработал	Лобода С.А.		
Проверил	Богодухов С.И.		
Т Контр	Шейнин Б.М.		
Н. Контр.	Шейнин Б.М.		

ГОУ ОГУ.
АКИ.МТМ

ТПИ 2002

Вал

Д

005 Токарная

