

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АППАРАТОВ

Рекомендовано Учёным советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 150200 Машиностроительные технологии и оборудование

Оренбург 2012

УДК 621.81.004.67+620.178.16(075.8)

ББК 30.605+30ю84-04 Я7

Б74

Рецензент – зав. кафедрой ТММСК, доктор технических наук, профессор
А. Н. Поляков

Авторы: С. И. Богодухов, Р. М. Сулейманов, А. Д. Проскурин, Б. М. Шейнин

Б74 Повышение износостойкости и восстановление деталей машин и
аппаратов : учебное пособие / С. И. Богодухов, Р. М. Сулейманов,
А. Д. Проскурин, Б. М. Шейнин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :
ОГУ, 2012. – 298 с.
ISBN

В учебном пособии рассмотрены основные требования к оформлению выпускной квалификационной работы (ВКР) в форме дипломного проекта, определены основные понятия, относящиеся к машине, роли и структуре машиностроительного производства. Рассмотрены современные конструкционные материалы, критерии оценки их конструкционной прочности.

Комплексно рассмотрены вопросы разработки технологического процесса изготовления деталей, проектирования основных видов заготовок и их обработки резанием.

Даны указания по разработке технологии восстановления изношенных деталей, нанесения износостойких покрытий, а также по проектированию ремонтных цехов и участков.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению «Машиностроительные технологии и оборудование» по специальности 150205.65 – Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов.

УДК 621.81.004.67+620.178.16(075.8)

ББК 30.605+30ю84-04 Я7

ISBN

© Богодухов С. И.,
Сулейманов Р.М.,
Проскурин А. Д.,
Шейнин Б. М., 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

Введение.....	7
1 Цели и задачи выполнения ВКР	8
2 Основные требования к оформлению пояснительной записки и графической части ВКР	11
2.1 Примерная структура пояснительной записки	11
2.2 Методические указания по разработке отдельных разделов	17
2.2.1 Конструкторская часть	17
2.2.2 Технологическая часть	22
2.2.3 Виды расчётов	23
2.2.4 Экономическая часть	25
2.3 Оформление пояснительной записки	28
2.3.1 Изложение текста	28
2.3.2 Запись формул и уравнений	31
2.3.3 Оформление иллюстраций	33
2.3.4 Построение таблиц	34
2.3.5 Оформление списка использованных источников	37
2.3.6 Оформление приложений	40
2.4 Оформление графической части дипломного проекта	41
3 Роль и структура машиностроительного производства	46
3.1 Понятие о производственной системе и производственном процессе	46
3.2 Машиностроительное предприятие, типы и виды производства	50
3.3 Понятие о технологической системе и технологическом процессе	56
3.4 Структура технологического процесса изготовления изделия	58
3.5 Средства технологического оснащения производства	63
3.6 Общая структура технологического процесса изготовления деталей	64
3.6.1 Деталь как структурная единица изделия	64
3.6.2 Точность изготовления деталей машин и нанотехнология	66

3.6.3 Качество поверхностного слоя деталей машин и технологическая наследственность	70
3.6.4 Содержание и последовательность этапов изготовления деталей	77
4 Разработка технологического процесса изготовления детали	81
4.1 Анализ конструкции детали и требований к её изготовлению	81
4.2 Отработка конструкции детали на технологичность	82
4.3 Анализ заводского технологического процесса	84
4.4 Выбор заготовки и метода её изготовления	85
4.4.1 Определение вида исходной заготовки	85
4.4.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки	86
5 Проектирование технологического маршрута обработки резанием	88
5.1 Базирование в машиностроении	88
5.1.1 Понятие о базах, их назначении и требовании соблюдения постоянства баз	88
5.1.2 Основные правила выбора баз	93
5.2 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки поверхностей заготовки	95
5.3 Формирование маршрута изготовления детали и выбор состава технологического оборудования	98
6 Разработка технологического процесса восстановления изношенной детали	101
6.1 Назначение детали и анализ условий её эксплуатации. Требования к обрабатываемым поверхностям	101
6.2 Исходные данные для проектирования технологических процессов восстановления деталей	102
6.3 Выбор организационной формы восстановления деталей	109
6.4 Процесс восстановления детали	110
6.4.1 Очистка деталей	110
6.4.2 Характеристика материала детали	116
6.4.3 Выбор и обоснование способа восстановления	118
6.4.4 Разработка рациональной схемы технологического процесса ремонта детали	122

6.4.5 Выбор оптимального состава материала покрытия	125
6.4.6 Определение основных технологических параметров процесса нанесения покрытий	136
6.4.7 Выбор технологического оборудования для нанесения покрытий	144
6.4.8 Выбор и разработка технологической оснастки для восстановления детали	146
6.4.9 Припуски на механическую обработку восстанавливаемых деталей	147
6.5 Проектирование станочного и контрольного приспособлений	168
6.5.1 Выбор схемы базирования	168
6.5.2 Расчёт силы закрепления и норм точности	170
6.6 Гальванические покрытия	173
6.7 Способ дополнительной ремонтной детали и его разновидности	178
6.8 Разработка ремонтного чертежа	180
6.9 Разработка маршрутной карты	185
6.10 Расчёт режимов обработки и нормирование времени	195
6.10.1 Задачи и методы нормирования	195
6.10.2 Классификация затрат рабочего времени	196
6.10.3 Состав технически обоснованных норм времени	197
6.10.4 Техническое нормирование станочных работ	199
6.11 Нормирование технологического процесса	200
6.11.1 Токарные работы	200
6.11.2 Фрезерные работы	202
6.11.3 Сверление, зенкерование и развёртывание	203
6.11.4 Шлифование	204
6.11.5 Газо- и электросварочные работы	206
6.11.6 Нанесение гальванических покрытий (на примере хромирования)	207
7 Проектирование ремонтных цехов и участков	207
7.1 Производственная программа и трудоёмкость работ	208
7.2 Структура предприятия и фонды времени	208

7.3 Определение численности работающих, необходимого оборудования и числа рабочих мест	209
7.4 Особенности проектирования отделений основного производства	212
Список использованных источников.....	220
Приложение А Виды конструкторских документов (выборочно)	224
Приложение Б Компоновка ремонтного чертежа	226
Приложение В Компоновка чертежа общего вида	227
Приложение Г Знаки видов допусков формы и расположения поверхностей ..	228
Приложение Д Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий	229
Приложение Е Соотношение качеств и классов точности, параметров и классов шероховатости	232
Приложение Ж Виды технологических документов (выборочно)	234
Приложение И Наименование и коды операций обработки резанием (выборочно)	237
Приложение К Ключевые слова при описании технологических переходов ...	238
Приложение Л Примеры оформления технологических документов	239
Приложение М Указатель кодов профессий в машиностроении (выборочно)	255
Приложение Н Пример выполнения технологической части ВКР	256
Приложение П Пример разработки станочного приспособления	294

Введение

К числу наиболее важных компонентов любого производства относится технология. Именно принципиально новая, инновационная технология коренным образом преобразует производство, вызывает ускоренное развитие новых средств труда для её реализации. Технология ремонтного производства – самостоятельное направление научных разработок, овладение основными её положениями и методами входит в систему подготовки дипломированных специалистов.

Главная задача ремонтного производства заключается в экономически эффективном восстановлении надёжности машин в результате наиболее полного использования остаточной долговечности их деталей.

Существует большой массив специальной литературы, в которой освещены различные вопросы технологии ремонта машин и восстановления их деталей, а также приведены методические и организационно-технические материалы для специалистов ремонтных предприятий [1–5].

Эксплуатация машин сопровождается процессами естественного старения, вследствие которых – снижение технико-экономических показателей их использования. Для поддержания высоких показателей надёжности и эффективности работы машин необходим менеджмент их технического состояния, что реализуется с помощью методов и средств ремонта и технического обслуживания. Основным источником экономической эффективности ремонта заключается в восстановлении изношенных деталей. Ремонтные заготовки значительно дешевле вновь изготовленных. А само восстановление изношенных деталей в системе вторичного производства машин является природоохранным и ресурсосберегающим производством.

Основу дальнейшего совершенствования технологии и повышения износостойкости составляют современные достижения научно-технического прогресса. Его важнейшие направления – рост энергонасыщенности техники, интенсификация технологических процессов, разработка и применение ресурсосберегающих технологий, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов и т.д.

Цель данного пособия – оказать помощь студентам специальности 150205.65 при выполнении выпускных квалификационных работ (ВКР).

В пособии рассмотрены задачи и цели ВКР, содержание и её объём, организация выполнения и защиты ВКР.

Приведены также необходимые сведения по оформлению конструкторской, технологической, научно-исследовательской и расчетной частей ВКР.

1 Цели и задачи выполнения ВКР

Выпускная квалификационная работа (ВКР) является законченной разработкой в форме дипломного проекта или дипломной работы.

В дипломном проекте (работе) решается актуальная задача для промышленности:

- по проектированию, разработке и совершенствованию конструкций узлов трения;
- разработке и совершенствованию технологических процессов;
- по разработке или совершенствованию оснастки и оборудования, обеспечивающих повышение износостойкости и восстановление размеров изношенных деталей машин и аппаратов, с проработкой вопросов безопасности жизнедеятельности, с экономическим и экологическим обоснованием.

Дипломный проект является самостоятельной комплексной работой студента. Он выполняется на последнем этапе обучения и подводит итоги изучения различных дисциплин и прохождения практики в соответствии с учебным планом. Качество выполнения и защиты проекта являются основанием для аттестации студента Государственной аттестационной комиссией.

Цель дипломного проектирования – систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний студентов; применение их в процессе решения конкретных организационно-технических задач, направленных на повышение качества новых и восстановленных деталей машин; развитие навыков самостоятельной работы и подготовленности к профессиональной деятельности в условиях современного машиностроительного производства.

В дипломном проекте выпускник должен показать умение:

- использовать методы проектирования узлов трения, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования;
- разрабатывать или выбирать технологический процесс, оснастку и приспособления для повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов;

- строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ;
- планировать экспериментальные исследования, выбирать и использовать технические средства для их реализации;
- использовать методы решения задач на определение оптимальных вариантов технологических процессов, компьютерные методы сбора, хранения и обработки информации;
- давать экономическую оценку разрабатываемым процессам, материалам, оборудованию.

Разработка дипломного проекта должна осуществляться преимущественно на конкретных материалах предприятия, являющегося базой преддипломной практики, и исходить из задач, стоящих перед производством. Этим условиям наиболее полно отвечает реальное проектирование, в процессе которого студент творчески решает конкретную производственную задачу.

Наряду с решением организационной задачи по ремонту и восстановлению деталей машин и аппаратов, студент-дипломник должен дать конструктивное решение приспособления, оснастки и оборудования, направленное на улучшение эксплуатационных параметров изделия, на снижение доли ручного труда и повышение его производительности при выполнении разборочно-сборочных, контрольно-измерительных, станочных, наплавочных, термических и др. операций.

Знания инженера-технолога студент обязан закрепить при расчёте технологического процесса восстановления (изготовления) детали.

Наконец, качество экономической части дипломного проекта зависит от того, насколько полно будущий специалист учёл современные запросы по реформированию производства, а также имеющийся передовой опыт, достижения науки и техники, организационно-экономические требования к инженерным решениям.

Дипломный проект завершает подготовку высококвалифицированного специалиста в ВУЗе.

Время, отводимое на подготовку дипломного проекта, составляет не менее 16 недель.

2 Основные требования к оформлению пояснительной записки и графической части ВКР

2.1 Примерная структура пояснительной записки

ВКР в форме проекта должна выявить общепрофессиональную и специальную подготовку студента, умение анализировать, связывать в процессе работы теоретические знания с практикой. Дипломные проекты должны, как правило, иметь практическое значение. Их следует разрабатывать для конкретных предприятий.

Дипломный проект состоит из текстовой (пояснительная записка) и графической частей, содержащих решение задач, установленных заданием.

Объём пояснительной записки – от 80 до 120 с. текста, напечатанного на принтере на листах формата А4.

Пояснительная записка содержит следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на ВКР;
- аннотация (на русском и английском языках);
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

В пояснительную записку вкладываются лист нормоконтроля, отзыв руководителя ВКР и рецензия.

Аннотация объёмом 1–2 с. должна включать конкретные сведения, раскрывающие содержание основной части проекта, краткие выводы относительно особенностей, эффективности, возможности и области применения полученных результатов.

В содержании последовательно перечисляются заголовки разделов (при необходимости - подразделов), список использованных источников, приложения с ука-

занием их обозначений и заголовков. После заголовка ставят отточие, указывают номер страницы, на которой начинается данный структурный элемент. Во введении кратко характеризуют современное состояние научной (технической) проблемы (вопроса), которой посвящена работа, а также цель проекта. Во введении следует чётко сформулировать, в чём заключается новизна и актуальность описываемой работы, и обосновать по существу необходимость её проведения. Объём введения 1-2 с.

Основная часть ВКР включает такие разделы:

- аналитический обзор (состояние вопроса);
- специальная (исследовательская) часть;
- технологическая часть;
- конструкторская часть;
- безопасность проекта;
- экономическая часть.

Аналитический обзор (состояние вопроса).

Аналитический обзор должен полно и систематизированно отражать состояние вопроса, которому посвящена данная работа. Сведения, содержащиеся в аналитическом обзоре, должны позволять объективно оценивать научный (научно-технический) уровень работы, правильно выбирать пути и средства достижения поставленной цели и оценивать эффективность как этих средств, так и работы в целом.

Предметом анализа в обзоре должны быть новые идеи и проблемы, возможные подходы к решению этих проблем, результаты предыдущих исследований по вопросу, которому посвящена научно-исследовательская работа (НИР), и по смежным вопросам (при необходимости), данные экономического характера, возможные пути решения задачи, стоящей перед исполнителями НИР.

Специальная (исследовательская) часть.

В этом разделе должны быть показаны преимущества выбранного направления НИР по сравнению с другими возможными направлениями. В нём приводится мотивированная оценка принятого направления исследования как с научной (технической), так и с экономической точки зрения.

Обоснование выбранного направления НИР и рабочая гипотеза должны опи-

ратся на рекомендации, содержащиеся в аналитическом обзоре, с учётом конкретных условий проведения НИР в организации-исполнителе работы.

Обоснование выбранного направления работы не следует подменять обоснованием целесообразности (или необходимости) самой работы. Выбор направления работы не должен обосновываться ссылками на соответствующие пункты технического задания.

В разделах, отражающих методику, содержание и результаты выполненной работы, должны излагаться подробно и последовательно содержание выполненной НИР и описываться все промежуточные и окончательные результаты, в том числе результаты отрицательные.

Методика исследования должна излагаться подробно, с обоснованием её выбора (или разработки). Если в работе применялись общепринятые (общеизвестные) методы, их описания подробно излагать не следует. При этом даются ссылки на соответствующие источники или переносят описание методов в приложения.

В разделе, посвящённом описанию экспериментов, должна указываться цель и описываться программа конкретных экспериментов, излагаться их сущность, оцениваться точность и достоверность полученных данных и сопоставляться с теоретическими данными, отсутствие такого сопоставления следует мотивировать.

Эти разделы завершаются трактовкой полученных результатов и описанием их возможного применения. Полученные в ходе работы математические зависимости рекомендуется иллюстрировать примерами конкретного расчёта.

Технологическая часть.

Технологическая часть проекта содержит разработку технологического процесса восстановления изношенных поверхностей деталей машин и аппаратов и технологического метода повышения износостойкости или включает разработку технологии изготовления новой детали, существенно снижающей интенсивность изнашивания. По согласованию с руководителем проекта в технологическую часть может быть включена и разработка технологии последующей механической и иной обработки детали после её восстановления, нанесения соответствующих покрытий либо разработка технологии изготовления типовой или наиболее ответственной детали

проектируемого оборудования (установки, механизма) с выбором режимов обработки, оборудования и инструментов.

Технологическая часть проекта содержит обоснование схемы проектируемого оборудования и (или) технологической оснастки при заданных условиях эксплуатации; расчёты, связанные с кинематическими и энергетическими показателями работы оборудования при заданных графиках рабочих нагрузок; расчёты, связанные с установлением показателей прочности и износостойкости деталей машин с учётом действия динамических нагрузок; расчёты, связанные с определением надёжности и долговечности деталей, сборочных единиц и всей машины или всего оборудования.

Конструкторская часть.

Конструкторская часть проекта содержит конструкторскую разработку основного и вспомогательного оборудования (установки, механизма) и (или) технологической оснастки для восстановления деталей машин и аппаратов и (или) для повышения их износостойкости. При выполнении этой части проекта предусматривается отработка конструкции проектируемого изделия на технологичность при производстве, подготовке его к использованию по назначению, техническом обслуживании, текущем ремонте и утилизации. Учитываются также требования современного дизайна.

В конструкторскую часть может быть включена и разработка конструкций устройств механизации и автоматизации, являющихся принадлежностью проектируемого технологического оборудования и оснастки.

Безопасность проекта.

Раздел предусматривает разработку профилактических мер по предупреждению аварийных ситуаций при установке и эксплуатации проектируемого оборудования, разработку мероприятий, обеспечивающих безопасные условия работы и экологическую безопасность при реализации технологии восстановления деталей, повышения её износостойкости.

Анализируется состояние окружающей среды, техники безопасности, а также противопожарной безопасности на рассматриваемом производственном участке и предлагаются мероприятия по созданию безопасных условий труда рабочих.

Экономическая часть.

Содержит экономическое обоснование технического решения дипломного проекта. Обоснование включает в себя: сопоставление экономических показателей эффективности запроектированных технологий, технических средств и организации производства по сравнению с исходным уровнем (производительность труда, использование оборудования, рентабельность, годовой экономический эффект, срок окупаемости и др.).

Заключение.

Заключение должно содержать оценку результатов работы, в частности, с точки зрения их соответствия требованиям задания.

В заключении дается оценка технико-экономической эффективности, которая может быть получена при использовании результатов работы.

В конце заключения следует указывать, чем завершена работа:

а) получением научных данных о новых объектах, процессах, явлениях, закономерностях; новых методов и принципов исследования; получением качественных и количественных характеристик объектов и явлений;

б) составлением инструкций, руководящих материалов, рекомендаций, методик (расчётов, измерений, испытаний), алгоритмов, программ и т.д.;

в) изготовлением лабораторных и опытных образцов (макетов);

г) внедрением в производство вновь созданных или усовершенствованных изделий, технологических процессов, режимов; технической помощью производству.

Список использованных источников.

В список включают все источники, на которые имеются ссылки в тексте ВКР. Оформление списка см. в 2.3.5.

Приложения.

В приложения следует включать вспомогательный материал, который при включении в основную часть неизбежно загромождает текст: результаты расчётов на ЭВМ; табличные материалы, полученные при экспериментальных исследованиях; спецификации; описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний; описание алгоритмов и программ на ЭВМ и т.д.

Выполнение дипломного проекта складывается из этапов: изучение состояния вопроса и сбор материалов; подбор литературы и работа с ней, изучение передового опыта; написание проекта. Сбор материалов – важный этап работы над проектом, заключающийся в планомерном, целеустремленном накапливании исходных данных. Находясь на преддипломной практике, студент должен собрать достоверные сведения, изучить существующую технологию и организацию производства и т.д. Весь подобранный материал студент анализирует, обобщает и сводит в соответствующие таблицы, карты, графики, диаграммы. Некоторый первичный фактический материал прилагают к проекту. В качестве первичного фактического материала используют технологические карты, план ремонта оборудования, таблицы, графики и др.

При работе над дипломным проектом необходимо выполнять требования стандартов:

ГОСТ 2.004–88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.105–95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.104–2006 ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.106–96 ЕСКД. Текстовые документы.

ГОСТ 2.109–73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301–68 ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.316–2008 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения.

ГОСТ 2.321–84 ЕСКД. Обозначения буквенные.

ГОСТ 8.417–2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

ГОСТ 7.1–2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.

2.2 Методические указания по разработке отдельных разделов

2.2.1 Конструкторская часть

Конструкторская часть должна состоять из разработки или модернизации основного и вспомогательного оборудования для технологического процесса повышения износостойкости или для восстановления деталей машин и аппаратов, из проектирования технологической оснастки (приспособления, инструмента), специальных стандов, станков, механизмов для создания, обработки и контроля износостойких поверхностей или для восстановления изношенных деталей, а также для механизации и автоматизации соответствующего технологического процесса. Тема разработки должна быть тесно увязана с технологической и организационно-экономической частями проекта.

При разработке или при модернизации технологического оборудования, того или иного устройства следует обеспечить получение наиболее высоких технико-экономических и эксплуатационных показателей, главным из которых являются высокая производительность, экономичность, прочность, малые масса и металлоёмкость, габариты, энергоёмкость, объём и стоимость ремонтных работ, расходы на оплату труда операторов, высокий технический ресурс, степень автоматизации, простота и безопасность обслуживания, удобство управления, сборки и разборки.

При конструировании следует соблюдать требования технической эстетики, современного дизайна. Оборудование, устройство должно иметь красивый внешний вид, изящную, строгую отделку [6, 7].

Алгоритм разработки конструкторской части проекта включает в себя анализ состояния вопроса по литературным источникам, патентную проработку, анализ существующих аналогов (прототипов) предлагаемой конструкции, выявление их недостатков в части энерго- и материалоемкости, ресурсосбережения, условий труда и экологической безопасности. Далее на базе выполненного анализа выбирают и обосновывают схему и принцип работы создаваемой конструкции с учётом особенностей как самого материала, используемого для формирования износостойких поверхностей, так и условий работы их в процессе эксплуатации. С этой целью необ-

ходимо проанализировать, проведя технико-экономические расчёты, целесообразность применения тех или иных материалов и альтернативных методов формирования из них износостойких поверхностей. Например, для повышения износостойкости деталь может быть изготовлена из материала, устойчивого к тому или иному виду изнашивания, либо из обычного конструкционного материала с последующим поверхностным упрочнением (азотированием, цементацией, деформационным упрочнением, поверхностной закалкой, электроискровой или лазерной обработкой, наплавкой и т.д.). Таким образом, износостойкую поверхность можно сформировать непосредственно на рабочей детали, но можно, сформировав такую поверхность отдельно от детали, затем тем или иным способом (сваркой, пайкой, механически и т.п.) прикрепить к ней в зоне трибосопряжения. Окончательный выбор наилучшего метода определяется специальными исследованиями, расчётами на износостойкость и экономическими расчётами. Следовательно, последующая конструкторская проработка схемы оборудования, установки, механизма тесно связана с выбором технологического метода повышения износостойкости или восстановления детали.

Конструкторская проработка схемы установки включает в себя этап чёткого формулирования служебного назначения установки (оборудования, механизма) и определения режимных параметров её работы. После этого в соответствии с принципом работы и установленными режимными параметрами можно дать общий вид конструктивного оформления установки, обосновав основные его размеры необходимыми расчётами и выполнив согласно ГОСТ 14.205–83 необходимую работу по обоснованию технологичности конструкции установки, оборудования. Только такая конструкция считается удовлетворяющей требованию технологичности, которая характеризуется оптимальными затратами труда, средств, материалов и времени при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

После конструкторской проработки схемы установки переходят к этапу конструкторской проработки узла или детали с выполнением необходимых исследований и расчетов. Прежде чем приступить к разработке конструкции узла и детали,

необходимо сформулировать назначение, установить условия работы и связи узла или детали с другими узлами (детальями) конструкции, что позволит уяснить требования, предъявляемые к конструируемой детали, обоснованно выбрать для нее материал и способ обработки. Конструктивные особенности, форма, размеры и другие основные параметры узла или детали должны являться следствием сформулированного их служебного назначения и технических условий на оборудование (установку).

В соответствии с этим необходимо проанализировать технические условия на оборудование (установку) и в соответствии с ними составить технические условия на деталь (оборудование). При анализе (он поясняется текстом, эскизами и расчётами) необходимо показать, каким требованиям должна удовлетворять конструкция и каковы возможные отрицательные последствия несоблюдения или отступления от установленных технических условий.

Особое внимание должно быть уделено обоснованию необходимых параметров надёжности и качества изделия.

В соответствии с условиями работы детали проводят анализ, а при необходимости и исследования по обоснованию выбора материала изделия, иллюстрируя их соответствующими графиками, эскизами, расчётами. При этом следует учитывать всю совокупность показателей, характеризующих износостойкость и прочность материала при эксплуатационных нагрузках. Этап конструкторской проработки узла или детали завершают проработкой вопроса технологичности конструкции изделия при изготовлении, сборке, эксплуатации. Окончательная конструкция узла или детали должна быть отражена в пояснительной записке и на демонстрационном листе.

После конструкторской проработки узла или детали выполняют проверочные расчёты на износостойкость и прочность.

Расчёты на износостойкость предпочтительнее вести на базе экспериментальных данных по изнашиванию материалов в условиях, близких к эксплуатационным. Затем по известной зависимости следует установить возможный срок службы детали, задавшись допустимым износом её в процессе эксплуатации.

Результаты исследований и расчётов должны быть отражены в пояснительной

записке и на одном из демонстрационных листов.

Объектами конструкторской разработки могут быть средства технологического оснащения в виде сложных приспособлений, средств механизации и автоматизации тех технологических процессов, которые реализуются на проектируемом оборудовании (установке).

Как известно, приспособление представляет собой технологическую оснастку, предназначенную для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. Приспособление способствует повышению производительности труда, точности обработки или разборки-сборки, обеспечению оптимальных условий труда рабочего, сохранности деталей, расширению технологических возможностей оборудования и т.д.

Проектирование приспособления начинают с обоснования его выбора и уточнения схемы базирования или установки с учетом точности взаимного расположения всех установочных элементов. Затем проводят эскизную компоновку приспособления, для чего используют кинематическую или расчётную конструкторскую модель. После этого устанавливают основные размеры отдельных элементов приспособления и выбирают материалы для их изготовления [8, 9].

Следует помнить, что при разработке приспособлений необходимо применять стандартные, нормализованные и унифицированные конструктивные элементы.

После расчёта на точность и прочность отдельных элементов и разработки рабочих чертежей корректируют эскиз общего вида приспособления.

При проектировании приспособления на стадиях эскизной проработки и изготовления рабочих чертежей деталей следует применять основные положения метрологии, стандартизации и квалиметрии.

Прежде всего, выбор числовых значений линейных величин должен проводиться в соответствии с ГОСТ 6636–69, ограничивающим число применяемых размеров.

При конструировании приспособлений важно правильно выбрать систему посадок (отверстия или вала) и допуски (калитеты) сопрягаемых размеров, т.к. это во

многим предопределяет качество работы соединений и стоимость изготовления деталей.

При выборе квалитетов учитывают также технологические возможности достижения намеченной точности, т.к. каждый метод обработки металлов характеризуется определённой точностью.

Для каждого соединения проектируемого изделия должны быть установлены посадки, которые определяют характер соединения, качество его работы. При назначении посадок используют два метода – расчётный и метод подобия, при котором ориентируются на рекомендации по применению различных посадок, разработанные в результате обобщения опыта проектирования и эксплуатации машин.

При проектировании приспособлений для разборки (сборки) неподвижных соединений необходимо определять усилие распрессовки (запрессовки). В этом случае по посадке определяют наибольший предельный натяг и наибольшее удельное усилие, а затем (с учётом геометрических и прочностных параметров деталей) – усилие распрессовки (запрессовки).

Посадки подшипников качения (при расчёте подшипниковых узлов) выбирают с учётом типа, размера, класса точности, величины и характера нагрузки, вида нагружения колец и режима работы узла. Определяющим при этом является вид нагружения колец.

Для шпоночных соединений применяются стандарты, регламентирующие размеры шпонок, шпоночных пазов, их допусков. За номинальный размер шпоночного соединения принимают размер, равный ширине шпонки. По номинальному размеру шпонки установлены три вида соединений: свободное, нормальное и плотное. В зависимости от принятого вида соединения устанавливают предельные отклонения по ширине шпонки, а предельные отклонения размеров глубины паза вала и паза втулки назначают в соответствии с рекомендациями стандартов.

Размеры деталей шлицевых соединений с прямобочным профилем, их допуски и посадки регламентируются ГОСТ 1139–80, а зубчатых (шлицевых) соединений с эвольвентным профилем зубьев – ГОСТ 6033–80.

2.2.2 Технологическая часть

Технологическая часть проекта может быть выполнена по одному из двух вариантов:

а) разработка технологического процесса восстановления одной или нескольких типовых деталей с использованием спроектированной установки (оборудования) либо разработка технологического процесса повышения износостойкости типовых деталей при работе на спроектированной установке;

б) разработка технологического процесса изготовления детали проектируемой установки (оборудования) – обычно той детали, рабочий чертеж которой был разработан в конструкторской части проекта.

При выполнении технологической части по первому варианту необходимо привести расчёты количества переходов, определить состав и выбрать присадочный материал, установить основные технологические параметры процесса нанесения покрытия, а также разработать или выбрать технологическую оснастку для нанесения покрытия. Для этих целей рекомендуется широко использовать данные справочной литературы [10–12].

При выполнении технологической части по второму варианту достаточно ограничиться выбором заготовки, способа её изготовления и разработкой технологического процесса её механической обработки (обработки резанием) с обязательным определением способов обработки резанием, последовательности обработки, выбором типа металлорежущего оборудования и инструмента [13 – 15]. Кроме того, даются также разработки, связанные с термообработкой изготавливаемой детали установки (оборудования).

На демонстрационных листах представляют конструкцию технологической оснастки для нанесения покрытия либо маршрутную технологию изготовления выбранной детали спроектированной установки (оборудования).

2.2.3 Виды расчётов

В пояснительной записке необходимо дать все расчёты, обосновывающие работоспособность предложенных конструкций, их надёжность, а также характеризующие технические показатели конструкции (масса, степень сложности, срок службы и т.п.).

В соответствии с вышеизложенным приводят кинематические, динамические, проверочные (на износостойкость и прочность) расчёты, расчёты допусков, посадок и размерных цепей.

При проведении прочностных расчётов следует помнить, что под прочностью понимают способность элементов конструкции сопротивляться воздействию внешних сил. При этом различают два вида сопротивления – простое и сложное. К простому виду сопротивления относятся осевое растяжение (сжатие), срез, смятие, кручение и изгиб. К сложному виду сопротивления относятся кривоизгиб, внецентренное растяжение (сжатие), совместное действие изгиба и кручения.

Прочность конструкции будет обеспечена, если выполняется условие: возникающие в её элементах напряжения не будут превышать допускаемых.

Детали, служащие для соединения отдельных элементов конструкций (заклёпки, штифты, болты и т.д.), во многих случаях воспринимают усилия, перпендикулярные их оси. Поэтому они должны быть рассчитаны из условия прочности на срез и смятие. Это относится, например, к болтам крепления венца шестерни к ступице, а также к сварному фланцевому шву, заклёпочному соединению и т.д.

Валы, передающие крутящий момент, рассчитывают, исходя из условия прочности на кручение.

Если имеются детали, работающие на кручение и изгиб (например, коленчатые валы, кривошипы и т.д.), то в этом случае рассчитывают и крутящий, и изгибающий моменты.

При расчёте балок, работающих на прямой и кривоизгиб (консоли, подкрановые пути, оси и т.п.), возможны три вида задач: проверочный расчёт (определение напряжений и сравнение их с допустимыми), проектировочный расчёт (установле-

ние размеров сечений) и установление допускаемой нагрузки.

Нередко встречаются случаи, когда усилие, действующее на стержень, приложено не в центре тяжести, а с некоторым смещением относительно главного сечения. При таком нагружении в сечениях одновременно возникают два изгибающих момента и продольная сила, т.е. появляется внецентренное растяжение (сжатие). В связи с этим возникает необходимость прочностных расчётов таких деталей, как, например, чугунная колонна вертикально-сверлильного станка, захваты съёмника и т.д.

При совместном действии кручения и осевого растяжения (сжатия) в поперечном сечении возникают нормальное и касательное напряжения. С учётом этого проводят прочностной расчёт таких деталей, как винт домкрата, ходовой винт станка и т.д.

Совместное действие поперечной силы и крутящего момента имеет место в поперечных сечениях витков пружин с небольшим шагом. В этом случае проверяется прочность пружины и определяется её осадка или определяется усилие сжатия, которое приводит к исчезновению зазора между витками.

В специальной литературе приводятся методы расчёта зубчатых (шлицевых) соединений, стенок цилиндрических резервуаров и полусферических днищ, расчёта прогиба и толщины металлических пластин, расчёта элементов конструкции на жёсткость (балки, подшипниковые валы, рессоры и т.д.), на устойчивость (винты домкратов, вертикальные стойки и т.д.).

В ряде случаев возникает необходимость решения задач динамики: расчёты движущихся деталей при заданных ускорениях, расчёты на действие ударной нагрузки, расчёты на жёсткость и прочность при колебаниях.

Узлы и детали, подверженные различным видам изнашивания, рассчитывают на трение и износ, с тем, чтобы выбрать оптимальный вариант конструкции узла (конструкционные и смазочные материалы, размеры деталей, посадки и т.д.), регламентировать режимы его эксплуатации, прогнозировать ресурс и техническое состояние узла во времени.

Нормальная работа конструкции зависит также от взаимного положения поверхностей и осей деталей, от взаимосвязанных размеров этих деталей. Допуски взаимосвязанных размеров определяют расчётом размерных цепей, состоящих из

одного замыкающего звена и нескольких составляющих. Величина и точность замыкающего звена зависит от величины и точности других звеньев (составляющих).

При расчёте размерных цепей выявляют размерные связи и строят схему размерной цепи, которая представляется в виде замкнутого размерного контура.

Наиболее часто решается прямая задача способом назначения допусков одного и того же качества. В этом случае известны номинальный размер, допуск и отклонения замыкающего звена и номинальные размеры составляющих звеньев, а в результате решения задачи определяются допуски и предельные отклонения составляющих звеньев.

2.2.4 Экономическая часть

Экономическая часть проекта содержит разработку организации рабочего места у спроектированной установки (оборудования) и расчётное обоснование экономичности принятых конструктивных решений.

Разработка организации рабочего места должна включать выбор вспомогательного оборудования, средств механизации и автоматизации, определение количества рабочих, занятых обслуживанием проектируемой установки (оборудования) во время ее работы, установление взаимного расположения оборудования, и рабочих в зоне хорошей досягаемости, в целях обеспечения наиболее благоприятных условий работы (без лишних наклонов, поворотов, приседаний и т.п.).

Планировка рабочего места (участка) выносится на демонстрационный лист формата А1 или А2.

Завершающим этапом конструкторской разработки является ее технико-экономическая оценка, которая включает в себя определение основных технико-экономических показателей и их сравнение с предшествующей моделью, определение затрат на проектирование и изготовление или модернизацию и, наконец, установление срока окупаемости и годового экономического эффекта от его внедрения.

В зависимости от содержания дипломного проекта может быть дано и расчётное обоснование экономической эффективности модернизации отдельных элемен-

тов установки (оборудования), а также предложенных конструкций деталей этой установки; материалов, из которых изготавливаются эти детали, либо экономической эффективности технологии их изготовления.

Основные технико-экономические показатели установки (оборудования) могут быть отражены в повышении производительности труда, экономии времени и средств на выпуск единицы продукции, производимой спроектированной установкой (оборудованием), в годовой экономии, улучшении качества продукции и улучшении условий труда. Технико-экономические показатели спроектированной установки (оборудования) необходимо сопоставить с показателями аналогичной существующей конструкции-прототипа.

Затраты на проектирование (разработку) конструкции изделия (опытного образца) ориентировочно составляют от 80 % до 150 % стоимости изготовления.

Величина затрат на изготовление или модернизацию конструкции складывается из затрат на изготовление корпусных и оригинальных деталей, цены покупных изделий, заработной платы производственных рабочих и общепроизводственных (цеховых) накладных расходов.

Стоимость изготовления корпусных изделий (по методу укрупнённых расчётов) определяется произведением массы материала на среднюю стоимость 1 кг готовых деталей (по нормативным данным).

Затраты на изготовление оригинальных деталей состоят из заработной платы (с начислениями) производственных рабочих и стоимости материала.

Стоимость покупных изделий определяется действующими ценами, а заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, рассчитывается исходя из нормативной трудоёмкости сборки и часовой ставки рабочих, исчисляемой по среднему разряду на данный период.

Цеховые расходы устанавливаются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих.

При расчёте общепроизводственных накладных расходов процент накладных расходов следует брать таким, какой сложился на предприятии, где будет изготавливаться конструкция. Так, обычно на ремонтных предприятиях накладные расходы

составляют от 170 % до 250 %, а на машиностроительных предприятиях – до 500 %.

Для установления размера дополнительных капитальных вложений, необходимых для изготовления или для модернизации, к соответствующим затратам добавляют стоимость монтажа и транспортные расходы.

Ожидаемая годовая экономия исчисляется как разность показателей себестоимости продукции до и после капитальных вложений. Экономическая эффективность – величина годовой экономии на один рубль капитальных вложений.

Если после внедрения новой или модернизированной конструкции предусматривается выпуск новой продукции, определяют показатель рентабельности (разность стоимости и себестоимости годового выпуска продукции, отнесенная к величине дополнительных капитальных вложений).

Значения экономической эффективности и рентабельности сопоставляют с соответствующими отраслевыми нормативами E_n - сравнительной экономической эффективности: при внедрении новых конструкций $E_n = 0,15$; при модернизации $E_n \geq 0,20$.

Рассчитывают также срок окупаемости капитальных вложений, планируемых на изготовление или на модернизацию конструкции, т.е. устанавливают величину, обратную эффективности капитальных вложений. Эту величину сравнивают с нормативным сроком окупаемости и делают соответствующие выводы. Так, для $E_n = 0,20$ срок окупаемости должен быть не более 5 лет, а для $E_n = 0,15$ – не более 6,6 года.

Для окончательного решения вопроса о внедрении разработанной конструкции рассчитывают годовой экономический эффект. При этом возможны два варианта:

– объём выпуска продукции не изменяется; тогда экономический эффект рассчитывают как разность между ожидаемой годовой экономией и произведением нормативного коэффициента $E_n = 0,12$ на прирост капитальных вложений для изготовления новой конструкции или для её модернизации;

– объём выпуска продукции изменяется; тогда при увеличении объёма выпуска соответственно увеличивается и годовой экономический эффект.

Кроме расчёта основных технико-экономических показателей, в дипломном проекте могут быть рассчитаны экономия от снижения расходов сырья и энергии, расходов на заработную плату в результате уменьшения трудоёмкости изготовления продукции после внедрения разработанной конструкции, величина прироста товарной продукции повышенного качества, а также величина удельной материалоемкости конструкции и коэффициент унификации её составных частей.

Основные технико-экономические показатели разработанной конструкции и существующей модели приводят в виде таблицы в пояснительной записке и на демонстрационном листе.

При выполнении экономической части проекта рекомендуется широко использовать данные, собранные во время преддипломной практики, а также существующие нормативные материалы, получая помощь преподавателя-консультанта по экономической части дипломного проекта [16, 17].

2.3 Оформление пояснительной записки

2.3.1 Изложение текста

При оформлении пояснительной записки необходимо руководствоваться общими требованиями и правилами оформления студенческих работ, установленными СТО 02069024.101–2010 [18].

Пояснительная записка оформляется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210x297 мм) и брошюруется в папку. Текст выполняют печатным способом с использованием компьютера и принтера. Тип шрифта – Times New Roman чёрного цвета. Шрифт основного текста – обычный, кегль 14. Шрифт заголовков – полужирный, кегль 16.

Шрифт заголовков подразделов – полужирный, кегль 14. Межсимвольный интервал – обычный, междустрочный интервал – одинарный.

Нумерация страниц записки должна быть сквозной, включая титульный лист и листы с рисунками и таблицами. Номера страниц проставляют в правой графе ос-

новой надписи арабскими цифрами. На титульном листе номер страницы не ставят.

Каждый лист должен иметь рамку с полями. Ширина левого поля 20 мм, правого, верхнего и нижнего – 5 мм. На листе расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от рамки до начала текста и от конца текста до основной надписи должно быть не менее 10 мм (приложение В). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 1,25 см. Выравнивание текста – по ширине страницы.

Текст основной части делят на разделы, подразделы и пункты. Пункты, при необходимости, разбивают на подпункты.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделённых точками, например: 4.2.1, 4.2.2. Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте на одно из перечислений строчную букву (за исключением ё, з, й, о, ч, ь, ы, ь), после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

- а) _____
- б) _____
 - 1) _____
 - 2) _____
- в) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны чётко и кратко отражать содержание разделов и

подразделов. Заголовки следуют печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Заголовки разделов и подразделов следует выделять полужирным шрифтом.

Расстояние между заголовком раздела и текстом должно быть равно удвоенному межстрочному расстоянию. Расстояние между заголовком раздела и подраздела равно одному межстрочному расстоянию. Расстояние между заголовком подраздела и текстом – равно удвоенному межстрочному расстоянию.

Каждый раздел записки рекомендуется начинать с новой страницы, не допускается приводить заголовки разделов на отдельных листах без текста. После заголовка в конце страницы должно быть не менее трёх строк текста.

Каждая страница записки должна быть заполнена не менее, чем на 2/3.

В тексте, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово "минус");

- применять знак " Ø " для обозначения диаметра (следует писать слово "диаметр"). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещаемых в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак "Ø";

- применять без числовых значений математические знаки, например, > (больше), < (меньше), = (равно).

Наименование команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, "Сигнал + 27 включено".

Сокращение русских слов и словосочетаний в записке – по ГОСТ 7.12–93 и ГОСТ 2.316.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым государственным стандартом. В тексте перед обозначением параметра дают его пояснение, например "Временное сопротивление разрыву σ_B ".

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешённых к применению. Применение разных систем обозначения физических величин не допускается.

Обозначения единиц, наименования которых образованы по именам учёных, пишут с прописной буквы: ампер – А, вольт – В, ватт – Вт, ньютон – Н, паскаль – Па и т.д.

Обозначения единиц, входящих в произведение, разделяют точкой на средней линии: Н·м, А·ч.

В тексте числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счёта следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счёта от единицы до девяти – словами. Например, 5 м, девять труб, 10 труб.

Интервалы чисел в тексте записывают со словами "от" и "до" (имея в виду "От ...до ... включительно"), если после чисел указана единица физической величины или числа представляют безразмерные коэффициенты; через дефис, если числа представляют порядковые номера. Примеры: толщина слоя должна быть от 0,5 мм до 2,0 мм; рисунки 1-14.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т.п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если градация толщины стальной горячекатаной ленты 0,25 мм, то весь ряд толщин ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например: 1,50; 1,75; 2,00.

2.3.2 Запись формул и уравнений

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку и располагать симметрично относительно середины строки. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого сим-

вола следует давать с новой строки, в той последовательности, в какой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример – Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделённые текстом, отделяют запятой. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых математических операций, причём знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак "×".

Размеры шрифта (кегель) для формул:

- обычный – 14;
- крупный индекс – 10;
- мелкий индекс – 8;
- крупный символ – 20;
- мелкий символ – 14.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной порядковой нумерацией арабскими цифрами, которые записывают в круглых скобках на одном уровне с формулой справа от неё в крайнем правом положении. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой, например, (3.1). Формулы, помещаемые в приложениях, нумеруют арабскими цифрами отдельной нумерацией в пределах каждого приложения, добавляя перед каждым номером обозначение данного приложения и разделяя их точкой, например формула (В.1).

2.3.3 Оформление иллюстраций

Все иллюстрации (графики, диаграммы, схемы, чертежи, компьютерные распечатки, фотоснимки) называют рисунками.

График – чертёж, отражающий функциональную зависимость в виде линий на плоскости.

Диаграмма – графическое изображение, показывающее соотношение между значениями величины (величин), качественное состояние объектов в разных условиях при помощи линейных отрезков, геометрических фигур, областей существования.

Графики и диаграммы нужно выполнять с учётом рекомендаций Р 50-77-88 "Правила выполнения диаграмм". Рекомендуется строить графики с координатной сеткой.

Схемы выполняют с соблюдением требований соответствующих стандартов. В ЕСКД имеется значительное количество стандартов на условные обозначения в схемах.

Фотоснимки объектов для пояснительной записки делают обычно размером 6х9 см. Когда требуется показать размеры объекта, при фотографировании в плоскости объекта помещают масштабную линейку.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

Иллюстрация каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например – Рисунок А.3 .

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например – Рисунок 1.1.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки.

При ссылках на иллюстрацию следует писать "... в соответствии с рисунком 2" при сквозной нумерации. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово "Рисунок" и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Детали прибора.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций.

2.3.4 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы должно отражать её содержание, быть точным, кратким. На все таблицы в тексте должны быть приведены ссылки, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием её номера.

Слово "Таблица" с указанием её номера размещают слева над таблицей и после тире указывают её название:

Таблица –
 номер название таблицы

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения: "Таблица В.1". Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Таблицу, в зависимости от её размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на неё, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа. Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, её делят на части, помещая одну часть над другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют её головку и боковик. При делении таблицы на части допускается её головку и боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово "Таблица" указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями слева пишут слова "Продолжение таблицы" с указанием номера таблицы. Допускается эти слова не указывать при использовании компьютерной программы подготовки текста.

Если в конце страницы таблица прерывается и её продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, допускается не проводить.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют головку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией, или линией удвоенной толщины.

Графу "Номер по порядку" в таблицу включать не допускается. Если все показатели, приведённые в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то её обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой её частью.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрации, например, D – диаметр, H – высота, L – длина.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, при первом повторении его заменяют словами "То же", а при втором, третьем и т.д. повторениях – кавычками.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных документов, марок материалов, типоразмеров изделий не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире).

Цифры в графах таблицы должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

При наличии небольшого по объёму цифрового материала его нецелесообразно оформлять таблицей, а следует давать текстом, располагая цифровые данные в виде колонок (выводов). Например:

Относительный показатель износа для различных материалов	
марганцовистая сталь.....	1
углеродистая сталь марки 50	3,28
наплавка сормайтот марки № 1.....	0,7

2.3.5 Оформление списка использованных источников

Список должен содержать перечень литературных источников (учебников, учебных пособий, справочников, нормативных документов, периодических изданий, электронных ресурсов и т.д.), использованных при выполнении дипломного проекта. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003.

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на них в тексте пояснительной записки, нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. В тексте ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках. Например, [5], [7, 8, 9].

Структурный элемент «Список использованных источников» размещают после основной части пояснительной записки, перед приложениями и не нумеруют. Заголовок «Список использованных источников» записывают в верхней части страницы, посередине, с прописной буквы и выделяют полужирным шрифтом (16 пт.).

В соответствии с ГОСТ 7.1 в состав библиографического описания входят всего восемь областей, из которых для составления списка использованных источников в пояснительной записке достаточно использовать четыре области:

- область заглавия и сведений об ответственности;
- область издания;
- область выходных данных;
- область физической характеристики.

К элементам области описания, обеспечивающим идентификацию использованных в дипломном проектировании источников, следует отнести:

- основное заглавие, общее обозначение материала, сведения, относящиеся к заглавию, сведения об ответственности и первые сведения;
- сведения об издании;
- название места издания, наименование или имя издателя, дата издания;
- сведения об объёме (пагинации) издания, времени воспроизведения диска,

кассеты, о количестве кадров, а также сведения о сопроводительном материале.

Для более чёткого разделения областей и элементов, а также для различения предписанной и грамматической пунктуации применяют пробелы в один печатный знак до и после предписанного знака. Исключение составляют точка и запятая – пробелы оставляют только после них.

Круглые и квадратные скобки рассматривают как единый знак, предшествующий пробел находится перед первой (открывающейся) скобкой, а последующий пробел – после второй (закрывающейся) скобки.

Основное заглавие может быть тематическим (например, технологические процессы восстановления) или типовым (например, труды, атлас, лекции т.п.).

Если в качестве заголовка записи использована фамилия первого из указанных в сведениях об ответственности лиц, то она отделяется запятой от приведённых далее инициалов. Например, Сидоров, И. И.

Общее обозначение материала определяет класс материала, к которому принадлежит объект описания, и приводится в квадратных скобках, после нового заглавия. Например, [Текст], [Электронный ресурс], [Видеозапись], [Изоматериал], [Карты], [Кинофильм], [Звукозапись], [Мультимедиа], [Комплект].

Сведениям, относящимся к заглавию, предшествует знак двоеточие. Например, [Текст] : учебник; [Текст] : справочник.

Первым сведениям об ответственности предшествует знак косая черта; последующие группы сведений отделяют друг от друга точкой с запятой.

Однородные сведения внутри группы отделяют запятыми. Например, / сост. И. И. Петров ; под общ. ред. И. И. Сидорова, И. И. Иванова.

Сведения об ответственности, включающие до трёх лиц или организаций, приводят полностью после знака косая черта (инициалы предшествуют фамилиям). При наличии информации о четырёх и более лицах и (или) организациях их количество можно ограничить указанием первого из каждой группы с добавлением в квадратных скобках сокращения «и другие» [и др.]. Например, / Л. Л. Кофанов [и др.]; отв. ред. А. А. Лютый [и др.].

Сведения об издании обычно содержат слово «издание» или заменяющие его

слова «версия», «вариант», «выпуск», «редакция», «репринт» и т. п. или эквиваленты на других языках. Порядковый номер записывают арабскими цифрами с добавлением окончания согласно правилам грамматики. Кроме того, записывают и имеющиеся дополнительные сведения, отделяя их от предыдущих сведений запятой.

Например:

- . – Изд. 6-е, испр. и доп.
- . – 7-е изд., стер.
- . – 2-я ред.

Название места издания приводится без сокращения, за исключением Москвы (М.), Ленинграда (Л.) и Санкт-Петербурга (СПб.). Имя (наименование) издателя приводят после сведений о месте издания и отделяют двоеточием. Сведения приводят в краткой форме, обеспечивающей его понимание и идентификацию. Например, Оренбург : ОГУ. Сведения о форме собственности издателя (АО, ООО и т. д.), как правило, опускают.

В качестве даты издания приводят год публикации источника. Год указывают арабскими цифрами, ему предшествует запятая. Например, Оренбург : ОГУ, 2012.

Сведения об объёме (пагинации) издания являются, как правило, последним элементом библиографического описания. Например, сведения об издании объёмом 186 с. приводятся в виде:

- . – 186 с.

При необходимости, в круглых скобках может быть указано время воспроизведения, количество кадров и т. п.

- . – 1 зв. Кассета (50 мин)
- . – 2 зв. диска (1 час 30 мин)
- . – 1 мфиша (150 кадров).

Сведения о сопроводительном материале, предваряемые знаком плюс, приводят при его наличии и необходимости, например:

- . – 64 с. + 2 электрон, опт. диска
- . – 1 электрон, опт. диск (CD-ROM) + Инструкция для пользователя (12 с.).

Для библиографических записей составных частей документов (например, статей из журналов, нумерованных сборников, бюллетеней и др. сериальных и продолжающихся ресурсов) применяют аналитическое библиографическое описание. Оно включает заглавие статьи (как составной части документа), сведения об ответственности, соединительный элемент в виде знака две косые черты с пробелами до и после него, сведения об идентифицирующем документе (журнале, сборнике и т.д.), сведения о местоположении составной части (статьи) в документе.

Наиболее типичные примеры библиографических записей приведены в приложении М [18].

2.3.6 Оформление приложений

Материал, дополняющий текст пояснительной записки, рекомендуется помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчёты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.

Приложение оформляют как продолжение пояснительной записки на последующих её листах.

Приложения могут быть обязательными и информационными.

Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки, при этом степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте пояснительной записки.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной (заглавной) буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Если в пояснительной записке одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения, а перед номером ставят обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью пояснительной записки сквозную нумерацию страниц.

Все приложения с указанием их номеров и заголовков должны быть перечислены в разделе «Содержание» пояснительной записки.

2.4 Оформление графической части дипломного проекта

Графическая часть дипломного проекта сопровождает и развивает пояснительную записку, выполняется на листах формата А1 (594 x 841 мм) в объёме от 9 до 12 листов и содержит следующие данные:

- рабочие и сборочные чертежи узлов и деталей, на которые разрабатываются технологические процессы;
- графический документ на заготовку;
- эскизы механической обработки (графическая технология);
- чертежи технологической оснастки (технологическое или контрольное приспособление);

– графики результатов исследований.

Содержание листов графической части проекта указывается в задании. Все чертежи должны выполняться в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

При выполнении графической части проекта следует, прежде всего, определить форматы и основные надписи. ГОСТ 2.301–68 устанавливает основные и дополнительные форматы чертежных листов.

Основную надпись наносят на каждом листе графических документов дипломного проекта и на листах спецификации. Основная надпись выполняется по ГОСТ 2.104–2006. Формы основных надписей приведены в приложении Д.

Масштабы изображений и их обозначение на чертежах устанавливает ГОСТ 2.302–68. Рекомендуемый масштаб изображения 1:1. Для мелких и крупных деталей и узлов масштаб должен быть увеличен или уменьшен с таким расчетом, чтобы детали были хорошо видны на чертеже.

Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1 и т.д.

Масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5 и т.д.

При любом масштабе изображения изделия над размерными линиями указывают только его действительные размеры.

Согласно ГОСТ 2.303–68 на чертежах применяют 9 типов линий. Основной линией чертежа считается сплошная линия видимого контура изделия, толщина которой (в зависимости от размеров и сложности изображения и от формата чертежа) должна быть в пределах от 0,5 мм до 1,4 мм. Толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Выполнение конструкторской разработки в проекте должно осуществляться по следующим стадиям:

- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая конструкторская документация.

Рабочая конструкторская документация состоит из двух частей – графической

и текстовой. Графическая часть включает следующие чертежи:

- чертёж детали;
- сборочный чертёж;
- монтажный чертёж;
- габаритный чертёж;
- чертёж-схема.

Чертёж-схема – это документ, на котором в виде условных изображений и обозначений представлены составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.701–2008). В зависимости от входящих в состав изделия элементов схемы подразделяются на следующие виды: электрические, гидравлические, пневматические, кинематические, оптические, вакуумные, газовые, автоматизации.

Правила выполнения различных схем приведены в стандартах:

- электрические схемы в ГОСТ 2.702–2011;
- кинематические схемы в ГОСТ 2.703–2011;
- гидравлические и пневматические схемы в ГОСТ 2.704–2011.

Схемы выполняются на чертёжных листах стандартных форматов.

Спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса, комплекта.

Спецификация представляет собой таблицу, графы которой заполняются определённым образом. В графе "Формат" указывается номер формата чертёжного листа, на котором выполнен чертёж изделия (сборочная единица, деталь). Графу не заполняют на изделия, на которые чертежи не разрабатываются.

В графе "Зона" указывают номер зоны, в которой находится номер позиции составной части изделия, если чертёж разделён на зоны.

В графе "Поз." записывают номера в порядке их возрастания. Разделам "Документация", "Комплексы", "Комплекты" и графам в них номера не присваивают.

В графе "Наименование" указывают: для документов – только их наименование, например: "Сборочный чертёж", "Габаритный чертёж" и т.д.; для сборочных единиц и деталей – их наименование в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий; для стандартных изделий и материалов – их наименования и

условные обозначения в соответствии со стандартами.

В графе "Кол." указывают: для составных частей изделия – их количество на одно специфицируемое изделие; для материалов – количество материала на одно изделие с указанием единиц измерения.

В графе "Примечание" указывают дополнительные сведения, относящиеся к изделиям, документам, материалам, внесённым в спецификацию.

При выполнении чертежей необходимо руководствоваться ГОСТ 2.307–2011, который устанавливает общие правила нанесения на изображения изделий линейных и угловых размеров с предельными отклонениями.

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинальных размеров. Для линейных размеров они могут быть указаны одним из трех способов:

– условными обозначениями полей допусков по ГОСТ 25346–89, например: $30e7$, $80H7$;

– числовыми значениями предельных отклонений, например: $46+0,036$; $12-0,052$; $40+0,025$;

– условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, например:

$$12f9_{-0,059}^{-0,016}.$$

Для многократно повторяющихся размеров невысокой точности предельные их отклонения после номинального размера можно не указывать. В этом случае их оговаривают записью в технических требованиях, например: Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных $\pm IT14/2$.

ГОСТ 25347–82 устанавливает рекомендуемые посадки в системе отверстия и системе вала. В таблице 2.1 приведены посадки, образованные из полей допусков отверстий.

Таблица 2.1 – Рекомендуемые посадки в системе отверстия

Рекомендуемые посадки													
с зазором					переходные					с натягом			
$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H11}{h5}$	$\frac{H7}{h1}$	$\frac{H8}{h1}$	$\frac{H7}{js2}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$

Выбор и назначение посадок осуществляется, чаще всего, на основе расчётов с учётом опыта эксплуатации подобных соединений. Посадки $H7/h6$; $H7/h7$; $H8/h7$; $H8/h8$ характерны нулевым гарантированным зазором, рекомендуются применять для установки сменных зубчатых колёс в станках, сменных кондукторных втулок, центрирующих корпусов под подшипники качения в автомобилях и т.п.

Посадки $H5/g4$; $H6/g5$; $H6/g6$; $H7/g7$ с минимальным гарантированным зазором применяют в подвижных соединениях, где необходимо обеспечить либо плотность, либо герметичность. Переходные посадки применяют в неподвижных соединениях, чаще всего для обеспечения центрирования и соосности. Теоретически переходные посадки могут быть как с зазором, так и с натягом, вероятность зазора выше в посадке H/js , а в посадке H/n выше вероятность натяга.

Посадки $H5/n4$; $H6/n5$; $H7/n7$ используют для получения неподвижных соединений, воспринимающих вибрации, удары, работающие при относительно высоких температурах, с целью обеспечения центрирования.

Посадки с гарантированным натягом ($H7/u7$; $H8/u8$; $H8/x8$) применяют для передачи крутящих моментов и восприятия осевых сил без дополнительных средств крепления.

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей с относительно малыми шагами и рассматриваемые на определённой длине. Шероховатость характеризует поверхность, однако определяется на длине, а не на поверхности, и даже не на всей длине, а на определённой (так называемой базовой) длине.

Требования к шероховатости поверхности устанавливают исходя из функционального назначения поверхности, однако они не включают требований к дефектам поверхности (раковины, трещины) и к физико-механическим свойствам поверхностного слоя.

ГОСТ 2789–73 распространяется на шероховатость поверхности изделий. Числовые значения параметров шероховатости Ra приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Среднее арифметическое отклонение профиля Ra
В микрометрах

<u>100</u>	10,0	1,00	<u>0,100</u>	0,010
80	8,0	<u>0,80</u>	0,080	0,008
63	<u>6,3</u>	0,63	0,063	–
<u>50</u>	5,0	0,50	<u>0,050</u>	–
40	4,0	<u>0,40</u>	0,040	–
32	<u>3,2</u>	0,32	0,032	–
<u>25</u>	2,5	0,25	<u>0,025</u>	–
20	2,0	<u>0,20</u>	0,020	–
16,0	<u>1,60</u>	0,160	0,016	–
<u>12,5</u>	1,25	0,125	<u>0,012</u>	–

Примечание – Предпочтительные значения подчёркнуты

3 Роль и структура машиностроительного производства

3.1 Понятие о производственной системе и производственном процессе

Производственная система представляет собой совокупность технологического оборудования с системой обеспечения функционирования производства, предназначенную для изготовления изделий определённой номенклатуры.

Организационная структура производственной системы содержит следующие уровни: завод, цех, участок и линия.

Производственная система, включающая комплекс производственных участков и вспомогательных подразделений, предназначена для изготовления продукции требуемого качества и заданной программы выпуска с наименьшими затратами. Структуру и параметры производственной системы выбирают при проектировании в зависимости от сложности и разнообразия конструкций изготавливаемых изделий, объёма их выпуска и условий производства.

Производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продук-

ции. Любое производство имеет иерархическую структуру, а, следовательно, и процессы, происходящие в нём, также должны иметь аналогичную структуру. Таким образом, можно говорить о производственном процессе целого завода или его цеха, отдела, службы, участка, вплоть до самой мелкой структурной единицы в виде технологической системы, станка, установки. Однако и этого дополнения еще недостаточно, чтобы представить всю технико-организационную структуру производственного процесса, а также комплекс его характеристик и показателей.

Рассмотрим модель производственного процесса. В ней присутствуют следующие элементы: предмет труда – заготовка; продукт труда – деталь; технологическая система (ТС) (рисунок 3.1).

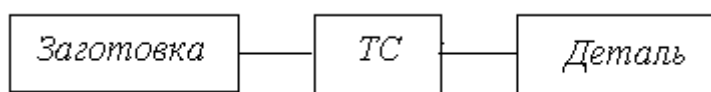


Рисунок 3.1 – Модель производственного процесса

Эта модель позволяет дать следующее развёрнутое определение производственного процесса: технически и организационно упорядоченное воздействие средств труда и труда людей на предмет труда с целью получения требуемого продукта труда и осуществление всех сопутствующих этому действий, обеспечивающих функционирование производственного подразделения в требуемом режиме.

Обычно производственный процесс того или иного подразделения соотносят с основной продукцией. С ней же связывают и систему показателей. На этом же основании вводят деление данного процесса на основные и вспомогательные процессы. Под основными понимают те процессы, которые связаны с качественными преобразованиями основного предмета труда; остальные процессы считают вспомогательными, т. е. обслуживающими основной. Часто на производстве отождествляют понятие вспомогательного процесса с понятием второстепенного. Следствием этого является недооценка важности этих процессов при функционировании производственного процесса и возникновение социальных, экологических и других проблем. Каждый производственный процесс имеет внутреннее строение, т. е. совокупность взаимосвязанных технологических процессов.

К основным этапам производственного процесса могут быть отнесены следующие: получение и складирование заготовок, доставка их к рабочим позициям (местам), различные виды обработки, перемещение полуфабрикатов между рабочими позициями (местами), контроль качества, хранение на складах, сборка изделий, испытание, регулировка, окраска, отделка, упаковывание и отправка.

Различные этапы производственного процесса на машиностроительном заводе могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе. В первом случае производственный процесс изготовления продукции делят на части и соответственно называют производственным процессом, выполняемым, например, в заготовительном, сборочном, механическом цехе и т. д. Во втором случае процесс называют комплексным производственным.

Производственные системы с изменяемой архитектурой. В настоящее время появился новый тип производства – производственные системы с изменяемой архитектурой, так называемые РПС (RMS) – «реконфигурируемые производственные системы» (Reconfigurable Manufacturing System). Этот тип производства переводит обрабатывающие фирмы в положение, соответствующее XXI веку, и окажет такое же влияние на промышленность, как массовое и мелкосерийное производство в XX веке.

Цель создания РПС – иметь производственное оборудование и системы управления для экономичного оперативного реагирования в связи с изменяющимся спросом на продукцию на рынке. Новый принцип реконфигурируемого производства позволяет иметь оборудование с необходимыми функциями и мощностью точно в нужное время.

Определение «изменения архитектуры» (реконфигурация) означает способность регулировать производственную мощность и функциональность производственной системы в соответствии с новыми условиями, путём изменения компоновки оборудования или компонентов системы. «Компонентами» могут быть станки и конвейеры во всей системе, механизмы в отдельных станках, новые датчики или новые алгоритмы работы контроллера. «Новыми условиями» могут быть изменения спроса на продукцию, производство нового изделия на существующей системе или

интегрирование нового технологического процесса в существующие производственные системы.

Реконфигурируемые системы реализуют принцип открытости, т. е. их можно усовершенствовать и повышать их уровень вместо того, чтобы заменять. Они являются гибкими не только в смысле изготовления разных деталей, но также в смысле изменения характера функционирования самой системы. Ключевым условием является то, что система такого типа изначально должна быть запроектирована с возможностью изменения конфигурации, и должна состоять из основных аппаратных и математических модулей, которые можно соответственно размещать быстро и надежно.

РПС позволяет построить систему изначально экономичную и быстро адаптирующуюся к изменению производительности и функциональности её станков. Потенциальная экономичность и быстрая адаптация реализуется благодаря соединению гибкости конфигураций, управляемых от ЧПУ с высокой производительностью специализированных линий по системной методике и проектированию станков с изменяемой конструкцией соответственно обрабатываемым группам деталей.

Объединение различных технологий снятия припуска. Традиционные станочные технологии основаны на механической обработке металла резанием, т. е. на снятии определённого припуска, чтобы получить из заготовки деталь нужного размера и качества. В основе существующих сложных или многофункциональных станков всё ещё находится обработка резанием. При этом для сокращения числа станков и повышения эффективности обработки предлагается сочетание различных операций резания.

В настоящее время для повышения производительности и точности по сравнению с традиционными технологиями на базе обработки резанием намечается тенденция дальнейшего объединения или согласования между собой термической, химической или электрохимической обработки. Разработаны станки, в которых сочетается лазерная обработка и механическое фрезерование. На некоторых из них имеется возможность химико-механического полирования.

Наблюдается тенденция роста использования обработки металлов давлением,

которая не связана с образованием и удалением стружки. В этом случае стоит задача дополнительного повышения точности обработки или роста производительности. Эта тенденция приведёт к уменьшению потребности в металлорежущих станках.

Будет расширяться и диапазон использования электроискровой обработки, так как часть припуска будет экономически выгодно удалять этим способом. Одновременно на металлообрабатывающих предприятиях проводятся исследования, обеспечивающие дальнейшее совершенствование технологий сварки и запрессовки.

Расширение технологических возможностей как вертикальных, так и горизонтальных токарных станков происходит благодаря внедрению агрегатно-модульного принципа построения, что позволяет осуществить практическое слияние во многих станках токарной обработки с фрезерной и частично со шлифованием. Это происходит и у шлифовальных станков, многим из которых придают функции токарных, например, точение закаленных деталей. Таким образом, развитие многофункциональных станков с различной комбинацией функций в зависимости от сложности и серийности обрабатываемых заготовок становится одним из важнейших направлений развития станкостроения.

К станкам, способным обеспечить высокий уровень обработки, который нельзя получить методами различных видов давления, относятся прецизионные станки для обработки штампов и высокоточные зуборезные станки. В развивающемся автоматизированном машиностроении прогнозируется рост потребности в станках для изготовления штампов, пресс-форм, так как все шире будут использоваться чистовые и получистовые методы обработки давлением. Поэтому нужно ожидать увеличение количества разработок высокоточных и высокопроизводительных станков для производства штампов.

3.2 Машиностроительное предприятие, типы и виды производства

Машиностроительные предприятия состоят из отдельных производственных единиц, цехов и различных служб.

Структурной основой машиностроительного предприятия является *цех*, пред-

ставляющий собой совокупность производственных участков. *Производственный участок* объединяет группу рабочих мест, организованных по предметному, технологическому или предметно-технологическому принципам.

Рабочее место – элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда.

Производственные единицы машиностроительного предприятия можно разделить на следующие группы:

– *заготовительные* цехи (чугунолитейные, сталелитейные, литейные цветных металлов, кузнечные, кузнечно-прессовые, прессовые, кузнечно-штамповочные и др.);

– *обрабатывающие* цехи (механические, термические, холодной штамповки, деревообрабатывающие, металлопокрытий, сборочные, окрасочные и др.);

– *вспомогательные* цехи (инструментальные, ремонтно-механические, электроремонтные, модельные, экспериментальные, испытательные и др.);

– *складские устройства* (для металла, инструмента, формовочных и шихтовых материалов, принадлежностей и разных материалов, готовых изделий, топлива, моделей и др.);

– *энергетические* службы (электростанция, теплоэлектроцентраль, компрессорные и газогенераторные установки);

– *транспортные* службы;

– *санитарно-технические* службы (отопление, вентиляция, водоснабжение, канализация);

– *общезаводские* учреждения и службы (центральная заводская лаборатория, технологическая лаборатория, центральная измерительная лаборатория, главная контора, медпункт, амбулатория, устройства связи, столовая и др.).

Состав цехов, устройств и сооружений завода определяется назначением выпускаемой продукции, характером технологических процессов, требованиями к качеству изделий и другими производственными факторами, а также в значительной мере степенью специализации производства и кооперирования предприятия с дру-

гими предприятиями и смежными производствами.

Специализация означает сосредоточение большого объёма выпуска строго определённых видов продукции на каждом предприятии.

Кооперирование предусматривает обеспечение заготовками (отливками, коваными и штампованными заготовками), комплектующими агрегатами, различными приборами и устройствами, изготавливаемыми на других специализированных предприятиях.

Если предприятие получает отливки в порядке кооперирования, то в его составе не будет литейных цехов. Так, некоторые станкостроительные заводы получают отливки со специализированных литейных заводов, снабжающих потребителей отливками в централизованном порядке.

Состав энергетических и санитарно-технических служб предприятия также может быть различным, в зависимости от возможности кооперирования с другими промышленными и коммунальными предприятиями по снабжению газом, паром, сжатым воздухом, в части обслуживания транспортом, водопроводом, канализацией и т. д.

Дальнейшее развитие специализации и в связи с этим широкое кооперирование предприятий оказывают значительное влияние на производственную структуру предприятий машиностроения. Во многих случаях в составе машиностроительных предприятий не предусматриваются литейные и кузнечно-штамповочные цехи, цехи по изготовлению крепёжных деталей и т. п., так как заготовки, метизы и другие детали поставляются специализированными заводами. Многие заводы массового производства в порядке кооперирования со специализированными заводами также могут снабжаться готовыми узлами и агрегатами (механизмами) для выпускаемых машин; например, автомобильные и тракторные заводы – готовыми двигателями.

Машиностроительное предприятие характеризуется также установленной программой выпуска продукции. *Программа выпуска продукции* – это установленный для данного предприятия 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.

Под *единичным производством* машин, деталей или заготовок понимают изготовление их, характеризующее малым объёмом выпуска. При этом в дальнейшем их повторное изготовление и ремонт по неизменяемым чертежам, как правило, не предусматривается. Так, выпуск экспериментальных образцов машин, прессов, нестандартного оборудования и т. п. относят к единичному производству.

Под *серийным производством* машин, деталей или заготовок понимают их изготовление или ремонт по неизменяемым чертежам периодически повторяющимися партиями в течение продолжительного промежутка времени. В свою очередь серийное производство в зависимости от количества изделий в партии подразделяют на *мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное*.

Примерами продукции серийного производства являются металлорежущие станки, насосы, компрессоры, судовые дизели и т. п., выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под *массовым производством* машин, деталей или заготовок понимают их непрерывное изготовление или ремонт в больших объёмах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция.

Для массового производства характерным является узкая номенклатура и

большой объём выпуска изделий. Продукцией массового производства являются автомобили, тракторы, велосипеды, электродвигатели, швейные и стиральные машины, телевизоры и пр.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объёмом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук в год является единственным производством, поскольку их повторное изготовление не планируется.

В то же время изготовление в течение года лишь нескольких единиц тяжёлого металлургического оборудования, например прокатного стана, можно считать серийным производством, если их выпуск по неизменяемым чертежам будет повторяться.

Об условности деления производства на три типа свидетельствует и то, что обычно на одном и том же предприятии, а нередко в одном и том же цехе одни изделия изготавливают единицами, другие – периодически повторяющимися партиями, третьи – непрерывно.

Следовательно, на одном и том же предприятии и даже в одном цехе могут быть совмещены три типа производства. Поэтому отнесение производства на конкретном предприятии или в цехе к одному из типов обычно делается по преобладающему типу производства.

Ориентировочно тип производства можно установить по таблице 3.1 в зависимости от объёма выпуска и размеров (массы) изготавливаемых изделий.

Таблица 3.1 – 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

Тип производства определяют также по числовому значению коэффициента $K_{3.0}$ закрепления операций

$$K_{3.0} = Q/P,$$

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

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

Принято: $20 < K_{3.0} \leq 40$ – мелкосерийное производство; $10 < K_{3.0} \leq 20$ – среднесерийное производство; $1 < K_{3.0} \leq 10$ – крупносерийное производство; $K_{3.0} = 1$ – массовое производство.

По значению $K_{3.0}$ принимают решение о типе производства. Если, например, $K_{3.0} \approx 1$, то производство – массовое.

Решение по типу производства, установленное с помощью коэффициента $K_{3.0}$, сравнивают с типом производства, выбранным по таблице 3.1. При несовпадении решений следует принять тип производства, выбранный по коэффициенту закрепления операций.

Машиностроительное производство характеризуется не только типом производства, но и видом производства и методом работы.

Вид производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия. Так, примерами видов производства являются кузнечное, штамповочное, литейное, сварочное и т. д.

В машиностроении применяют два метода работы: поточный и непоточный. *Поточный метод* работы наиболее полно реализуется в одноименном производстве. Поточное производство характеризуется расположением средств технологического оснащения (СТО) в последовательности выполнения операций технологического процесса и определённым интервалом выпуска изделий, называемым тактом выпуска. Поточный метод в форме непрерывного потока характерен для массового и крупносерийного производств.

Для мелкосерийного и единичного производств характерен *непоточный метод* работы, когда использование поточного метода невозможно из-за незначитель-

ных 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.

3.3 Понятие о технологической системе и технологическом процессе

Технологическая система является частью производственной системы, включающая 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:

- 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.

Проектный ТП – процесс, выполняемый по предварительному проекту технологической документации для проверки способов изготовления изделий, подлежащих постановке на производство в перспективе.

Временный ТП – процесс, применяемый на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия надлежащего оборудования или в связи с аварией до замены на более современный.

Стандартный ТП – процесс, установленный стандартом.

Маршрутное описание технологического процесса – сокращённое описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса – сокращённое описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности

их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Операционное описание технологического процесса – полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

3.4 Структура технологического процесса изготовления изделия

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

В организационном смысле технологическая операция является основным элементом производственного планирования и учёта: на выполнение операций устанавливаются нормы времени и расценки, по операциям определяют трудоёмкость и себестоимость процесса, необходимое количество производственных рабочих и средств технологического оснащения.

Необходимость деления технологического процесса на операции порождается физическими и экономическими причинами.

К *физическим* причинам относятся, в частности, невозможность обработки заготовки, например, с шести сторон на одном рабочем месте или необходимость разделения обработки заготовки резанием на предварительную и окончательную обработку, чтобы между ними провести термическую обработку, и т.п.

Экономическими причинами деления технологического процесса на операции могут быть, например, нецелесообразность создания специального и дорогостоящего станка, позволяющего совмещать на одном рабочем месте множество способов механической обработки. При сборке большого числа одинаковых машин узкая специализация рабочих в выполнении операций обеспечивает высокую производительность труда и позволяет использовать труд рабочих низкой квалификации.

Примерами операций могут служить обработка плоских поверхностей заготовки корпусной детали на фрезерном станке или растачивание, зенкерование и раз-

вёртывание отверстий в той же заготовке на горизонтально-расточном станке. Операциями технологического процесса сборки машины могут быть установка передней бабки токарного станка на станине или проверка положения оси вращения шпинделя относительно направляющих станины и т. п.

Содержание операции определяется многими факторами и, прежде всего, факторами организационного и экономического характера. Диапазон работ, входящих в состав операции, может быть очень широким. Например, операцию может составлять обработка всего лишь одного шпоночного паза в валике на вертикально-фрезерном станке. И в то же время изготовление сложной корпусной детали на автоматической линии, состоящей из нескольких десятков станков, будет являться также операцией.

Для того, чтобы иметь возможность представить структуру операции и учесть затраты времени на её выполнение, требуется расчленение операции на отдельные части, называемые технологическими переходами (рисунок 3.2).

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

Определение этого понятия можно также уточнить следующей формулировкой: переход – это законченная часть операции по технологическому воздействию на объект производства или выполнению вспомогательных действий. 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*.

Применительно к обработке резанием *основной переход* представляет собой законченный процесс получения каждой поверхности заготовки (детали) при обработке одним режущим инструментом.



Рисунок 3.2 – Структура технологического процесса

Например, основными переходами будут являться получение поверхности сквозного отверстия в детали при обработке спиральным сверлом, получение плоской поверхности детали фрезерованием и т. п. Последовательная обработка одного и того же отверстия в корпусной детали расточным резцом, зенкером и развёрткой будет состоять соответственно из трёх основных переходов, поскольку обработка каждым инструментом будет давать новую поверхность. Одновременная обработка трёхступенчатого отверстия в корпусной детали блоком резцов будет представлять собой совмещение трёх основных переходов, выполняемых с помощью одного комбинированного инструмента, обеспечивающего получение сочетания поверхностей.

Примерами основных переходов в сборочных процессах могут служить работы, связанные с соединением отдельных деталей машины: приданием им требуемого относительного положения, проверкой достигнутого положения и его фиксацией с помощью крепёжных деталей. При этом постановку каждой крепёжной детали (например, винта) следует рассматривать как отдельный основной переход, а одновременное завинчивание нескольких винтов с помощью многошпиндельного винтовёрта – как совмещение основных переходов.

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.

Переход применительно к операции механической обработки поверхности заготовки может быть выполнен в результате удаления с неё одного или нескольких слоёв материала, снимаемых один за другим одним и тем же инструментом. В первом случае говорят о переходе, выполняемом за один рабочий ход, во втором – за несколько рабочих ходов.

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*.

После выполнения каждого рабочего хода на заготовке образуется новая поверхность. Однако переход будет завершён лишь по осуществлении всех рабочих ходов, необходимых для достижения требуемого результата. Например, переход при обработке шейки вала шлифованием с продольной подачей осуществляется в результате выполнения значительного числа рабочих ходов.

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

Приём представляет собой законченную совокупность действий, направлен-

ных 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.

Расчленение перехода на отдельные приёмы весьма условно и не во всех случаях целесообразно. Например, приёмы, связанные с установкой заготовки роботом, удобнее считать самостоятельными переходами и рассматривать их в виде составных частей операции по обработке заготовки. К этому побуждает необходимость дальнейшего членения действий. Например, действие по взятию заготовки из тары складывается из подведения схвата робота к заготовке, придания схвату движения, захвата заготовки и контроля надёжности захвата.

Чтобы иметь возможность обработать заготовку, её надо установить и закрепить в приспособлении, на столе станка или другом виде оборудования. При сборке то же самое следует проделать с деталью, к которой должны быть присоединены другие детали. Процесс придания требуемого положения и закрепления заготовки, детали в приспособлении, на столе станка и другом виде оборудования получил название *установки*.

В зависимости от конструктивных особенностей изделия и содержания операции последняя может быть выполнена либо с одной, либо с нескольких установок объекта производства. Например, полная обработка заготовки вала на токарном станке может быть осуществлена только с двух установок заготовки в центрах станка, так как, обработав заготовку с одной стороны, её необходимо открепить, перевернуть и установить в новом положении для обработки с другой стороны.

Для выполнения отдельных частей операции или технологического процесса в целом бывает необходимым перемещение объекта производства в пространстве вместе с приспособлением. Каждое новое фиксированное положение объекта производства совместно с приспособлением, в котором объект установлен и закреплён, называют *рабочей позицией*, или кратко *позицией*.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. Например, к наладке относятся уста-

новка 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 *трудоёмкостью*. Единицей измерения трудоёмкости служит *человеко-час*.

Изготовление изделия в целом или выполнение отдельной операции занимает определённое календарное время. Отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся технологической операции (или изготовления изделия) от начала до её конца, называют *циклом*.

В соответствии с этим различают *цикл операции* (отрезок календарного времени от начала до конца операции), *цикл изготовления детали* (отрезок календарного времени от начала первой до окончания последней операции изготовления детали), *цикл изготовления машины* (отрезок календарного времени, начиная от запуска в производство заготовки первой детали до окончания упаковки готовой машины).

3.5 Средства технологического оснащения производства

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

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* включают средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определённой части технологического процесса. Так, к технологической оснастке относятся: 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.

3.6 Общая структура технологического процесса изготовления деталей

3.6.1 Деталь как структурная единица изделия

Деталь представляет собой изделие, изготовленное из однородного (по наименованию и марке) материала, без применения сборочных операций и не имеющее составных частей. Таким образом, деталь является неспецифицирован-

ным изделием и входит как структурная единица в такие специфицированные изделия, имеющие составные части, как сборочная единица, комплекс и комплект. Например, деталями являются валик из стали заданной марки, литой корпус, пластина из биметаллического листа, маховичок из пластмассы (без арматуры).

Деталими являются также изделия, подвергнутые защитным или декоративным покрытиям (независимо от вида, толщины и назначения покрытия) или изготовленные из одного куска материала с применением местной сварки, пайки, склеивания и т. д. Например, винт, подвергнутый хромированию, или трубка, сваренная либо спаянная из одной заготовки листового проката.

Базовая деталь – это деталь, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней сборочные единицы или другие детали.

Основным способом представления детали является её плоское и (или) пространственное графическое изображение – чертёж детали, выполненный с соблюдением всех требований, установленных стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

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.

Упаковочный чертёж детали содержит данные, необходимые для её упаковки, если в этом есть необходимость.

Другие виды графических конструкторских документов (сборочный чертёж, чертёж общего вида, а также теоретический, габаритный и монтажный чертежи), содержащие изображения сборочных единиц и определяющие конструкцию изделий, их геометрическую форму, координаты расположения составных частей, габаритные, установочные и присоединительные размеры, позволяют составить представление о детали, если на предприятии признано нецелесообразным разрабатывать и оформлять отдельные рабочие чертежи деталей.

Кроме того, информацию о требованиях к детали, её изготовлению, контролю и приёмке можно найти в текстовом конструкторском документе с кодом ТУ (технические условия).

3.6.2 Точность изготовления деталей машин и нанотехнология

Под *точностью деталей* машин понимают степень соответствия параметров изготовленной детали данным чертежа или её прототипу. Различают точность, достигаемую при изготовлении деталей, и точность машины или соединения, достигаемые при сборке. Точность является важнейшим показателем качества деталей машин. Понятие точности распространяется на все показатели качества как деталей, так и машин в целом. Чаще всего имеют дело с точностью геометрических параметров.

Точность геометрических параметров представляется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали. Поскольку абсолютных значений показателей качества достичь нельзя, оценивают значение погрешностей параметров.

Допустимая погрешность, т.е. *допуск* представляет собой разность между наибольшим и наименьшим предельным значением параметра качества, например, размера.

Под *погрешностью обработки* понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного.

Функциональные допуски устанавливают исходя из допустимых отклонений

эксплуатационных показателей машины или детали.

Конструкторские допуски устанавливают на основе анализа работы машины с учетом затрат на её изготовление и последующую эксплуатацию.

Технологическими допусками называют допуски на промежуточные значения параметров (например, допуски размера, формы и др.) в ходе технологических процессов. К технологическим относятся и допуски, назначаемые для последних (финишных) переходов технологических процессов. Технологические допуски конкретной детали, соединения или машины должны быть не больше конструкторских. В противном случае технологический процесс надо пересмотреть.

Точность размеров различных поверхностей деталей должна соответствовать допускам. Например, фактические отклонения диаметров деталей, глубины и диаметров отверстий, различных углов и т. п. могут колебаться лишь в соответствии со значениями допусков.

По назначению размеры относят к различным группам. *Координирующие размеры* используют для определения взаимного расположения поверхностей деталей, а также осей. Координирующие размеры часто увязывают между собой различные поверхности деталей.

Сборочные размеры определяют положение одних элементов машин относительно других. Иногда вводят технологические размеры, которые оказываются необходимыми при изготовлении деталей и их контроле.

Точность форм оценивают отклонением реальных поверхностей деталей от геометрических. Например, отклонение от круглости цилиндрической детали в данном её сечении оценивается отклонением реальной поверхности от прилегающей окружности. Аналогично оценивается отклонение от цилиндричности, плоскостности и др.

Точность деталей оценивается также отклонениями расположения их поверхностей, т. е. отклонениями реального расположения поверхностей от номинального. Каждое из отклонений расположения поверхностей имеет свое точное определение и методику оценки.

Каждому методу обработки при изготовлении деталей соответствует опреде-

ленная допустимая точность. И наоборот, по достигаемой точности можно определить метод обработки.

Допуски и основные отклонения системы допусков и посадок для размеров регламентируются ГОСТ 25346–89; *допуски формы и расположения* поверхностей деталей – ГОСТ 24642–81 и ГОСТ 24643–81.

В справочной литературе приводятся таблицы, которые содержат ориентировочные данные по точности для различных методов обработки, полученные систематизацией непосредственных наблюдений в производственных условиях. Указанные таблицы содержат, в частности, данные о точности и параметрах поверхностного слоя при обработке наружных цилиндрических поверхностей и отверстий, данные о точности расположения осей отверстий при растачивании.

Каждому методу обработки соответствует определённый диапазон квалитетов допусков размеров, степеней точности формы, параметров шероховатости R_a и глубины дефектного слоя. Для черновых переходов обработки это, в первую очередь, связано с точностью исходной заготовки, для чистовых – с точностью выполнения предшествующих переходов обработки и с условиями осуществления данного перехода.

Точность на каждом последующем переходе обработки данной элементарной поверхности обычно повышается: на черновых переходах на один-три квалитета или одну-три степени точности, на чистовых — на один-два квалитета точности размера или одну – две степени точности формы обрабатываемой поверхности. Для деталей из чугуна, цветных сплавов размеры обрабатываемых поверхностей выдерживают на один квалитет, а отклонения формы – на одну степень точности выше, чем для деталей из стали, обрабатываемых в аналогичных условиях. На точность отверстий при зенкеровании влияет, выполняется ли оно после сверления или для отверстий, полученных в отливках или поковках.

Что касается *способов обеспечения заданной точности*, то при изготовлении деталей сравнительно малыми партиями оправдывает себя *метод пробных ходов и измерений*. В соответствии с этим методом заготовку выверяют на станке, закрепляют, и, совершая последовательно ряд пробных ходов режущего инструмента или

заготовки, каждый раз с помощью измерительных средств определяют степень приближения параметров точности (например, размеров) обрабатываемых поверхностей заготовки к размерам готовой детали. Метод позволяет получить достаточно высокую точность деталей, но имеет низкую производительность, так как большое число рабочих ходов, выверка и измерения приводят к значительным затратам времени.

Метод обработки на *предварительно настроенных станках* используют при сравнительно большом количестве обрабатываемых заготовок. При этом методе заготовки не выверяют, а закрепляют, как правило, в приспособлениях, которые позиционируют заготовки относительно оборудования и инструмента. Инструмент или заготовка совершают один ход, в результате чего технологическая система обеспечивает все необходимые показатели точности детали. Производительность метода высокая, а получение заданных показателей точности детали зависит от состояния технологической системы.

Условия формообразования деталей настолько сложны, что одновременно может возникнуть целый ряд отклонений формы и расположения поверхностей – отклонения от цилиндричности, перпендикулярности, параллельности и др.

Технологическое обеспечение допустимых параметров является одним из условий повышения качества машин. Так, у пары вал – корпус невозможно обеспечить прямолинейное перемещение вала при его поступательном движении, если он и (или) отверстие в корпусе имеют отклонения от цилиндричности. Таким образом, отклонения параметров деталей в этом случае не позволяют обеспечить заданное качество – соблюдение необходимой формы траектории перемещения.

Дальнейшее ужесточение в машиностроении всех параметров точности привело к введению понятия *нанотехнологии*, предусматривающей как изготовление прецизионных деталей, так и измерение с помощью лазерных интерферометров параметров (прежде всего геометрического характера) с точностью до нанометра – одной миллиардной метра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

В нанотехнологии режущие инструменты в виде клина уже не могут обеспечить заданную высокую точность, так как режущая кромка лезвийного или абразив-

ного инструмента имеет скругление. Из-за него часть материала при обработке резанием сходит по передней грани инструмента, а другая часть по обработанной поверхности заготовки тем же инструментом сглаживается.

На смену таким традиционным методам достижения точности путём уменьшения массы металла (с образованием отходов в виде стружки, шлама) приходит метод нанесения материала в виде тончайших слоёв с размерами в нанометрах. Нанесение таких слоёв, когда на слой из одного материала наносится и прочно с ним скрепляется слой из другого материала, позволяет буквально конструировать деталь не только с заданной точностью, но и с заданными свойствами.

3.6.3 Качество поверхностного слоя деталей машин и технологическая наследственность

Качество поверхности – это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя детали. *Поверхностным слоем* детали называют её поверхность с прилегающим к ней относительно тонким слоем, отличающимся от материала сердцевины. Глубина поверхностного слоя различная в зависимости от условий эксплуатации детали: несколько микрометров – для измерительного калибра, несколько сотен микрометров – для вала машины.

В условиях эксплуатации машины внешним воздействиям в первую очередь подвергаются поверхности деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и др. – всё это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к ней слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь – показателей надёжности.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин. Наиболее существенным для практических целей является установление зависимости между параметрами

конкретного технологического метода обработки поверхности, показателями качества поверхностного слоя и эксплуатационными показателями деталей машин.

Качество поверхностного слоя металла обуславливается свойствами металла и методами обработки: механической, электрофизической, электрохимической, термической и т. д. В процессе механической обработки (резание лезвийным инструментом, шлифование абразивным инструментом, полирование и др.) поверхностный слой деформируется под действием усилия резания, температуры, а также загрязняется примесями (частицы абразива, кислород) и другими инородными включениями.

Схематически строение поверхностного слоя детали после механической обработки резанием представлено на рисунке 3.3.

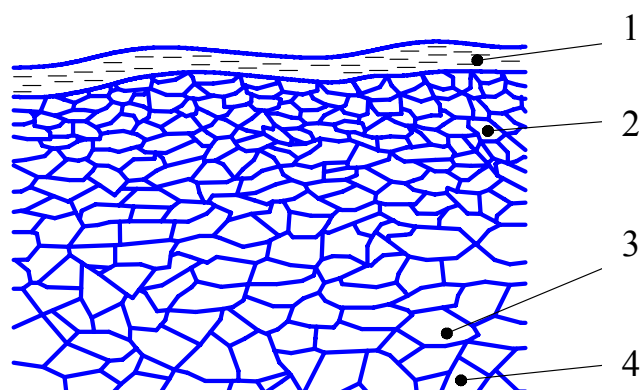


Рисунок 3.3 – Схема строения поверхностного слоя после механической обработки резанием

Упрочнённый слой, состоящий из верхнего слоя 1, слоя 2 с текстурой, в котором зёрна имеют преимущественную ориентацию, и пластически деформированного слоя 3, имеет уменьшенную по сравнению с сердцевиной 4 плотность; в нём наблюдается много дислокаций и других дефектов строения кристаллической решётки. Вместе с тем этот слой имеет увеличенную по сравнению с сердцевиной детали твёрдость.

В соответствии с современными представлениями качество поверхностного слоя является сложным комплексным понятием и определяется двумя группами характеристик (рисунок 3.4).

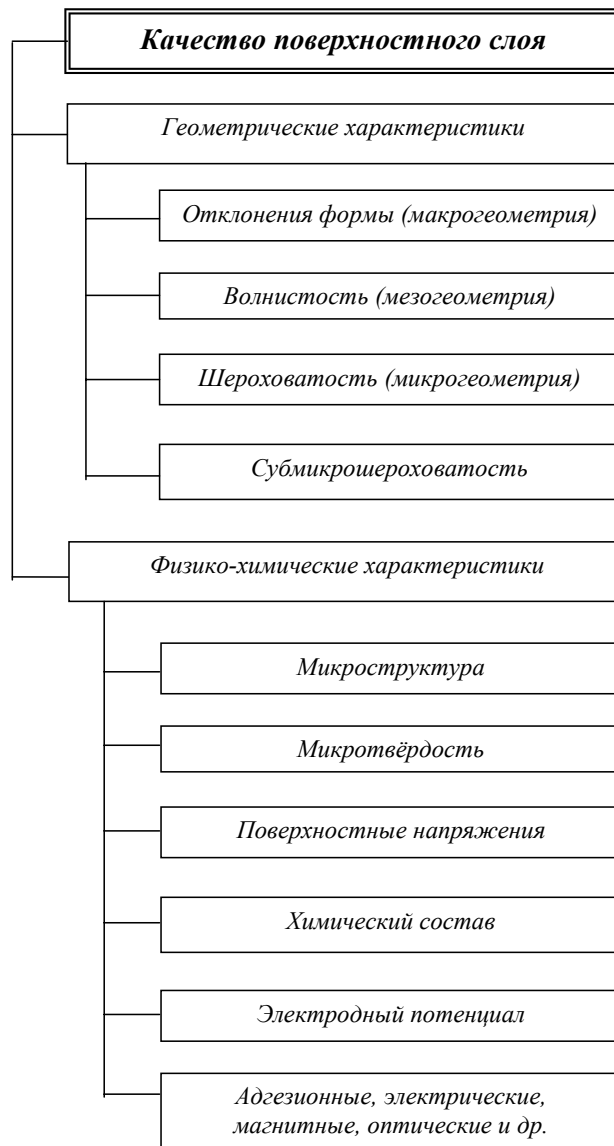


Рисунок 3.4 – Классификация характеристик качества
поверхностного слоя деталей машин

Рассмотрим только *геометрические характеристики*. Геометрические характеристики качества поверхности показаны на этом рисунке в порядке уменьшения их абсолютных величин: отклонения формы (макрогеометрия), волнистость (мезогеометрия), шероховатость (микрогеометрия) и субмикрошероховатость. В отдельных случаях волнистость может быть больше погрешности формы, а шероховатость – больше волнистости. Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности. Критерием для их разграничения служит отношение шага S к высоте неровностей R : для отклонений формы

характерно отношение $S/R > 1000$; для волнистости $S/R = 50 - 1000$; для шероховатости – $S/R < 50$.

Субмикроскопический рельеф (СМР) поверхности имеет особую природу возникновения. Его параметры зависят прежде всего от внутренних несовершенств деформируемого металла и действующих напряжений. Для качественных и количественных характеристик субмикрорельефов большую роль играют плёнки оксидов и адсорбированных слоёв жидкости. Количественно характер СМР определяется величиной выступов и впадин, их формой и частотой расположения на поверхности металла.

Установлено влияние СМР, например, на адгезию, адсорбцию, отражательную способность и др. Однако законы образования СМР и численные характеристики, как при его появлении, так и при нагружении, например, трением, пока ещё не изучены и при оценке качества поверхности не учитывают, а поэтому и не нормируют.

Рассмотрим профиль поверхности гладкого вала в увеличенном масштабе (рисунок 3.5).

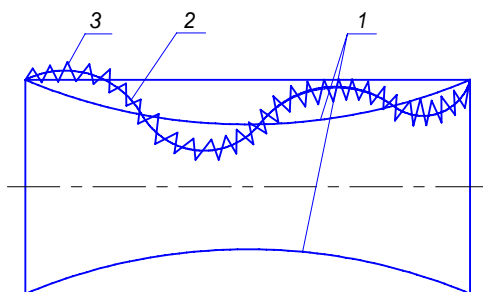


Рисунок 3.5 – Профиль поверхности вала

Технологические *макроотклонения* 1 (частный вид — вогнутость) обусловлены недостаточной точностью станка, неточным закреплением инструмента, неправильным выбором или нарушением режима обработки, температурными напряжениями и деформациями в технологической системе.

Технологическая *волнистость* поверхности 2 (примерно равные по размерам возвышенности и впадины) возникает из-за недостаточной жёсткости технологической системы и возникновения в ней низкочастотных колебаний. Последние вызваны неоднородностью механических свойств обрабатываемых материалов, раз-

личиями в параметрах обработки, например, в параметрах резания.

Технологическая *шероховатость* 3 поверхности обусловлена геометрией обрабатывающего инструмента и его износа, вибрациями в технологической системе, образованием наростов на резце, усадкой стружки, режимами обработки, свойствами обрабатываемого материала и материала инструмента.

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную, например, с помощью базовой длины.

Оценка шероховатости поверхности производится по двум основным параметрам: среднему арифметическому отклонению профиля R_a и по высоте неровностей профиля по десяти точкам R_z .

Параметр R_a нормируется значениями от 0,008 мкм до 100 мкм.

Параметр R_z нормируется значениями от 0,025 мкм до 1600 мкм.

Чем меньше шероховатость, тем меньше вероятность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Поэтому отделочная обработка деталей (доводка, полирование и т. п.) значительно повышает предел их усталостной прочности.

Уменьшение шероховатости поверхности значительно улучшает антикоррозионную стойкость деталей, что очень важно для поверхностей, на которые не могут быть нанесены защитные покрытия (например, поверхности цилиндров двигателей).

От качества поверхности зависят плотность и герметичность сопряжений, их теплопроводность. С понижением шероховатости поверхностей улучшается их способность к отражению электромагнитных, ультразвуковых и световых волн; уменьшаются потери электромагнитной энергии в волнопроводных трактах, резонирующих системах; уменьшается ёмкость электродов; в электровакуумных приборах уменьшается газопоглощение и газовыделение, облегчается очистка деталей от адсорбированных газов, паров и пыли.

Важной геометрической характеристикой качества поверхности является *направленность* штрихов – следов механической и других видов обработки. Она влияет на износостойкость поверхности, определённую посадок, прочность прессовых

соединений. В ответственных случаях (например, в связи с направлением относительного скольжения сопряжённых деталей или с направлением движения по детали струи жидкости или газа) конструктор оговаривает направленность следов обработки на поверхности детали. Изнашивание уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей.

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны с *точностью размеров*, так как точность сопряжения, устанавливаемая и определяемая размером зазора в соединении, в значительной степени зависит от соотношения высоты неровностей и поля допуска (точности обработки) каждой из сопрягаемых деталей. Высокой точности всегда отвечают малые значения параметров шероховатости и волнистости поверхности. Это определяется не только условиями работы сопряжённых деталей, но и необходимостью получения надежных результатов измерения в производстве. Малую шероховатость поверхности бывает необходимо использовать и для придания красивого внешнего вида детали или удобства содержания поверхностей в чистоте и т. п.

Целенаправленное формирование поверхностного слоя с заданными свойствами в процессе изготовления деталей является одной из важнейших задач современного машиностроения. Существенный резерв в повышении качества изделий следует искать в правильном формировании контура поверхности в зависимости от её служебной функции, причем конструктор должен знать, что нужно задать, а технолог – уметь осуществить заданное. Это непростая задача, поскольку речь идет о формировании контура неровностей и их совокупности, измеряемых в микрометрах и долях микрометра.

Многие характеристики качества поверхности, влияющие на эксплуатационные свойства, зависят от технологического метода и условий изготовления деталей. Исследование путей улучшения качества поверхности с целью повышения эксплуатационных свойств до недавнего времени ограничивалось рассмотрением методов и условий осуществления *последней* операции, завершающей технологический процесс обработки заготовки, при этом исключалась возможность влияния результатов *предшествующих* операций. В настоящее время в результате проведённых исследо-

ваний доказана несостоятельность подобного положения и установлено существование технологической наследственности при образовании качества рабочих поверхностей.

Под *технологической наследственностью* понимают явление переноса свойств обрабатываемого материала и (или) заготовки от предшествующих технологических операций к последующим, что в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин. При этом изменение эксплуатационных свойств определяется методами и режимами, применяемыми на отдельных операциях термической и механической обработки, видом и состоянием режущего инструмента, условиями охлаждения, размерами операционных припусков, последовательностью и содержанием операций технологического процесса и т. д.

Как положительные свойства детали (высокая износостойкость, точность формы и размеров, качество поверхностного слоя и др.), так и свойства отрицательные (коробление, пониженная твёрдость отдельных участков, погрешности формы и др.) необходимо объяснять не с позиции последней, финишной технологической операции, а рассматривать всю предысторию создания детали. Например, осповидный износ на шейках валов часто объясняется не особенностями шлифовальной операции, а специфическими условиями проведения заготовительной и токарной операций. Точечные дефекты на полированной поверхности некоторых деталей объясняются не особенностями полирования, а специфическими включениями и свойствами материала деталей. Форма корпусных деталей или деталей типа валов, изменяющаяся во времени (уже в период эксплуатации деталей), определяется особенностями проведения заготовительных операций на этапе литья и штамповки.

Важное значение имеет также технологическое наследование *конструктивных форм*. Если, например, производить протягивание отверстий заготовок, имеющих на наружной поверхности конструктивные элементы в виде буртов, приливов, канавок и пр., то отверстия получат отклонение от цилиндричности, но так, что форма каждой образующей отверстия не будет прямолинейной, а будет чётко связана с расположением данного конструктивного элемента. Природа такой погрешности связана с переменной жёсткостью детали в каждом её поперечном сечении.

Практическое значение информации о технологической наследственности состоит в том, что если установлена наследственная природа свойств деталей, то следует внести в технологический процесс соответствующие коррективы для предотвращения наследственного переноса вредных свойств или, наоборот, создания благоприятных условий для передачи полезных свойств.

В последние годы созданы и в машиностроительном производстве успешно реализуются методы обработки, позволяющие управлять качеством поверхности в широких пределах. Сложные условия, в которых работают современные машины, привели к созданию большого количества таких методов и требуют зачастую их комбинированного применения.

Параметры шероховатости поверхностей заготовок и деталей после различных видов и методов обработки приведены в справочной литературе по машиностроению.

Если поверхность детали подвергается действию повышенных температур, агрессивных сред, то большое значение приобретают физико-химические характеристики поверхностного слоя, например его химический состав и электродный потенциал. В этом случае надо воздействовать и на эти характеристики поверхностного слоя, изменяя их в благоприятном направлении, для чего следует изменить химический состав поверхностного слоя или создать на поверхности защитные металлические или неметаллические слои.

3.6.4 Содержание и последовательность этапов изготовления деталей

Технологический процесс изготовления детали включает в себя целенаправленные действия поэтапного преобразования сырья или исходного конструкционного материала в готовую деталь. Основным этапом придания конструкционному материалу требуемой чертежом геометрической формы детали является *формообразование*. В зависимости от степени приближения к форме и размерам детали различают первичное, промежуточное и окончательное формообразование.

Первичное формообразование – придание «бесформенному» исходному кон-

струкционному материалу формы и размеров исходной заготовки, подлежащей дальнейшей обработке. *Промежуточное формообразование* – придание исходной заготовке формы и размеров, близких к форме и размерам готовой детали. *Окончательное формообразование* – преобразование заготовки (полуфабриката) в деталь, форма и размеры которой полностью соответствуют требованиям чертежа.

При получении деталей с использованием ряда точных технологических методов промежуточное формообразование не предусматривается, оно заменяется окончательным. При изготовлении деталей из композиционных материалов формообразование совмещается с процессом получения самих конструкционных материалов. Формообразование с применением методов порошковой металлургии, пластического деформирования материала, литья, наплавки, напыления сопровождается одновременно изменением свойств предмета труда – свойств поверхности и (или) материала.

В зависимости от состояния сырья и исходных конструкционных материалов различают формообразование из парообразного, жидкого и твёрдого состояний. Так, ряд методов нанесения покрытий основан на осаждении и конденсации из парогазовой смеси или фазы. Методы литья, сварки, наплавки связаны с формообразованием из жидкого состояния. К формообразованию в твёрдом состоянии относятся методы пластического деформирования, методы резания, а также электрохимические и электрофизические методы.

Особое место занимает формообразование композиционных материалов, получаемых объёмным сочетанием химически разнородных компонентов с чёткой границей раздела между ними. Обычно эти компоненты бывают в виде порошков, волокон, гранул, нитей и (или) тканей в сочетании с жидкоподвижными связующими. Формообразование композиционных материалов осуществляют методами порошковой металлургии, а также пропиткой расплавленными металлами пористых каркасов, электролитическим осаждением, литьём под давлением и т. д.

Все многочисленные технологические методы изготовления деталей можно разделить (по отношению к объёму исходной заготовки) на три группы – А, Б и В.

К группе А относятся такие технологические методы, при которых объём ис-

ходной заготовки $V_{у.з}$ в процессе её превращения в деталь *уменьшается* из-за необходимости преднамеренного удаления припусков, напусков, облоя и других «излишков» металла в отходы, т. е. в итоге объём готовой детали $V_{\partial} < V_{у.з}$.

К группе Б относятся технологические методы, при которых объём исходной заготовки $V_{у.з}$ практически сохраняется *постоянным*, т. е. объём готовой детали $V_{\partial} \approx V_{у.з}$.

К группе В относятся технологические методы, при которых объём исходной заготовки $V_{у.з}$ немного *увеличивается* за счёт объёмов присадочного или наплавленного металла, слоёв материала покрытия, а также дополнительных материалов, вводимых при выполнении операций припекания, инфильтрации и пропитки деталей из металлических порошков, т. е. объём готовой детали V_{∂} становится *больше* объёма исходной заготовки: $V_{\partial} > V_{у.з}$.

В группу А включают большинство методов литья, ковку, листовую (с образованием отходов) и объёмную (с образованием облоя) штамповку, обработку резанием, все разновидности химической и физико-химической обработки.

К группе Б относят методы точного литья, основные разновидности точной объёмной и безотходной листовой штамповки, практически все методы порошковой и гранульной металлургии, методы получения пластмассовых деталей.

В группу В включают методы получения сварных комбинированных заготовок, методы плакирования, металлизации, наплавки, наварки, напыления, припекания, пропитки, инфильтрации.

Основные этапы изготовления деталей с применением, например, технологических методов горячего пластического деформирования, отнесённых к группе А, в общем виде реализуются в следующей последовательности:

- первичное формообразование исходного конструкционного материала (получение исходной заготовки – слитка или сортового проката);
- подготовка исходной заготовки к последующему этапу формообразования: обрезка головной и донной частей слитка или разделка проката на мерные заготовки, зачистка поверхности и устранение поверхностных дефектов, нанесение (при необходимости) защитного покрытия перед нагревом, нагрев;

– промежуточное формообразование: получение заготовки, полуфабриката в виде поковки или штампованной заготовки;

– подготовка заготовки, полуфабриката к дальнейшей обработке: обрезка облоя и пробивка отверстий, термическая обработка, очистка поковок, правка, калибровка, технический контроль и приёмка заготовки;

– окончательное формообразование (получение готовой детали) обработкой резанием: размерная обработка лезвийным инструментом соответствующих поверхностей заготовки, обработка отверстий, образование резьбовых поверхностей, обработка абразивным инструментом, применение (при необходимости) отделочных операций (хонингование, суперфиниширование, доводка, полирование, отделочно-зачистная обработка), технический контроль и приёмка детали.

Для окончательного формообразования можно также при необходимости взамен резания использовать электрофизическую или электрохимическую обработку – электроэрозионную, анодно-механическую, ультразвуковую, плазменную, лазерную и т. д.

Основные этапы изготовления деталей с применением, например, высокоточных методов полугорячей штамповки, отнесённых к группе Б, выполняют в следующей последовательности:

– первичное формообразование исходного конструкционного материала (получение исходной заготовки – сортового проката);

– подготовка исходной заготовки к последующему этапу формообразования: разделка проката на мерные заготовки, нанесение (при необходимости) защитного покрытия перед нагревом, нагрев;

– промежуточное формообразование: получение заготовки, полуфабриката в виде предварительно штампованной заготовки;

– подготовка заготовки, полуфабриката к дальнейшей обработке: отжиг, галтовка, нанесение теплостойкого смазочного материала, нагрев;

– окончательное формообразование (получение готовой детали): полугорячая штамповка, отделочно-зачистная обработка, технический контроль и приёмка детали.

Основные этапы изготовления деталей с применением отнесённых к группе В методов нанесения покрытий выполняются в следующей последовательности:

- первичное и промежуточное формообразование с использованием методов литья, пластического деформирования, порошковой или гранульной металлургии;
- предварительная подготовка поверхности под покрытие (например, струйно-абразивная обработка, обезжиривание, промывка, декапирование);
- окончательное формообразование (получение готовой детали): нанесение покрытия на соответствующие поверхности детали, технический контроль и приёмка детали.

4 Разработка технологического процесса изготовления детали

4.1 Анализ конструкции детали и требований к её изготовлению

Разработка технологического процесса изготовления детали начинается с изучения и чёткой формулировки её служебного назначения, анализа чертежа изделия, технических условий и норм точности изделия [26].

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 сообра-

жению, о чём следует сделать соответствующую оговорку.

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

Этот анализ должен быть проведён в двух направлениях. Прежде всего, должна быть дана качественная оценка техническим требованиям, задаваемым чертежом. Данная 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 миллиметрах 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.

4.2 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 трудоёмкости и металлоёмкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами.

Конструкция детали, отработанная на технологичность, должна удовлетворять следующим основным требованиям [27]*.

- 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 учётом заданного объёма 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 её изготовления.

Основными методами технологического контроля чертежа детали являются методы сравнительных оценок: качественной и количественной. Сущность качественной оценки 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 её 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 жёсткость вала получение высокой точности обработки?

Конструкции зубчатых колёс должны характеризоваться следующими признаками:

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

4.3 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 проведён исходя из обеспечения качества изделия, при этом следует выяснить:

- рациональность вида заготовки и метода её получения для данного объёма производства;
- оценить критически правильность выбора вида исходной заготовки и метода её получения на заводе и целесообразность использования её в работе;
- правильность выбора технологических баз, соблюдение принципа совмещения технологических баз;
- правильность установления последовательности операций процесса для достижения заданной точности детали;
- степень технологической оснащённости 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.

4.4 Выбор заготовки и метода её изготовления

Выбор заготовки и метода её изготовления необходимо проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1109–82 в следующей последовательности:

- определение вида исходной заготовки;

- выбор метода изготовления исходной заготовки;

- технико-экономическая оценка выбора заготовки.

4.4.1 Определение вида исходной заготовки

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

Наибольшее применение в машиностроении получили заготовки из проката, поковки и отливки, также находят применение сварные, штамповые, литейно-сварные, пластмассовые и заготовки, получаемые из спечённых материалов [28].

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 её изготавливать методами обработки давлением, особенно, когда прочность детали должна сочетаться с её легкостью.

В массовом и серийном производствах рекомендуется применять стальные поковки, получаемые штамповкой по ГОСТ 7505–89. Поковки из стали, получаемые ковкой на прессах по ГОСТ 7062–90, рекомендуется выбирать для серийного и единичного производств. Для этих же типов производства могут быть применены поковки, изготовленные ковкой на молотах по ГОСТ 7829–70.

Литьё как способ придания заготовке необходимой формы, по сравнению с другими способами изготовления, более предпочтительно, 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, рёбра, бобышки и т.п.). Нормы точности отливок (класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы) регламентируются ГОСТ Р 53464–2009 [29].

4.4.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки

Выбор метода изготовления исходной заготовки определяется следующими факторами [28]:

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

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

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

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

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

– возможностью 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 (литьём в песчаные, стержневые или металлические формы, ковкой, в том числе в подкладных штампах; штамповкой 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 специальной литературе [13, 28].

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:

а) определить степень точности формы и расположения поверхностей детали по ГОСТ 24643– 81;

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

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

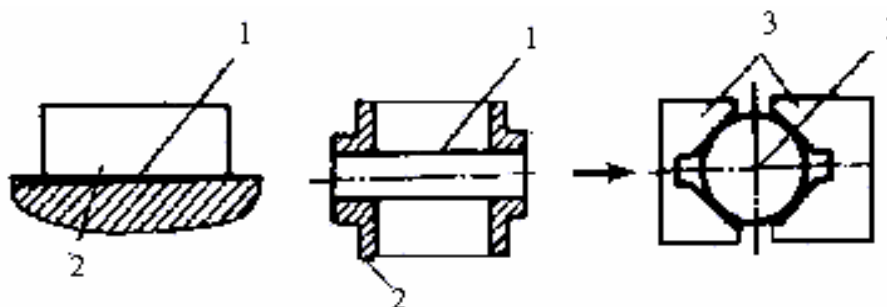
Допуски на размеры свободных необрабатываемых поверхностей детали должны строго соответствовать значениям допусков, приведенных в стандартах на заготовки.

5 Проектирование технологического маршрута обработки резанием

5.1 Базирование в машиностроении

5.1.1 Понятие о базах, их назначении и требованиях соблюдения постоянства баз

Для правильной работы машины необходимо обеспечить вполне определённое взаимное расположение её деталей и узлов. Точно также при обработке заготовки на станке она должна быть правильно ориентирована относительно механизмов и узлов станка, определяющих траектории перемещения режущих инструментов и самой заготовки, то есть должно быть осуществлено соответствующее её базирование (рисунок 5.1).



1 – база; 2 – заготовка; 3 – губка самоцентрирующая.

Рисунок 5.1 – Примеры базирования

Базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранных осей координат. Базирование заготовки на станке,

деталей и узлов в машине обеспечивается выбором соответствующих баз [33].

Базой называют поверхность или выполняющую ту же функцию совокупность поверхностей, ось, точку, принадлежащую заготовке и используемую для базирования.

Классификация баз:

а) по назначению:

- 1) конструкторские (основные и вспомогательные);
- 2) технологические;
- 3) измерительные;

б) по числу лишаемых степеней свободы:

- 1) установочная;
- 2) направляющая;
- 3) опорная;
- 4) двойная направляющая;
- 5) двойная опорная;

в) по характеру проявления:

- 1) явные;
- 2) скрытые.

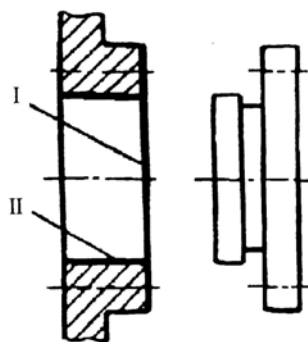
Проектной называется база, выбранная при проектировании изделия, технологического процесса его изготовления или ремонта.

Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Основной называется конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

Вспомогательной называется конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения положения присоединяемой к ним детали или сборочной единицы.

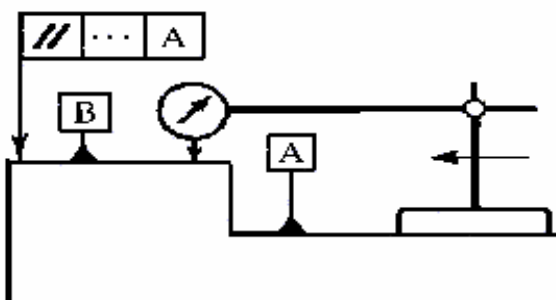
У детали может быть только один комплект основных баз и несколько комплектов вспомогательных (рисунок 5.2).



I – торцовая плоскость; II – поверхность отверстия.

Рисунок 5.2 – Комплект вспомогательных баз

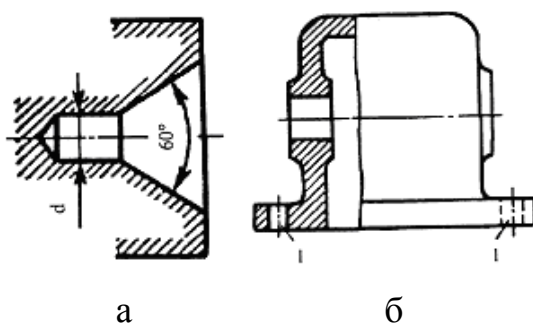
Измерительной называется база, используемая для определения относительно-го положения заготовки или изделия и средств измерения (рисунок 5.3).



A, B – контролируемые плоскости.

Рисунок 5.3 – Измерительная база

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия при их изготовлении или ремонте (рисунок 5.4).



а – центровые гнёзда; б – установочное отверстие в корпусе детали.

Рисунок 5.4 – Технологические базы

Основной технологической базой называют поверхности, являющиеся обязательным элементом конструкции детали и выполняющие определённую роль при её работе в изделии. Вспомогательными технологическими базами служат поверхности, специально создаваемые на детали, исходя из технических соображений и не влияющие на работу детали в изделии.

По последовательности использования в технологическом процессе технологические базы подразделяют на черновые и чистовые. Черновыми базами служат необработанные поверхности. Они используются на первых операциях. Чистовые базы – это поверхности, обработанные с необходимой точностью.

Необходимо придерживаться принципа совмещения баз, то есть в качестве технологической и измерительной баз выбирать одну и ту же поверхность.

Принцип постоянства баз состоит в выполнении всех основных технологических операций, за исключением первой, на которой подготавливается чистовая база, используются одни и те же поверхности в качестве технологических баз.

Следует стремиться, чтобы поверхности, служащие технологическими базами, обладали по возможности достаточной протяжённостью для обеспечения устойчивого положения заготовки при обработке и уменьшения погрешности при установке в приспособлении или на станке.

Технологическая база должна обеспечивать достаточную жёсткость и устойчивость установки заготовки.

Базы должны быть выбраны так, чтобы обеспечить статически определимую и достаточно точную установку заготовки относительно траектории режущего инструмента.

Чтобы заготовка заняла на станке (в приспособлении) вполне определённое положение, её надо поместить на шесть жёстких точек, связывающих все шесть степеней свободы.

Установочной называется база, используемая для наложения на заготовку связей, лишаящих её трёх степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Направляющей называется база, используемая для наложения на заготовку связей, лишаящих её двух степеней свободы – перемещения вдоль одной коорди-

натной оси и поворота вокруг другой оси.

Опорной называется база, используемая для наложения на заготовку связей, лишаящих её одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси.

Погрешность базирования – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого.

Закрепление – приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании. Пример реализации закрепления плоской заготовки показан на рисунке 5.5.

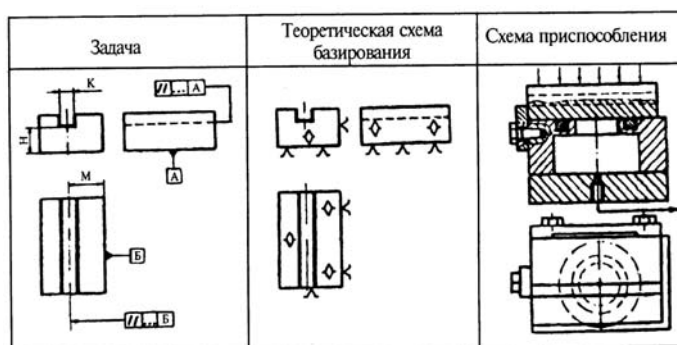
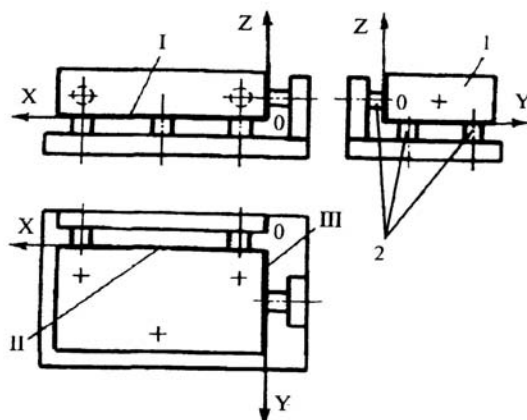


Рисунок 5.5 – Пример реализации закрепления плоской заготовки

Различают двойную направляющую и двойную опорную базы. Двойная направляющая база используется для наложения на заготовку связей, лишаящих её четырёх степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг них. Двойная опорная база используется для наложения на заготовку связей, лишаящих её двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей.

Примеры базирования типовой заготовки представлены на рисунке 5.6.

По характеру проявления различают базу явную, представляющую собой реальную поверхность, разметочную риску или точку пересечения рисок, и скрытую, представляющую собой воображаемую плоскость, ось или точку. Условное изображение опорных точек показано на рисунке 5.7.



I – установочная база; II – направляющая база; III – опорная база.

Рисунок 5.6 – Схема базирования заготовки с лишением её шести степеней свободы

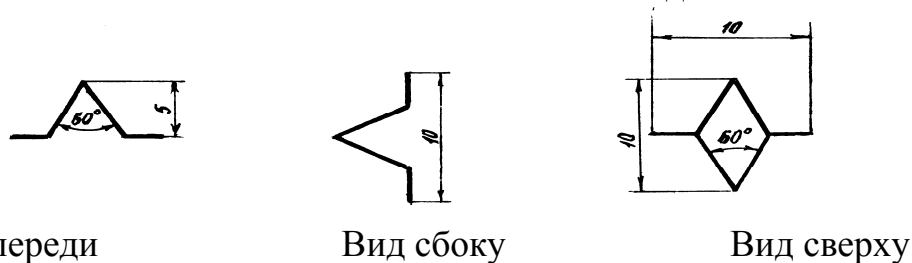


Рисунок 5.7 – Условное изображение опорных точек

5.1.2 Основные правила выбора баз

При выборе баз следует руководствоваться приведёнными ниже основными правилами:

- совмещать установочную и измерительную базы, чтобы исключить погрешность базирования;
- во всех случаях, когда это возможно, надо использовать в качестве технологических измерительных баз поверхности, являющиеся конструктивными базами;
- необходимо соблюдать принцип постоянства баз, т.е. использовать одни и те же базы при большем количестве операций, или обрабатывать возможно большее количество поверхностей с одной установки для сохранения точности взаимного расположения поверхностей детали, которые обрабатываются в разных операциях;
- в качестве базовых следует применять поверхности наибольшей протяжённости для повышения точности установки детали;

– для деталей, обрабатываемых полностью, в качестве черновой базы принимаются поверхности с наименьшим припуском на обработку;

– технологические установочные базы надо выбирать так, чтобы обеспечить жёсткость установки и отсутствие деформаций детали от усилий зажима и сил, возникающих в процессе обработки.

Выбор технологических баз рекомендуется выполнять по схеме, приведённой на рисунке 5.8.

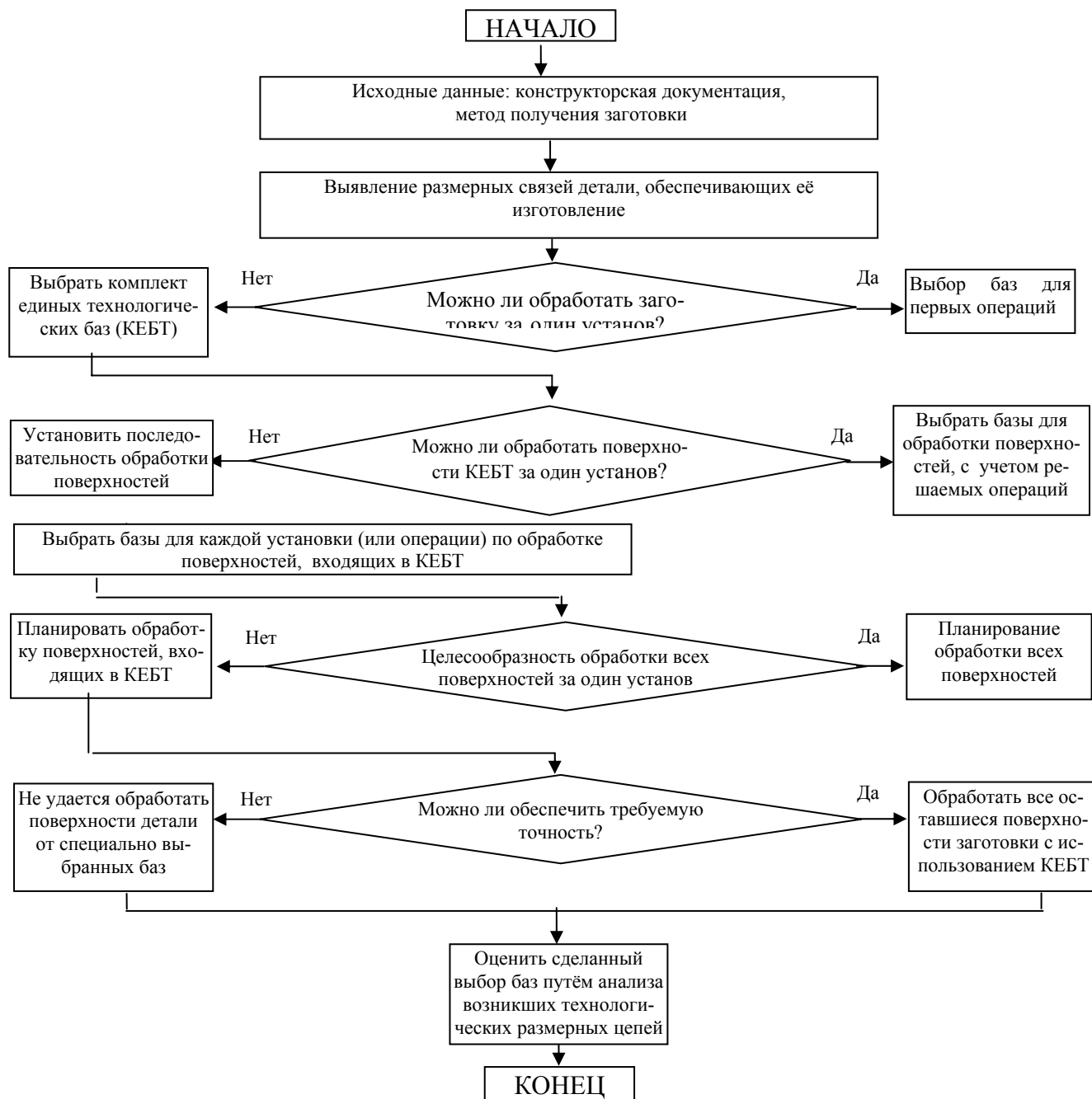


Рисунок 5.8 – Схема выбора технологических баз детали

5.2 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки поверхностей заготовки

На выбор методов обработки и количества переходов влияют следующие факторы:

- требования к качеству готовой детали и заготовки;
- тип производства;
- конфигурация заготовки и готовой детали;
- 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-му качеству. 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. Прежде всего необходимо выбрать методы обработки, которые позволяют получить требуемую конечную деталь.

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

В связи с тем, что одни и те же показатели точности обработки могут быть достигнуты различными методами, после предварительного выбора нескольких технологически возможных 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 даёт возможность в дальнейшем при разработке операций совместить наибольшее количество переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить трудоёмкость.

Рекомендуется выбор метода обработки и количества переходов проводить по схеме, приведённой на рисунке 5.9.

В качестве примера рассмотрим выбор методов и количества переходов для обработки ступенчатого отверстия $\varnothing 35H6$, $l = 20$ мм в детали "Втулка". Допуск на диаметральный размер для 6-го квалитета составляет 16 мкм, а шероховатость не должна превышать предпочтительной величины $R_a = 1,25$ мкм. Деталь производится крупными сериями. В качестве заготовки выбрана поковка, полученная на ГКМ. Отверстие в заготовке прошивается с допуском 1600 мкм, что соответствует 16-му квалитету, и имеет шероховатость $R_a = 50$ мкм.

Требуемую точность можно достичь следующими методами:

- тонким развёртыванием;
- протягиванием;
- шлифованием;
- 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.

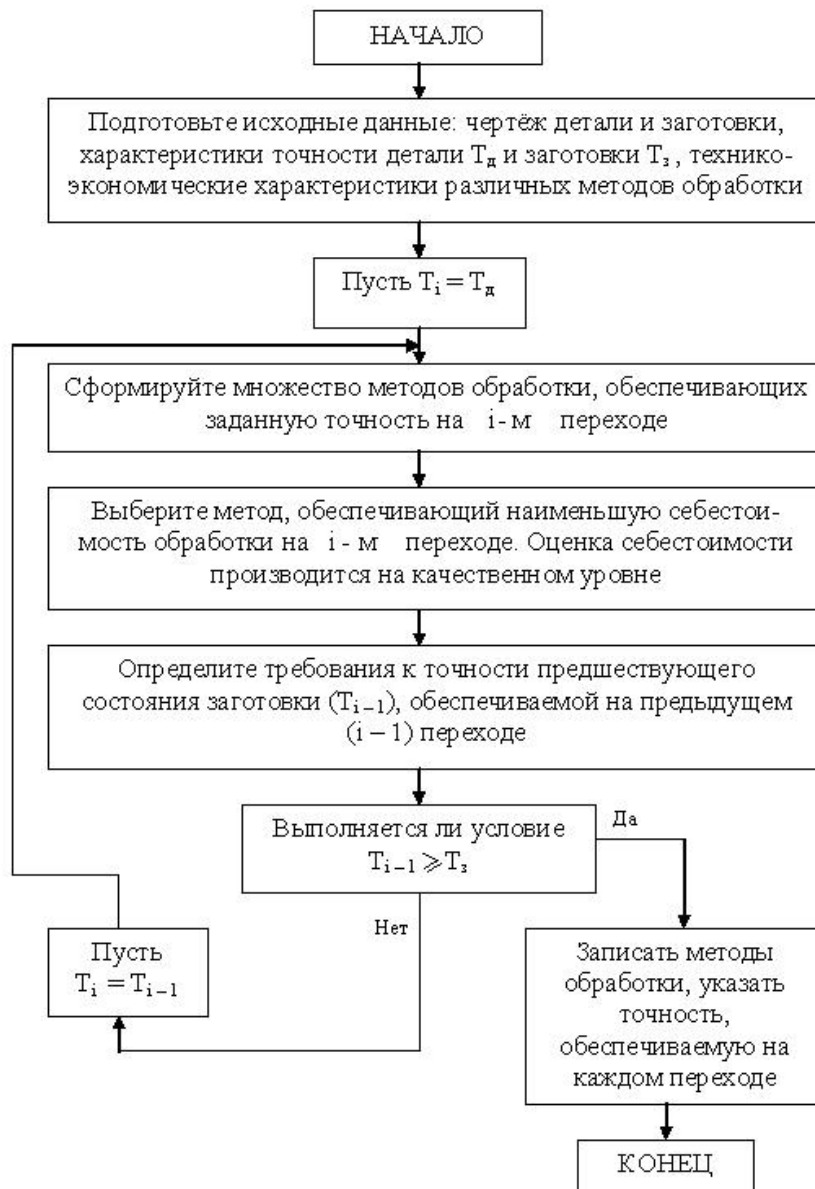


Рисунок 5.9 – Схема выбора методов обработки, количества переходов и точности, обеспечиваемой на каждом переходе

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 развёртывание, то с учётом диаметра отверстия (сравнительно малого) можно сказать определённо: в данном случае более целесообразно развёртывание. Небольшой диаметр оправки шлифовального круга обуславливает заниженные режимы резания. Кроме того, перед шлифованием от-

верстие необходимо на первых переходах либо растачивать, 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 развёртывание. Эту обработку можно проводить на станках токарной группы и совмещать с обработкой наружных поверхностей детали.

Достижение точности 6-го качества указанным методом будет целесообразно только в том случае, если будут предшествовать предварительные переходы. Перед тонким развёртыванием следует провести развёртывание предварительное по 8-му качеству. Развёртыванию должно предшествовать двухкратное зенкерование – по 10 и 13-му качествам.

Таким образом, принимается следующая последовательность переходов при обработке отверстия:

- зенкерование черновое по 13-му качеству;
- зенкерование чистовое по 10-му качеству;
- развёртывание предварительное по 8-му качеству;
- развёртывание тонкое по 6-му качеству.

Следует отметить, что проведённый 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.

5.3 Формирование маршрута изготовления детали и выбор состава технологического оборудования

Исходными данными для выполнения данного раздела являются общая последовательность обработки детали, намеченная с учётом 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 обусловлены, 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 требует 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:

а) общую последовательность обработки поверхностей заготовки желательно сохранить;

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

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

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

д) с увеличением массы и габаритов заготовки следует стремиться к уменьшению количества операций, т.е. концентрации переходов, поскольку транспортирование, складирование, установка на станках таких заготовок затруднены [34].

На этом этапе разработки технологического процесса оборудование выбирается предварительно. При подборе станков руководствуются только принципиальной возможностью выполнения на них операций. Чаще всего удаётся 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 5.1, где указываются:

- номер операции;
- краткое содержание переходов;
- эскиз обрабатываемой заготовки, показанной в том виде, который она принимает после окончания операции. Обрабатываемые поверхности выделяют утолщёнными линиями. На эскиз наносится схема базирования.

Таблица 5.1 – Маршрут технологического процесса

№ операции	Наименование и содержание операций	Схемы базирования	Тип станка
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	Зубодолбёжная Долбить зубья		Зубодолбёжный
035	Плоскошлифовальная Шлифовать две поверхности окончательно		Плоскошлифовальный
040	Контрольная		

6 Разработка технологического процесса восстановления изношенной детали

6.1 Назначение детали и анализ условий её эксплуатации. Требования к обрабатываемым поверхностям

Выполнение работы начинается с изучения восстанавливаемой детали, её конструкции и узла в целом.

Определяется характер изнашивания и уровень браковочного износа, уровень эксплуатационных нагрузок в узле, рабочая среда и температура, необходимость последующей мехобработки.

В таблице 6.1 приведена классификация основных видов изнашивания (условий работы) деталей различного назначения.

Таблица 6.1 – Виды изнашивания деталей различного назначения

№ гр.	Условия работы	Изнашивание	Примеры изнашиваемых деталей
1	2	3	4
1	Скольжение по сыпучему грунту	Абразивное	Клыки и зубья экскаваторов, брикетировочные прессы, формовочные машины и др.
2	Работа в газоабразивном или струйноабразивном потоке	Газоабразивное или струйноабразивное	Штуцеры, насадки, элементы запорной арматуры и др.
3	Ударное воздействие крупных монолитных пород	Ударноабразивное	Породообразующий инструмент, детали дробильных аппаратов и др.
4	Скольжение в жидкой среде с абразивом	Гидроабразивное	Детали смесителей, насосов, землечерпалок и др.
5	Трение металла по металлу без смазочного материала с абразивом	Абразивное	Детали строительно-дорожных машин, вагонов, автомобилей и др.
6	Качение металла по металлу	При трении качения	Подшипники качения, колёсные пары и др.
7	Трение металла по металлу со смазочным материалом	Изнашивание сопряжённых пар	Валы, оси и др.

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
8	Изнашивание при граничной смазке	Изнашивание и контактная усталость	Зубья шестерён и т.п.
9	Воздействие гидравлического потока	Кавитационное	Плунжеры, лопасти гидротурбин, гребные валы и др.
10	Поток горячих газов с абразивом	Ударно-абразивное и ударно-усталостное	Клапаны насосов
11	Поток горячих газов	Окислительное и прогар	Клапаны двигателей внутреннего сгорания
12	Воздействие абразива в коррозионно-активной среде	Коррозионно-механическое разрушение	Насосы, аппараты химического производства

Кроме того, необходим анализ свойств материала детали и сопрягаемой поверхности. К данным показателям свойств относятся твердость восстановленной поверхности и сопрягаемой детали, механические характеристики основного материала и его свариваемость, шероховатость поверхности, вид термической обработки детали при изготовлении, требования к точности размеров после обработки.

На основе проведённого анализа должны быть сформулированы требования к восстановленной поверхности детали, которые в основном определяют выбор оптимальных способов нанесения и состава покрытия.

6.2 Исходные данные для проектирования технологических процессов восстановления деталей

Восстановление изношенных деталей – сложный организационно-технологический процесс, при котором в отличие от производства новых деталей в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение таких операций, как литьё,ковка, штамповка и т.п., отсутствуют. В то же время при восстановлении изношенных деталей появляется ряд дополнительных операций: мойка, разборка, дефектация, комплектация, затраты на которые

следует учитывать при выборе способа восстановления [35].

При выборе способов восстановления деталей обычно исходят из необходимости восстановления геометрических размеров и заданных свойств отдельных поверхностей деталей (рисунки 6.1, 6.2, 6.3). При этом стремятся получать восстановленный слой покрытия с максимально возможной износостойкостью. В настоящее время для восстановления изношенных деталей порошковыми сплавами наиболее эффективны следующие методы: плазменное, газопламенное и детонационное напыление, плазменная наплавка.

Эти методы имеют ряд преимуществ:

- ограниченное тепловое воздействие на обрабатываемую деталь и небольшие деформации последней;

- минимальная глубина проплавления обеспечивает незначительное перемешивание основного металла с металлом покрытия и позволяет получать физико-механические свойства покрытий, близкие к свойствам наплавочного порошкового материала;

- возможность нанесения на изношенную поверхность порошков различных составов и получения покрытий с заданными физико-механическими свойствами;

- экономия материальных и энергетических средств в результате получения покрытий с минимальными припусками на последующую механическую обработку.

Выбор рационального способа восстановления начинается с классификации восстанавливаемых деталей. Цель классификации деталей – возможность разработки технологической документации не на одну деталь, а на технологический процесс восстановления группы деталей.

К конструктивно-технологическим признакам, на основании которых детали объединены в родственные группы, относятся вид материала, масса и размер детали, вид и величина износа, точность изготовления, общность дефектов и их сочетание, а также способы восстановления.



Рисунок 6.1 – Классификация способов поверхностной обработки

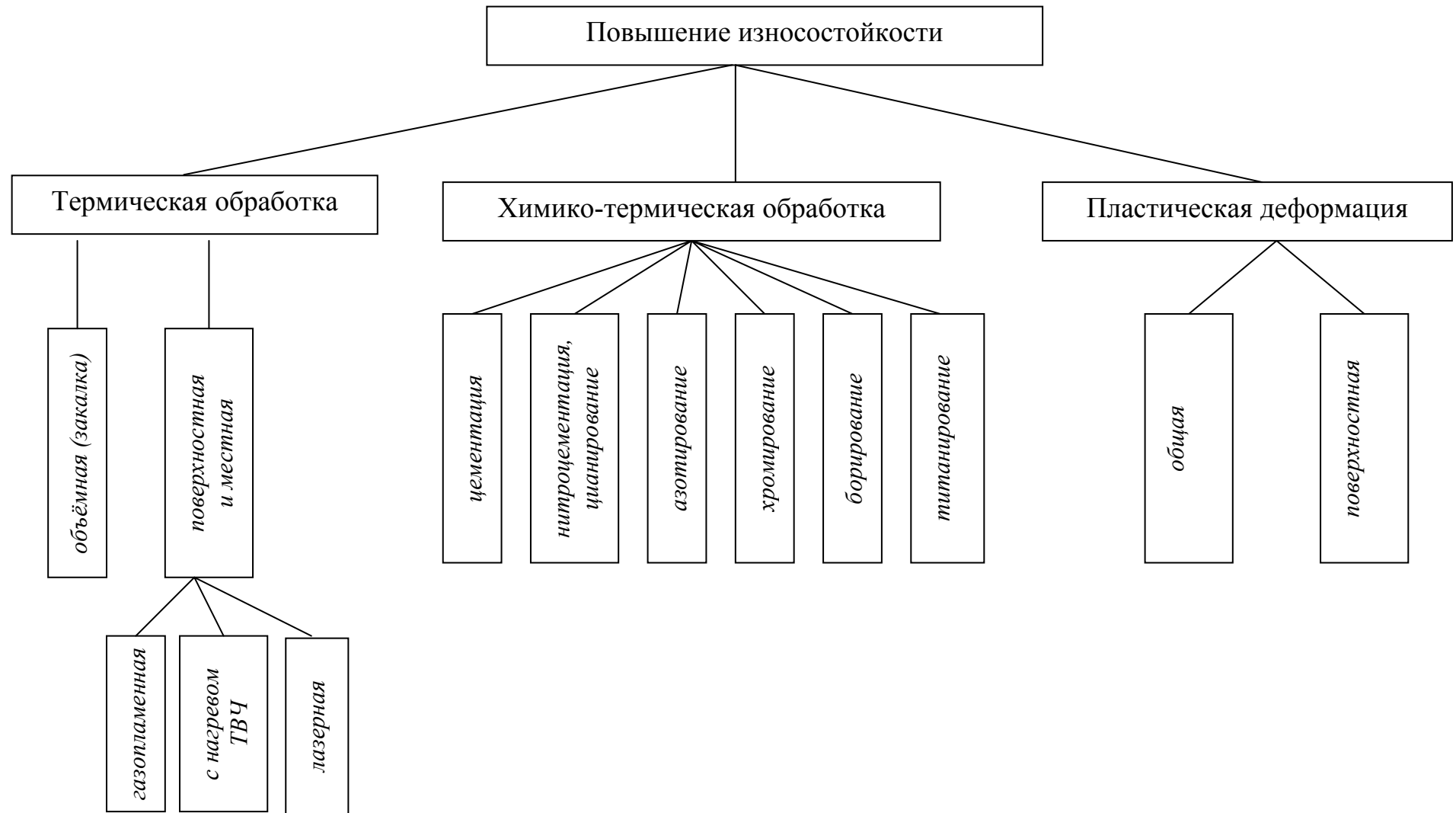


Рисунок 6.2 – Технологические методы повышения износостойкости



Рисунок 6.3 – Способы восстановления деталей

Существенное влияние на технико-экономические показатели способа восстановления деталей оказывает объём выпуска. При небольшом объёме восстановления деталей, что присуще мелкосерийному производству, наиболее выгодно применять универсальные способы наплавки: под слоем флюса, порошковой проволокой, вихреугольную, в среде защитных газов, плазменную, которые позволяют в широких пределах регулировать толщину слоя и состав наплавляемого металла.

Например, используя два способа наплавки – под слоем флюса и в среде углекислого газа, можно восстанавливать широкую номенклатуру деталей практически любых размеров с различными износами.

При восстановлении деталей типа "вал" (коленчатые валы, оси, шкивы, распределительные валы и т.п.) с износом от 0,6 мм до 2 мм применяют наплавку под слоем флюса, порошковой проволокой, в среде углекислого газа, вихреугольную, плазменную, оставление и др.

Детали с износом до 0,6 мм, главным образом посадочные места цилиндрических деталей, наиболее целесообразно восстанавливать электроконтактной приваркой ленты, плазменной наплавкой, оставлением, хромированием, плазменным напылением и др.

Корпусные стальные, чугунные детали с износом до 0,6 мм восстанавливают плазменным и газопламенным напылением, проточным (местным) оставлением, электронатиранием. Корпусные алюминиевые детали и поршни восстанавливают аргоноугольной и плазменной сваркой (наплавкой).

Характеристика способов восстановления деталей дана в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Характеристика способов восстановления деталей

Оценочный показатель	Ручная сварка			Механизированная наплавка			Электролитическое покрытие		Пластическое деформирование	Обработка под ремонтный размер
	электродуговая	газовая	аргонодуговая	в среде углекислого газа	под флюсом	вибродуговая	хромирование	осталивание (железнение)		
Коэффициенты:										
износостойкости,	0,70	0,70	0,70	0,72	0,91	1,00	1,67	0,91	1,00	0,95
выносливости,	0,60	0,70	0,70	0,90	0,87	0,62	0,97	0,82	0,90	0,90
сцепления,	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,82	0,65	1,00	1,00
долговечности	0,42	0,49	0,49	0,63	0,79	0,62	1,72	0,58	0,90	0,86
Расчётная толщина покрытия, мм	5	3	4	3	2-3	2-3	0,3	0,5	2	0,2
Расход материалов, кг/мм ²	48	38	36	30	38	31	21,2	23,3	3,5	2,5
Трудоёмкость восстановления, чел-ч/м ²	60	72	56	28	30	32	54,6	18,6	36,2	16,7
Площадь оборудования, м ²	1,7	1,8	3,0	13,6	13,6	11,2	15,2	15,2	11,7	11,0
Микротвёрдость, кг/мм ²	300-400	200-300	250	300-500	400-600	500-700	800-1 200	300-700	977	782

6.3 Выбор организационной формы восстановления деталей

Наиболее приемлемые организационные формы восстановления деталей – подефектная, маршрутная и маршрутно-групповая. В зависимости от программы и вида ремонтных работ необходимо выбрать и обосновать одну из организационных форм (с учётом типа ремонтного предприятия).

Подефектная технология используется в тех случаях, когда программа восстановления деталей небольшая. В этом случае технологический процесс разрабатывается на каждый дефект в отдельности. Детали для восстановления комплектуются только по наименованиям, без учёта имеющихся в них сочетаний дефектов.

Маршрутная технология предусматривает составление технологии на комплекс дефектов, которые устраняют в определённой последовательности (названной маршрутом). В процессе проектирования допускается устанавливать сочетания дефектов по литературным источникам.

После определения маршрутов устанавливают их количество (от 2 до 3), выбирают рациональный способ устранения дефектов по каждому маршруту и разрабатывают схему технологического процесса устранения каждого дефекта. При этом учитывается, как и при использовании подефектной технологии, что в первую очередь устраняют дефекты на базовых поверхностях, затем дефекты, требующие нагрева, деформации, наращивания размера.

Маршрутно-групповая технология предусматривает разбивку дефектных деталей на классы и группы и разработку единого маршрутного технологического процесса восстановления групп деталей на одном оборудовании с применением единой оснастки.

Маршрутная и маршрутно-групповая технологии применяются, как правило, на ремонтно-технических предприятиях и ремонтных заводах.

6.4 Процесс восстановления детали

6.4.1 Очистка деталей

Очистка деталей от загрязнения является специфической операцией ремонтного производства. Качество проведения этой операции во многом определяет в конечном счете и качество выполнения последующих ремонтных операций. Организация и технология очистных работ зависят от объёмов производства и характера загрязнения деталей, подлежащих очистке. Классификация загрязнений и способы очистки приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Классификация загрязнений и способы очистки деталей машин

Вид загрязнений	Способ очистки
Дорожно-почвенные отложения: дорожная грязь, маслянисто-грязевые отложения, растительные остатки	В растворах моющих средств
Остатки топлива и смазочных материалов	В растворах синтетических моющих средств
Асфальтосмолистые отложения: отложения смол, аморфные и структурированные осадки	В растворяюще-эмульгирующих средствах, доочистка механизированным инструментом или в барабанах (галтовка)
Углеродистые отложения: лаковые, нагар	В растворяюще-эмульгирующих средствах, доочистка механизированным инструментом или в барабанах (галтовка). В расплаве солей, косточковой крошкой, стеклосферой, в растворяюще-эмульгирующих средствах с доочисткой инструментом
Неорганические загрязнения: накипь, продукты коррозии и механического изнашивания деталей	В кислотных растворах и расплаве солей, косточковой крошкой, стеклосферой, песком, ручным механизированным инструментом. Ручным механизированным инструментом, обработка растворами кислот
Старые лакокрасочные покрытия	В растворах щелочных средств и с помощью специальных смывок

Состав моющих средств, применяемых для очистки деталей, их марки и тем-

пературный режим применения приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Классификация очищающих средств

Очищающие средства	Состав	Типичные представители	Рекомендуемый температурный режим, °С
Щелочные моющие	Щелочи, щелочные соли	Каустик	80 – 100
Синтетические моющие (СМС)	Синтетические поверхностно-активные вещества и натриевые соли неорганических кислот	МЛ-51, МЛ-52, Лабомид-101, Лабомид-203, МС-8, Темп-100	70 – 100
Растворители	Углеводороды и их галлоидные производные	Керосин, дизельное топливо, трихлорэтилен	20 – 60
Растворяюще-эмульгирующие, в том числе: РЭС-1 РЭС-П	Углеводороды, поверхностно-активные вещества (ПАВ), стабилизаторы Хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды, ПАВ	АМ-15, ДВП-1 (цистерин), Термос – Ритм	20 – 50

Состав различных видов моющих средств, их назначения и режимы применения приведены в таблицах 6.5–6.7.

Таблица 6.5 – Щелочные моющие растворы

Состав раствора	Концентрация, г/л	Температура применения, °С	Время обработки, ч	Применение
1	2	3	4	5
Гидроксид натрия	50	75 – 85	4 – 6	Выварка стальных и чугунных деталей для удаления асфальтосмолистых отложений
Гидроксид натрия Жидкое стекло	30 5	75 – 85	4 – 6	Выварка стальных и чугунных деталей для удаления асфальтосодержащих отложений

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5
Гидроксид натрия Хромпик	100 5	80 – 90	2 – 3	Выварка стальных и чугуновых деталей для удаления асфальтосодержащих отложений
Кальцинированная сода	10	80 – 90	3 – 4	Выварка деталей из цветных металлов в ваннах
Жидкое стекло Мыло Хромпик	10 8 5	80 – 90	2 – 3	Выварка стальных деталей в ваннах
Кальцинированная сода	8,5			
Жидкое стекло Мыло Кальцинированная сода	8,5 10 10	80 – 90	2 – 3	Выварка алюминиевых деталей в ваннах
Мыло Хромпик Кальцинированная сода	10 5 20	80 – 95	2 – 3	Выварка алюминиевых деталей в ваннах
Кальцинированная сода Тринатрийфосфат Мыло	5,5 10 10	80 – 95	0,2 – 0,4	Струйная мойка стальных и чугуновых деталей
Кальцинированная сода Жидкое стекло	10 3 – 5	85 – 95	0,2 – 0,4	Струйная мойка стальных и чугуновых деталей

Таблица 6.6 – Синтетические моющие средства

Синтетическое моющее средство	Концентрация, г/л
1	2
<i>Средства для струйной очистки деталей</i>	
МЛ-51	10 – 20
Лабомид-101	10 – 30
Лабомид-102	10 – 30
МС-6	10 – 20
МС-8	10 – 20; в погружных ваннах 25 – 30
Темп-100	10 – 20

Продолжение таблицы 6.6

1	2
Тамп-ЮОД	10 – 20
КМ-1	2 – 10; в погружных ваннах 20 – 35
Вимол	5 – 10
Аэрол	1 – 5; при ручной очистке щётками 80
МЛ-6	0,5
МЛ-72	0,5 – 2,0
МЛ-8	0,5 – 2,0
Вертолин-74	50 – 80
<i>Средства для погружной очистки деталей</i>	
МЛ-52	20 – 30
Лабомид-203	20 – 30
МС-15	20
Импульс	30 – 50
ТМС-31	50 – 80

Таблица 6.7 – Растворяюще-эмульгирующие средства

Средство	Концентрация, г/л	Примечание
<i>Группа РЭС-I</i>		
АМ-15	1 000	Детали очищают в моечных установках погружного типа (температура раствора от 20 °С до 40 °С). После очистки - обязательное ополаскивание 1,0-1,5 %-ным водным раствором МЛ-52
ДВП-1, ДВП	500 (в дизельном топливе)	То же
Термос: эмульгирующий растворитель Т-1 ополаскивающий раствор ТР	1000 7	»
<i>Группа РЭС-II</i>		
Ритм, Ритм-76	100	Детали очищают в моечных установках погружного типа, закрытых металлическими крышками (температура раствора 15-20 °С). Затем ополаскивают водным раствором МЛ-52

Для удаления старой краски применяют смывки трёх марок – СД(сп), СД(об) и АФТ-1. Скорость их действия соответственно 5, 30 и 20 мин. Состав смывок приведён в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Составы смывок для удаления красок

Компоненты	Содержание, %		
	СД(сп)	СД(об)	АФТ-1
Коллоксилин	—	—	5,0
Парафин	—	2,2	0,5
Ацетон	10,0	47,0	19,0
Формагликоль	50,0	—	47,5
Толуол	—	—	28,0
Этиловый спирт	10,0	6,0	—
Бензол	30,0	8,0	—
Этилацетат	—	19,0	—
Скипидар	—	7,0	—
Нафталин	—	10,8	—

Для химического удаления продуктов коррозии применяют кислотные и щелочные растворы, составы которых приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Растворы для удаления продуктов коррозии и условия их применения

Состав раствора	Масса компонента, г	Температура применения раствора, °С	Время травления, мин	Обрабатываемый Материал
Серная кислота Ингибитор Вода	150 3 850	10 – 25	10 – 40	Сталь (сильное поражение коррозией)
Соляная кислота Ингибитор Вода	300 3 700	10 – 25	10 – 20	Сталь (сильное поражение коррозией)
Азотная кислота Хромпик Вода	70 10 1000	15 – 25	5 – 20	Алюминиевые сплавы
Серная кислота Хромовый ангидрид или азотная кислота Вода	350 65 1000	60 – 70	0,5 – 2,0	Алюминиевые сплавы
Серная кислота Хромпик Вода	160 160 1000	80	2 – 5	Медные сплавы

Для выполнения очистных и моечных работ применяют специальное оборудование различного назначения, сведения о котором приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Оборудование для очистки и мойки деталей

Оборудование	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч, или топлива, кг/ч	Габаритные размеры очищаемых деталей, мм	Габаритные размеры моечной машины, мм
1	2	3	4	5	6
Струйная камерная машина ОМ-4610	0,6	7,0	0,12	600x600x600	2300x1800x1950
Струйная конвейерная машина ОМ-5343	2,0	46,7	0,30	600x500x500	5300x2850x3400
Погружная моечная машина ОМ-12190	0,2	0,33	0,03	700x380x260	1250x1460x2300
Погружная моечная машина ОМ-22608	0,4	5,7	0,075	850x750x550	3220x2510x2682
Погружная моечная машина ОМ-22609	0,8	5,7	0,15	1800x1100x1500	5530x3300x430
Погружная моечная машина ОМ-15429 роторного типа	5,0	21,0	0,30	1400x1020x1010	7220x4700x3690
Погружная моечная машина ОМ-1425 (ММЧ-1)	4,0	21,6	0,18	1200x1000x1000	4630x2830x287(1
Погружная моечная машина ОМ-9788А	3,0	18,2	0,1	1000x1050x1200	1600x1380x1675
Погружная моечная машина ОМ-3996	Одна загрузка в час	—	0,375	2500x2500x1200	4500x3400x2150
Ультразвуковая ванна УЗВ-16М	0,2	5,0	0,25	300x600	970x875x965
Ультразвуковая ванна УЗВ-17М	0,3	7,5	0,3	300x900	1370x875x965
Ультразвуковая установка УЗВФ-1	ОД	11,0	—	300x300	1845x902x1000)Э
Комбинированная моечная машина ОМ-9318	4,0	43,6	0,25	850x750x550	Площадь поверхности монтажа 15,5 м ²

Продолжение таблицы 6.10

1	2	3	4	5	6
Комбинированная моечная машина ОМ-7421	8,0	80	0,40	1200x800x700	10500x3800x4100
Моечная машина ОМ-14256 для очистки деталей от нагара и накипи в расплавах солей и щелочей	0,6	70	—	800x800x800	9400x500x4800
Моечная машина ОМ-6068А для очистки мокрой галтовкой крепежных изделий и мелких деталей	0,16	0,6	—	До 150	1350x800x1430
Моечная машина ОМ-14249 для очистки крепёжных изделий и мелких деталей	0,4	1,1	0,03	До 150	1870x1525x1200

6.4.2 Характеристика материала детали

Свойства и химический состав материала восстанавливаемой детали влияют на выбор способа нанесения покрытия и его оптимального состава.

Восстанавливаемые детали изготавливаются из различных сплавов. К ним относятся различные марки сталей, чугунов, цветных металлов и др. Марка материала указывается в спецификации чертежа детали и узла. Применение различных методов дуговой наплавки обуславливает учёт такого свойства материала, как склонность к образованию горячих и холодных трещин при наплавке. Это свойство материалов в значительной степени определяет степень усложнения технологического процесса для получения необходимого качества наплавленного слоя.

Свариваемость в основном определяется содержанием (массовой долей) углерода и легирующих элементов (для сталей). С увеличением содержания этих элементов свариваемость ухудшается, т.е. возрастает вероятность образования трещин в наплавленном металле и зоне термического влияния.

Свариваемость низколегированных сталей может быть оценена по эквивалентному содержанию углерода (в процентах) по формуле

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{10} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}.$$

К материалам, обладающим высокой стойкостью к образованию трещин при наплавке или хорошей свариваемостью, относятся низкоуглеродистые ($C \leq 0,25 \%$) и низколегированные стали ($C_3 \leq 0,25 \%$). При наплавке этих сталей не требуется применения специальных технологических приёмов для обеспечения высокого качества наплавленного слоя.

Повышенное содержание углерода (или C_3) в пределах от 0,26 % до 0,45 % приводит к возможности образования закалочных структур в зоне термического влияния, что может привести к образованию холодных трещин. Вследствие этого перед наплавкой таких материалов рекомендуется предварительный подогрев до 150 - 200 °С; при их наплавке необходимо строго соблюдать режимы наплавки. Углеродистые стали с содержанием $C = 0,45 - 0,55 \%$, низколегированные стали с содержанием $C = 0,3 - 0,4 \%$ (или $C_3 = 0,45 - 0,55 \%$), медь, алюминий и их сплавы имеют значительную склонность к закалке при наплавке в зоне термического влияния, что приводит к образованию закалочных (холодных) трещин как в интервале температур образования мартенсита, так и после полного остывания. При наплавке таких материалов необходим предварительный подогрев до 100-500 °С с высокотемпературным отпуском ($T = 550-600 \text{ °С}$) непосредственно после наплавки.

При наплавке деталей из углеродистых сталей с содержанием углерода более 0,55 %, низколегированных сталей с содержанием углерода более 0,4 %, специальных сталей (типа Г13Л), чугунов необходим предварительный подогрев наплавляемой детали с высокотемпературным отпуском после наплавки. В случае невозможности проведения указанной термообработки целесообразным является применение определённой техники выполнения наплавки (наложение отжигающего валика, наплавка короткими валиками при многослойной наплавке), обеспечивающей снижение скорости охлаждения наплавленного металла.

6.4.3 Выбор и обоснование способа восстановления

Выбор рационального способа восстановления является одним из основных вопросов при разработке технологического процесса восстановления детали. Выбор способа восстановления базируется на условии обеспечения наибольшей долговечности детали при наименьших затратах на восстановление. Для восстановления одной и той же детали обычно пригодны несколько способов, часто неравноценных по своим технико-экономическим показателям. Поэтому обоснование и выбор оптимального способа восстановления является важной и сложной задачей, которую следует решать в комплексе технических, экономических и организационных вопросов [35].

Выбор способа восстановления изношенной детали проводится по трём основным критериям:

- применяемости;
- долговечности;
- технико-экономические эффективности.

Методика выбора способа восстановления предусматривает оценку современных методов восстановления по данным критериям в указанной последовательности.

Критерий применяемости, или технологический критерий позволяет из различных способов восстановления выбрать тот, который наиболее полно удовлетворяет требованиям восстановления данной детали.

Применяемость способа восстановления к конкретной детали определяется конструктивно-технологическими характеристиками. К ним относятся:

- форма и размеры детали;
- материал детали, его термическая обработка и свариваемость;
- характер и величина эксплуатационных нагрузок, воспринимаемых деталью;
- твёрдость рабочей поверхности;
- величина износа;
- точность изготовления детали;

– программа ремонта детали.

В таблице 6.11 приведены рациональные способы нанесения покрытий в зависимости от химического состава стали и вида термической обработки с учётом износа и толщины стенки в месте восстановления.

После выбора способа или группы способов по критерию применимости проводится оценка этих способов по критерию долговечности.

Этот критерий позволяет оценить способ восстановления с точки зрения обеспечения эксплуатационных свойств детали, т.е. её последующего межремонтного срока службы.

При восстановлении деталей должно быть обеспечено основное техническое требование долговечности – минимальный ресурс восстановленной детали должен быть не меньше межремонтного ресурса работы машины.

Эксплуатационными свойствами покрытия, необходимыми для выбора способа нанесения по данному критерию, являются прочность сцепления, износостойкость и сопротивление поверхностных слоёв усталостным разрушениям. Численные значения указанных характеристик определяются в результате проведения лабораторных испытаний (на машинах трения, машинах на усталость) на образцах, имитирующих восстанавливаемые детали, а также при эксплуатационных испытаниях восстановленной детали.

Окончательное обоснование и выбор рационального способа восстановления осуществляются на основе критерия технико-экономической эффективности.

Данный критерий может быть определён следующим выражением

$$C_n > \frac{C_v}{K_d},$$

где C_n – стоимость новой детали;

C_v – стоимость восстановления детали;

K_d – коэффициент долговечности восстановленной детали.

Таблица 6.11 – Рациональные способы нанесения покрытий в зависимости от состава и термообработки стали, величины износа и толщины стенки детали

Сталь и её термообработка	Толщина стенки в месте восстановления, мм															
	≤ 1		≤ 5			≤ 20			20-50				> 50			
	износ, мм, не более															
	0,3	1	0,3	1	2	0,3	1	2	10	1	2	10	> 10	2	10	> 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Нелегированная < 0,4 % С, без т.о.	ПМ ГП ГМ	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП ЭК	ВД ПМ ГМ ЭК	ВД ПД	ПМ ГМ ЭК ГП	ВД ПД ГМ ПМ	ВД ДУ РД ВД	АФ РД АД ДУ	ВД ПД ГМ ПМ	АД ДУ РД ПД	АФ РД АД ДУ ПП	АФ ПП ЭШ	АФ ПП РД АД ДУ	АФ ПП РД ДУ	ЭШ АФ ПП ДУ
≤ 0,45 % С, 2,5 % Σл, без т.о.	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП ПД	ПМ ГМ ГП	ВД ПМ ГМ ЭК	ВД ПД АД	ПМ ГМ ГП ЭК	ВД ПМ ГМ ЭК	ВД ПД АД ДУ	АФ РД АД ДУ	ВД ПД ГМ ПМ	АД РД ПД	АФ ПП АД ДУ	АФ ПП АД ДУ	АФ ПП РД АД ДУ	АФ ПП РД ДУ	ЭШ АФ ПП ДУ
≤ 1 % С, ≤ 6 % Σл, 3+Н.О.	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ	ВД ПД	ПМ ГМ ЭК ГП	ПМ ГМ ПД ВД	ВД ПД	РД АД ПД	ВД ПД ПМ ГМ	ПД АД	ПД АД	АФ АД ПД	АД ПД	АФ ПП АД ДУ	АФ ПП ДУ
≤ 1 % С, 6-13 % Σл, 3+Н.О.	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП	ПМ ГМ ГП	ВД ПМ ГМ	ВД ПД	ПМ ГМ ГП	ВД ПМ ГМ ЭК	ВД ПД	АД РД ПД	ВД ПД ПМ ГМ	ПД АД	ПД ВД АД	АФ АД ПД	ПД АД	ПД АД	АФ АД ДУ ПП

Продолжение таблицы 6.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
≤ 1 % С, ≤ 6 % Σл, 3+В.О.	ПМ	ПМ	ПМ	ВД	ВД	ПМ	ВД	ВД	АД	ВД	ВД	АД	АД	ПД	ПД	АФ
	ГМ	ГМ	ГМ	ПМ	ПД	ГМ	ПД	ПД	ПД	ПД	ПД	ПД	ПД	АФ	ДУ	АД
	ГП	ГП	ГП	ГМ		ГП	ГМ		РД	ПМ	АД		ДУ	ДУ	АД	ПП
≤ 1 % С, 6-13 % Σл, 3+В.О.	ПМ	ПМ	ПМ	ВД	ВД	ПМ	ВД	ВД	АД	ВД	АД	АД	АФ	РД	ПП	АФ
	ГМ	ГМ	ГМ	ПМ	ПД	ГМ	ПМ	ПД	ДУ	ПД	ПД	ДУ	ПП	АД	АД	ПП
	ГП	ГП	ГП	ГМ		ГП	ГМ		ПД	ПМ	ДУ	АФ	АД	ПД	ДУ	ДУ
Примечания - Σл – суммарное содержание легирующих элементов в стали; 3+Н.О. – закалка с низким отпускком; 3+В.О. – закалка с высоким отпускком; АФ – наплавка под флюсом; ВД – вибродуговая; АД – аргоно-дуговая; ДУ – наплавка в СО ₂ ; ЭЛ – электроконтактная; ПП – наплавка порошковой проволокой; РД – ручная дуговая; РГ – ручная газовая; ПМ – плазменная металлизация (напыление); ГМ – газопламенная металлизация (напыление); ГП – гальваническое покрытие Cr; ЭШ – электрошлаковая наплавка; ПД – плазменно-дуговая наплавка																

Коэффициент долговечности определяется на основе анализа эксплуатационных свойств покрытия: чем ниже коэффициент долговечности детали, тем ниже должна быть и себестоимость восстановления.

Из приведённого выше выражения следует, что более эффективным является способ, обеспечивающий наименьшую стоимость ремонта при равной износостойкости восстановленной и новой детали либо наибольшую износостойкость восстановленной при равной себестоимости.

Для выбора рационального способа восстановления по приведённой методике необходимо знать технологические возможности различных способов нанесения покрытий. Технологические характеристики основных способов нанесения покрытий приведены в таблице 6.12.

6.4.4 Разработка рациональной схемы технологического процесса ремонта детали

После обоснованного выбора способа восстановления изношенной поверхности необходимо разработать принципиальную схему технологического процесса восстановления этой детали. Технологический процесс восстановления изношенной детали состоит из подготовительных операций, нанесения покрытия, последующей термической и механической обработки, а также контрольных операций.

В ремонтном производстве (после разборки узла машины) детали подвергаются очистке, мойке и дефектации. При дефектации выявляются эксплуатационные дефекты – трещины, сколы, износ. Затем определяются величина износа трущейся поверхности детали, равномерность его распределения. При наличии износа, превышающего допустимый, деталь направляется на восстановление.

При неравномерном износе по сечению детали обычно производится предварительная механическая обработка изношенной поверхности для выравнивания восстанавливаемой поверхности. Важным этапом, определяющим в значительной степени качество и работоспособность восстановленной детали, является подготовка её поверхности перед нанесением покрытия.

Таблица 6.12 – Технологические характеристики методов нанесения покрытий [35]

Способ нанесения покрытий	Производительность,		Толщина покрытия, мм	Припуск на мех. обработку, мм	Прочность сцепления, Н/мм ²	Наименьший диаметр детали, мм	Деформация дет. после покрытия	Снижение сопротивления усталости, %	Твёрдость покрытия HRC
	кг/ч	см ² /мин							
Наплавка									
Под флюсом	2-15	16-24	3-10	0,8-1,5	650	45	значит.	15	17-60
В СО ₂	1,5-4,5	18-36	0,5-3,5	0,7-1,3	550	15	значит.	15	20-62
Вибродуговая	0,5-4	8-22	0,6-3	0,7-1,3	500	10	незнач.	35	14-63
Эл. контактная	1-28	50-90	0,2-1,5	0,2-0,5	300	15	незнач.	25	
Порош. провол.	2-9	16-36	1-8	0,6-1,2	600	20	значит.	15	18-60
Ручная газовая	0,15-2	1-3	0,4-3,5	0,4-0,8	480		значит.	25	18-42
Плазменная	1-2	45-72	0,2-5	0,4-0,9	490	12	незнач.	12	22-70
Ручная дуговая	0,4-4	8-14	0,5-4	1,1-1,7	500		значит.	30	20-63
Аргонодуговая	0,3-3,6	12-26	0,2-2,5	0,4-0,9	450	12	незнач.	25	20-62
Напыление									
Газопламенное	0,4-4	35-80	0,2-2	0,3-0,7	25		отсутст.	30	20-48
Плазменное	0,8-12	40-90	0,2-2	0,03-0,06	45	10	отсутст.	25	18-63
Гальваническое покрытие									
Хромом	0,07-0,008	40-60	0,01-0,33	0,3-0,06	450	5	отсутст.	20	35-72
Железом	0,011-0,9	100-150	0,1-0,3	0,15-0,2	400	12	отсутст.	25	21-62

Подготовка деталей под наплавку при ремонте заключается в очистке наплавляемой поверхности от продуктов износа, оксидов и т.п. Очистка изношенной поверхности проводится абразивными кругами или металлическими щётками, а также может быть применена химическая очистка.

Перед наплавкой производится защита отверстий, канавок, шпоночных пазов и других поверхностей, не подвергающихся наплавке, для чего применяют медные, графитовые заглушки или стержневые твердеющие смеси (песок, жидкое стекло и т.п.). Окончательно обработанные ненаплавляемые поверхности детали защищают от брызг расплавленного металла и оксидов асбестом, эмульсиями (водный раствор каолина, мрамора и т.п.).

При дуговой наплавке деталей, обладающих пониженной свариваемостью ($C_s \geq 0,45 \%$), для предотвращения образования горячих и холодных трещин перед наплавкой рекомендуется проводить операцию предварительного подогрева детали или места наплавки до температуры от 250 °С до 350 °С.

Перед нанесением газотермических покрытий (газопламенное, плазменное, детонационное напыление, электродуговая металлизация) для повышения прочности сцепления покрытия с основным материалом, кроме очистки и обезжиривания, проводится дробеструйная обработка поверхности, в некоторых случаях – нанесение "рваной резьбы".

Для дробеструйной обработки применяется металлическая дробь из белого чугуна, частицы корунда и т.п. Кроме того, для повышения прочности сцепления иногда применяется подогрев напыляемой поверхности до температуры от 150 °С до 200 °С или нанесение подслоя.

После нанесения покрытия производится измерение толщины покрытия, внешний осмотр с целью выявления поверхностных дефектов качества формирования нанесённого слоя. При восстановлении большой партии деталей контроль толщины покрытия производится посредством специальных шаблонов. Затем, при необходимости, производится термическая или химико-термическая обработка восстановленной поверхности для повышения служебных характеристик детали.

Завершающей операцией является операция механической обработки для по-

лучения чертёжного размера восстановленной поверхности. Для этой цели применяется токарная обработка, шлифование и т.п.

6.4.5 Выбор оптимального состава материала покрытия

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

Выбор состава материала покрытия зависит от вида изнашивания поверхности и условий работы детали (характер нагрузок, среда, температура и т.п.). Кроме того, необходимо учитывать свариваемость выбранного материала с основным металлом, технологичность при механической обработке покрытия и экономические показатели.

В таблицах 6.13, 6.14 и 6.15 приведены марки, состав, температура плавления, твёрдость и свойства покрытий из сплавов на основе никеля и титана, самофлюсующихся сплавов и высокоуглеродистых легированных сплавов.

Для восстановления изношенных поверхностей деталей применяются различные материалы и изделия:

- штучные электроды для ручной дуговой наплавки;
- проволоки и ленты сплошного сечения для автоматизированной наплавки;
- порошковые проволоки и ленты;
- порошковые материалы для наплавки и напыления;
- керамические ленты, прутки и др.;
- флюсы плавные и керамические.

Разнообразие марок этих материалов позволяет получить необходимый состав и структуру восстановленной поверхности детали для различных условий её эксплуатации. Вид материала для нанесения покрытия (электроды, проволока, порошок) выбирается с учётом способа нанесения.

Таблица 6.13 – Сплавы на основе никеля и титана [35]

Марка	Состав, %	Тпл., °С	Твёрдость HRC	Свойства покрытий
ПН70Ю30	Ni – основа; Al – 30,5	1630	40	Высокая жаростойкость и теплостойкость, износостойкость в парах трения с чугуном
ПН85Ю15	Ni – основа; Al – 13,5	1380	30-35	То же
ПН55Т45	Ni – основа; Ti – 45	1310	55-60	Высокая износостойкость, устойчивость к коррозии
ПТ86Н12	Ti – основа; Ni – 11	1000	–	Устойчивость к химической коррозии, жаростойкость
ПТ65Ю35	Ti – основа; Al – 37	1450	–	
ПН75Ю23В	Ni – основа; Al – 23; Cr-3	1600	–	Высокая стойкость к действию щелочей, карбонильной коррозии, газообразивному износу при повышенных температурах
ПХ20Н80	Ni – основа; Cr – 20	1450	35-40	То же
ПХ20Н70Ю10	Ni – основа; Cr – 17, Al – 9,5	1450	35-40	То же
ПХ16Н77Ю6	Ni основа; Cr – 17, Al – 6	1450	35-40	–
ПР – НЮ5	Ni – основа; Al – 5	1450	–	Подслоя для износостойких покрытий
<p>Область применения: Защитные слои на деталях машин и оборудования металлургического, энергетического, химического, нефтедобывающих производств, ДВС и др. Наносятся плазменным и детонационным напылением</p>				

Таблица 6.14 – Самофлюсующиеся сплавы

Марка	Состав, %	Тпл., °С	Твёрдость HRC	Свойства покрытий
1	2	3	4	5
ПР-Н80Х13С2Р	Ni-основа; С-0,3; Cr-13; Si-2,4; В-1,5	1070	29-34	Высокая износостойкость, высокая коррозионная устойчивость и жаростойкость, хорошая прочность сцепления со сталями. Твёрдость и износостойкость сплавов возрастают, а сопротивление удару падает по мере увеличения в них содержания углерода, бора и кремния
ПР-Н77Х15С3Р2	Ni-основа; С-0,5; Cr-15; Si-3,2; В-2	1050	37-42	—
ПР-Н73Х16С3Р3	Ni-основа; С-0,7; Cr-16; Si-3,2; В-2,7	1050	47-52	—
ПР-Н70Х17С4Р4	Ni-основа; С-1; Cr-17; Si-4,1; В-3,6	990	55-59	—
ПР-Н67Х18С5Р4	Ni-основа; С-1,2; Cr-17,5; Si-4,5; В-4,3	1000	60-62	—
ПР-Н65Х25С3Р3	Ni-основа; С-1,2; Cr-25; Si-2,7; В-2,5	1050	45-51	—

Продолжение таблицы 6.14

1	2	3	4	5
ПР-Н68Х21С5Р	Ni-основа; C-0,4; Cr-21; Si-4,5; B-1,1	1070	44-50	–
ПГ-СР2	Ni-основа; C-0,3; Cr-13,5; Si-2,5; B-1,8	1050	40-45	–
ПГ-СР3	Ni-основа; C-0,5; Cr-15; Si-3; B-2,4	1050	50-55	–
ПГ-СР4	Ni-основа; C-0,8; Cr-16,5; Si-3,7; B-3,3	990	58-62	–
ПГ-10Н-01	Ni-основа; C-0,6; Cr-20; Si-4,5; B-3,4		55-62	–
ПГ-12Н-01	Ni-основа; C-0,6; Cr-14; Si-3,2; B-2,5		45-50	–
ПР-НХ7С4Р3	Ni-основа; C-0,4; Cr-6,8; Si-4,1; B-3	980	50-52	Хорошая жидкотекучесть при оплавлении

Продолжение таблицы 6.14

1	2	3	4	5
ПР-НД42СР	Cu-основа; Sn-8,2; Si-1; B-0,8; Ni-5	1065	200 НВ	Хорошая адгезия с чугуном
ПР-ОНСР	Cu-основа; Sn-8,2; P-0,4; Si-14,5; B-2,5; Ni-14,5; Cr-2,5; Si-2,5	700	140 НВ	–
ПР – ОФНХСР	Cu-основа; Sn-8,2; P-0,4; Si-14,5; B-2,5; Ni-14,5; Cr-2,5; Si-2,5	630	220 НВ	Прочные и износостойкие слои на меди и стали
ПР – Х4Г2Р4С2Ф	Fe-основа; Cr-3,7; Mn-2,2; B-3,8; Si-2,5; V-0,8	1200	58-60	Высокая износостойкость
ПР – ЖНДСР	Fe-Ni-Cu-Si-B	1025	240 НВ	Хорошая адгезия с чугуном

Область применения:

Роторы и втулки насосов, шнеки и корпуса экструдеров для пластмасс, кулачковые распределительные валы, шейки валов, седла клапанов, калибры и штампы, детали запорной арматуры, лопатки воздуходувок и газовых турбин, опорные цапфы и диски, детали станков и др.

Наносятся газопламенным напылением, плазменным напылением и наплавкой.

Наряду с указанными в перечне марками порошков, АП ЛПС может производить и другие порошковые материалы по рецептуре потребителя, такие как: ПГ- ЮН-01, ПГ-1 2Н-01, ПГ-1 2Н-02, ПГ-10К-01, ПГ-19М-01.

Таблица 6.15 – Высокоуглеродистые легированные сплавы [35]

Марка	Состав, %	Тпл., °С	Твёрдость HRC	Свойства покрытий
ПГ – С27	Fe-основа; C-3,9; Cr-26; Si-1,5; Ni-1,7; W-0,3; Mn-1,1	1280-1320	59	Высокая износостойкость при абразивном износе, эффект самозатачивания при обработке почвы
ПГ-С1	Fe-основа; C-2,9; Cr-29; Si-3,5; Mn-4,2; Ni-4	1280-1320	51	
ПГ – УС25	Fe-основа; C-4,9; Cr-38; Si-2,1; Mn-2,5; Ni-1,4	1280-1320	55	–
ПГ – ФБХ6-2	Fe-основа; C-4,5; Cr-34; Si-1,7; Mn-2,7; В-1,6	1280-1320	52	–
ПР- Х18ФНМ	Fe - основа	–	44	Высокие износо-, коррозионная стойкость, хорошие сварочные свойства
ПР-ЧН15Д7	Fe-основа; C-2,6; Cr-1,7; Si-2,2; Mn-1; Ni-15; Cu-6,5	–	–	Хорошая износостойкость при повышенных температурах
ПГ-Л101	Fe- основа; C-5,9; Cr-55; Si-9; Mn-3; Ni-5	–	–	Наполнители лент и проволок для покрытий, стойких к абразивному износу
ПГ-Л102	Fe-основа; C-5,9; Cr-47; Si-9; Mn-3; В-2,4	–	–	
ПР-ХЗОСРНД	Fe- основа; C4.9; Cr-30; Si-3,2; Mn; Ni -1.4; В-2	1240-1260	59	Износостойкость в сочетании с жаростойкостью
ПР – ХЗОГСР	Fe - основа	1200-1240	58	
ПР-ФМИ	Fe- основа; C-3,5; Si-2,5; Mn-12; В-3	1200	55	Высокая износостойкость
Область применения: Наплавочные сплавы для массового упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин, деталей экструдеров, арматуры систем гидропривода и др. Наносятся индукционной и плазменной наплавкой.				

В таблицах 6.16, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20 приведены некоторые марки материалов, рекомендуемых для восстановления изношенных деталей в зависимости от условий эксплуатации.

При выборе металла для наплавки нужно учитывать, что наплавленный металл может значительно отличаться по составу от наплавочных материалов, что обусловлено двумя причинами: разбавлением расплавленного металла основным и взаимодействием расплавленного металла с газовой и шлаковыми фазами наплавочной ванны.

Таблица 6.16 – Некоторые наплавочные электроды для ручной дуговой наплавки [35]

Группа условий работы	Марка электрода	Тип электрода	Твёрдость HV (HRC)	Область применения
1	2	3	4	5
1	ВСН-9 ЦН-16 ЭНУ-2 Т-620	Э140Х10Н2Г2АР Э175Н8Х6С5 Э350Х15Г3Р1 Э320Х23С2ГТР	до 700 до 600 до 600 > 600 (59-63)	Ножи дорожных машин, клыки и зубья ковшей экскаваторов и т.п.
2	ВНК/ЛИВТ	80Х4С	(56 – 62)	Ножи дорожных машин, детали пескоструйных аппаратов и т.п.
3	ЦНИИН-4 ОМГ-Н ВСН-6 ОЗШ	65Х25Г13Н3 65Х11Н3 110Х14В13Ф2 09Х32Н9С2М2	(32 – 35) (25 – 33) (50 – 55) (58 – 62)	Породоразрушающий инструмент, звенья гусениц, детали дробильных аппаратов
4	12АН/ЛИВТ	95Х7Г5С	(25 – 32)	Детали землечерпалок, насосов и др.
5	ЭН-60М ВСН-10	60Х2СМ 50Х12Н4М2	(56-62) 400-450	Детали строительно-дорожных машин вагонов и др.
6	К2-55 ЖСН-60р	14Г2Х 105В6Х5М3Ф3	(29-36) 550-600	Рельсы, колесные пары и др.
7	НР-70 УОНИ-13/55	30С2ХМ Э-55	(30-39) (140-210)НВ	Валы, оси, пальцы, крестовины, рельсы

Продолжение таблицы 6.16

1	2	3	4	5
8	ОЗШ-1 ОЗН-300	16Г2ХН 15ГЗ	350-400 (250-300) НВ	Зубья шестерён и др.
9	ЦН-6Л	08Х17Н8С6Г	(28 – 37) после т.о.	Клапаны насосов и др.
10	ЦН-2	190К62Х29В5С2	(40 – 50)	Клапаны двигателей внутреннего сгорания
11	УОНИ-13/НЖ	20Х13	(54 – 62) после т. о.	Аппараты хим. производств, детали насосов

Таблица 6.17 – Некоторые наплавочные проволоки сплошного сечения [35]

Марка и тип	Рекомендуемый флюс	Твёрдость НВ	Назначение	
			группа	Применение
1	2	3	4	5
Нп-25, Нп-30 Нп-50 Нп-65, Нп-80	АН-348А	160-220 180-240 220-340	7-8	Детали, работающие в условиях трения металла по металлу (оси, валы, катки, шпиндели и т.п.)
Нп-50Г Нп-65Г	АН-348А	200-270 230-310	6-8	Натяжные колёса, опорные ролики гусеничных машин, оси, валы и др.
Нп-50ХФА	АН-20 АН-26	43-50 HRC	5	Детали машин, работающие с динамическими нагрузками (коленчатые и шлицевые валы, кулачки)
Нп-30ХГСА	АН-20 АН-26	220-300	6	Шестерни, крановые колёса и др.
Нп-45Х2В8Г	АН-20 АН-26	40-46 HRC	1-3	Прокатные валки и кузнечно-прессовый инструмент
Нп-105Х	АН-20 АН-26	32-38 HRC	1, 3, 4	Зубья ковшей экскаваторов, детали землечерпалок
Нп-40Х3Г2МФ	АН-20 АН-26	38-44 HRC	3	Детали дробилок и др., работающие на удар
Нп-Г13А	ОФ-6	220-280	3	Детали из стали типа 110Г13Л, ж.д. крестовины
Нп-30Х13	ОФ-6	38-45 HRC	9	Детали насосов, задвижек для пара и воды

Продолжение таблицы 6.17

1	2	3	4	5
Нп-30Х10Г10Т	ОФ-6	200-220	9	Лопастни гидротурбин, плунжеры и др.
Сварочная проволока для наплавки				
Св-08 Св-08ГС	АН-348	120-180 180-200	7	Оси, шпиндели, валы, опорные ролики и др.
Св-18ХГС	АН-20, АН-26	240-300	7,8	Оси катков, цапфы, опорные ролики и др.
Св-20Х13 Св-10Х17Т	ОФ-6	42-48 30-38 HRC	9	Уплотнительная арматура, работающая при T=450 °C

Таблица 6.18 – Некоторые порошковые проволоки (ПП) и ленты (ПЛ) для дуговой наплавки

Марка	Тип наплавленного металла	Флюс	Твёрдость	Условия работы наплавленных деталей
1	2	3	4	5
ПП-ТН250	14ГСТ	самозащита	250 НВ	Трение металла о металл (оси, валы из сталей 25Л, 45Л)
ПП-АН121	20ХГТ	То же	320 НВ	Трение металла о металл (оси и др.)
ПП-АН122	30Х5Г2СМ	То же	52 HRC	Трение металла о металл при ударных нагрузках (колен. валы, крестовины)
ПП-АН135	250Х10В8С2	То же	54 HRC	Абразивное изнашивание с ударными нагрузками (зубья, ковши, рыхлители)
ПП-У10Х4Г2Р	100Х4Г2Р	То же	56 HRC, не менее	Абразивное изнашивание с умеренными ударами (катки, ролики и др.)
ПП-АН120	18Х1Г1М	АН-348А, АН-60	350 НВ, не менее	Трение металла о металл (крановые колёса, шкивы и др.)

Продолжение таблицы 6.18

1	2	3	4	5
ПП-АН104	200X12ВФ	АН-15М, АН-20	42 HRC	Абразивное изнашивание с ударными нагрузками (ножи, смесители и др.)
ПП-У25Х25Г3Ф2Р	250Х25Г3Ф1Н1РС	АН-20, АН-15М	54 HRC	Абразивное изнашивание с умеренными ударными нагрузками (детали землеройных машин)

Таблица 6.19 – Некоторые порошковые сплавы для наплавки и газотермического напыления [35]

Марка	Тип наплавленного металла	Группа условий работы	Твёрдость HRC	Технологические Особенности
ПГ-С1	300Х28Н4С4	1, 2, 3	51	Подогрев до 500 °С, замедленное охлаждение
ПГ-УС25	450Х38Н2С2	1	55	То же
ПГ-С27	400Х27Н2С2	1, 2	53	— ” —
ПГ-АН1	250Х30С2Р	1, 2	54	— ” —
ПГ-ФБХ6-2	450Х35ГСР	1	52	Подогрев до 500 °С
ПГ-СР2	400Х14Н80С2Р2	3, 5	38-43	Подогрев до 450 °С с оплавлением
ПГ-СР3	600Х15Н80С3Р3	3, 5	47-52	То же
ПГ-СР4	800Х17Н80С4Р4	1, 7	57-62	Подогрев до 550 °С с оплавлением
ВСНГН	400Х13Н16РСВ75	1, 2, 4	60-62	Подогрев до 450 °С
60 % ПГ-СР4 +40% Cr ₃ C ₂	—	1, 2, 4, 5	60-65	Напыление с оплавлением
65 % ПГ-СР4 + 35 % TiC	—	1, 2, 4, 5	40-45	Без оплавления
ХВС-3	150Х12Ф6С3	1, 2, 3, 7	40-45	То же

Первый фактор определяется величиной доли участия основного металла в наплавленном слое. Доля участия основного металла определяется из соотношения

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

где F_{np} – площадь сечения проплавления основного металла, мм²;

F_H – площадь сечения наплавленного металла, мм².

Содержание искомого элемента в первом слое наплавленного металла составит

$$C_{общ} = C_{o.m.} \gamma_o + C_{эл} (1 - \gamma_o),$$

где $C_{общ}$ – содержание элемента в наплавленном металле;

$C_{o.m.}$ – содержание элемента в основном металле;

$C_{эл}$ – содержание элемента в присадочном (электродном) металле;

γ_o – доля участия основного металла в формировании наплавки.

При взаимодействии расплавленного металла с окружающей средой происходит окисление и выгорание элементов в процессе горения дуги. Эти процессы учитываются коэффициентом перехода легирующих элементов в наплавленный металл η_p . Ориентировочные значения η_p приведены в таблице 6.20.

Таблица 6.20 – Значения коэффициента перехода η_p легирующих элементов при различных способах наплавки [12]

Способ наплавки	η_p						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ti	Др. элем.
Покрытыми электродами	1,0	0,5	0,2	0,75	0,85	-	-
Автоматическая под флюсом:							
АН-348А	0,8	0,76	2,9	0,67	0,76	0,1	-
АН-20	1,0	0,66	2,2	0,88	0,9	0,3	Ni-1,0
Наплавка в CO ₂	0,71	0,55	0,37	-	-	-	-

Таким образом, фактическое содержание искомого легирующего элемента в наплавленном слое можно определить по формуле

$$\tilde{N}_{o\ddot{a}\ddot{e}\ddot{o}} = \tilde{N}_{i\ddot{a}\ddot{i}} \eta_i.$$

При многослойной наплавке количество искомого легирующего элемента будет увеличиваться, приближаясь к содержанию его в электродном металле в соответствии с уменьшением доли участия основного металла.

6.4.6 Определение основных технологических параметров процесса нанесения покрытий

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

Режим нанесения определяется расчётным путём 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

$$I_n = \frac{\pi d_3^2 j}{4},$$

где d_3 – 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 6.21.

Таблица 6.21 – Значения допустимой плотности тока при дуговой наплавке [12]

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 6.22).

Таблица 6.22 – Рекомендуемый диаметр электрода для наплавки плоской поверхности [12]

Износ, мм	2–3	3–4	4–5	5–6	6
$d_э$, мм	2	2	3	5	5

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

В таблице 6.23 приведены рекомендуемые диаметры электродной проволоки в зависимости от диаметра детали для наплавки под флюсом.

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле

$$V_{эл} = \frac{4\alpha_p I_n}{\pi d_э^2 \rho},$$

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

I_n – ток наплавки, А;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, см;

ρ – плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Таблица 6.23 – Рекомендуемый диаметр электродной проволоки

Диаметр детали, мм	50 – 60	70	80 – 100	100
$d_э$, мм	1,2 – 1,6	1,6 – 2,0	2	2 – 3

Коэффициент расплавления α_p можно определить из следующих зависимостей:

– при переменном токе

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

– при постоянном токе прямой полярности

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

Скорость наплавки определяется из соотношения

$$V_{nn} = \frac{V_{эл} F_{эл}}{F_{nn}},$$

где $V_{эл}$ – скорость подачи проволоки, м/ч (м/с);

$F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²;

F_{nn} – площадь наплавленного валика, мм².

Площадь наплавленного валика

$$F_{nn} = \delta S a,$$

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

$$S = (3...4)d_3.$$

Частота вращения наплавляемой детали n , мин⁻¹,

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

где V_{nn} – скорость наплавки детали, м/ч;

n – частота вращения наплавляемой детали, мин⁻¹;

D – диаметр наплавляемой детали, мм.

Глубина проплавления h_n определяется по формуле

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

где h_n – глубина проплавления основного металла, мм;

I_n – ток наплавки, А;

U_n — напряжение, В;

η — эффективный к.п.д. дуги;

V_{np} — скорость наплавки, м/ч.

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, мм²,

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

где φ_{np} — коэффициент формы проплавления;

h_n — глубина проплавления, мм.

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

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

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

Выбор основных технологических параметров процесса дуговой наплавки может быть произведён также по справочным таблицам (таблицы 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.30, 6.31, 6.32, 6.33).

Таблица 6.24 – Режим наплавки под флюсом цилиндрических деталей [2]

Диаметр, мм		Режим наплавки				
наплавляемой детали	электродной проволоки	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость, м/ч		Смещение электродов, мм
				подачи проволоки	наплавки	
40-50	1,2-1,6	110-130	25-28	70-100	14-18	4-5
60-70	1,6-2,0	170-180	26-28	70-110	20-24	5-6
80-90	2,0	170-200	26-29	120-150	20-24	6-7
100	2,0	170-200	26-29	120-150	20-24	7-8

Оптимальные параметры режима электроконтактной наплавки порошков при восстановлении валов из стали 45 диаметрами от 30 до 60 мм и порошками ПГ-СР2, ПГ-УС25, Х18Н10Т: $I = 10,0$ кА, $P = 1470$ Н, $t = 0,06$ с.

При электроконтактной наплавке чугунных валов порошком ПР-НП43 опытными параметрами режима являются $I = 10,5$ кА, $P = 1500$ Н, $t = 0,06-0,08$ с. Шаг наплавки для всех указанных случаев составляет 2,75 мм/об. Размер частиц порошков от 20 мкм до 250 мкм.

Таблица 6.25 – Примерные режимы наплавки порошкообразных смесей угольными и графитовыми электродами на постоянном токе при прямой полярности [12]

Электроды	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
Угольные	10	160-200	24-26
	12	200-300	24-26
	14	300-350	25-28
	16	350-400	25-28
	20	400-500	26-30
Графитовые	6	120-160	26
	8	200-250	25
	10	250-300	26

Таблица 6.26 – Данные для выбора режима сварки угольным электродом [12]

Толщина свариваемого металла, мм	Сила тока, А	Диаметр		
		присадочного прутка	угольного электрода	графитового электрода
		Мм		
3-5	120-250	4-6	12,5	10,0
5-8	250-400	5-6	15,0	12,5
8-10	250-400	6-7	15,0	12,5
10-15	400-500	7-8	18,0	15,0

Таблица 6.27 – Режимы наплавки плоской поверхности изношенной детали [12]

Износ детали,	Диаметр электрода,	Ток наплавки,	Напряже-ние, В	Скорость наплавки,	Род Тока
мм		А		м/ч	
2-3	2	160-200	20-25	30-32	постоян. пост. или перемен. То же — ” —
3-4	2	340-350	25	32-34	
4-5	3	360-460	20-25	32-34	
5-6	5	650-700	25-30	34-36	

Таблица 6.28 – Диаметр вольфрамового электрода и расход аргона в зависимости от силы сварочного тока [12]

Сила то-ка, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход ар-гона, дм ³ /мин	Сила то-ка, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, дм ³ /мин
15-20	0,8	0,5-2	60-100	2	4-5
20-30	1,0	2-3	100-140	3	5-6
30-40	1,2	3	140-180	4	6
40-60	1,6	4	180-230	5	7-8

Таблица 6.29 – Режимы наплавки некоторыми порошковыми проволоками и лентами [12]

Марка	Диаметр или сечение, мм	Сила тока, I_n , А	Напряжение, U_0 , В	Скорость наплавки, м/ч
ПП-АН122	2,6	320-360	25-27	19-22
ПП-АН103	3,6	380-400	28-32	25-35
ПП-АН104	3,6	380-400	28-32	25-35
ПП-АН125	3,2	400-420	28-32	18-25
ПП-АН135	3,2	380-240	30-34	8-12
ПП-АН105	2,8	220-240	20-22	20-30
ПП-АН108	2,8	260-320	24-26	18-25
ПП-АН170	3,2	400-420	30-32	8-12
ПП-АН138	2,6	260-280	24-26	15-18
ПЛ-АН101	20×4	700-750	28-30	40-45
ПЛ-АН171	20×4	700-1000	28-34	20-50
ПП-У10Х4Г2Р	3,2	250-320	22-24	30-40
ПЛ-У30Х30ГЗТЮ	45×3	900-950	33-35	15-18
ПП-ТН250	2,6	280-340	24-26	15-25
ПП-АН121	2,6	280-320	25-27	12-18
ПП-АН120	3,6	350-420	28-30	12-18
ПЛ-АН128	20×4	600-1000	26-36	15-40

Таблица 6.30 – Режимы наплавки в углекислом газе цилиндрических поверхностей изношенных деталей [23]

Диаметр детали, мм	Толщина наплавляемого слоя, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Смещение электрода	Шаг наплавки	Вылет электрода	Расход CO ₂ , л/мин
						мм			
10-20	0,5-0,8	0,8	70-90	16-18	40-45	2-4	2,5-3,0	7-10	6-8
20-30	0,8-1,0	1,0	85-110	18-20	40-45	3-5	2,8-3,2	8-11	6-8
30-40	1,0-1,2	1,2	90-150	19-23	35-40	5-8	3,0-3,5	10-12	6-8
40-50	1,2-1,4	1,4	110-180	20-24	30-35	6-10	3,5-4,5	10-15	8-10
50-60	1,4-1,6	1,6	140-200	24-28	30-20	7-12	4,0-6,0	12-20	8-10
90-100	0,8-1,0	1,0	100-300	18-19	70-80	8-10	2,8-3-2	10-12	6-8
100-150	0,8-1,0	1,2	130-160	18-19	70-80	8-12	3,0-3,5	10-13	8-9
200-400	2,6-3,2	3,0	380-450	32-34	25-35	20-25	5,0-7,5	25-50	15-18

Таблица 6.31 – Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей [12]

Диаметр детали	Толщина слоя d мм	$d_э$	Сила тока I_n , А	Скорость напл., м/мин	Шаг напл., мм/об	Расход охл. жидк., дм ³ /мин	Амплитуда вибр. элект., мм	Примечание
20	0,5	1,6	120-150	2,2	1,1	0,2	1,5	Среднее напряж. на дуге Уд=17-19 В
40	0,7	1,6	120-150	1,2	1,3	0,4	1,8	
60	1,1	2,0	150-210	1,0	1,6	0,5	2,0	
80	1,5	2,0	150-210	0,6	1,8	0,6	2,0	
100	2,5	2,5	150-210	0,3	2-3	0,7	2,0	

Таблица 6.32 – Режимы электроконтактной наплавки наружных поверхностей цилиндрических деталей [12]

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Ток, кА	Время, с		Сила сжатия электродов, Н	Скорость наплавки, м/ч	Шаг, мм/об
			импульс	пауза			
НП-65	2,0	8,5-10	0,02	0,06	1270	1,8-2,0	2,0-2,2
	1,6	7-8	0,02	0,06	1080	1,8-2,0	1,6-1,8
Св-08	2,5	8,5-10	0,02	0,06	1470	1,8-2,0	2,5-2,8
	1,6	7-8	0,02	0,06	1080	1,8-2,0	1,6-1,8
	1,6	5-6	0,04	0,08	980	1,6-1,8	1,6-1,8

Таблица 6.33 – Режимы электроконтактной наплавки металлической лентой [12]

Параметр	Детали	
	корпусные	типа вала
Сила тока, кА	7,8-8	16,1-18,1
Продолжительность импульса тока, с	0,12-0,8	0,04-0,08
Продолжительность паузы, с	0,08-0,1	0,1-0,12
Скорость наплавки, м/мин	0,05	0,7-1,2
Сила сжатия электродов, Н	1670-2200	1270-1570
Марка стали ленты	20	40, 45, 50
Расход охлаждающей жидкости, дм ³ /мин	0,5-1	1,5-2,5

6.4.7 Выбор технологического оборудования для нанесения покрытий

Для дуговой наплавки используют источники питания с жёсткой и падающей внешними характеристиками. Питание дуги может осуществляться от источников переменного и постоянного тока. Источниками переменного тока при дуговой наплавке являются сварочные трансформаторы постоянного тока – сварочные генераторы, преобразователи, а также сварочные выпрямители. Более распространена наплавка на постоянном токе. В таблицах 6.34, 6.35, 6.36, 6.37, 6.38, 6.39 приведены технические характеристики некоторых источников питания, применяемых при дуговой наплавке.

Для автоматической наплавки проволокой или лентой цилиндрических деталей применяют автоматы АБСК, АН-348 МК, АДС-1000-2 и др.

Таблица 6.34 – Технические характеристики некоторых трансформаторов для наплавки [23]

Марка	Внешняя характеристика	Мощность кВт	Пределы регулирования тока, А	Напряжение холостого хода, В	Напряжение рабочее, В	Применение
ТД-306У2	Падающая	19,4	90-300	61-79	35	Ручн. наплавка
ТД-502У3	То же	26,5	100-560	60-76	30	То же
ТД-500-4У2	— ” —	32,0	100-560	60-76	40	— ” —
ТДМ-502У3	— ” —	26,5	100-560	75	40	— ” —
ТДФ-1601У4	— ” —	182	600-1800	110	60	Авт. напл. под флюсом
ТДФЖ-1002У3	Жёсткая	125	300-1200	100	40	То же
ТДФЖ-2002У3	То же	130	600-2200	120	76	— ” —

Для полуавтоматической наплавки в среде углекислого газа широко используются полуавтоматы, технические характеристики которых представлены в таблице 6.35.

Таблица 6.35 – Технические характеристики некоторых сварочных преобразователей [23]

Марка	Внешняя характеристика	Мощность, кВт	Напряжение холостого хода, В	Пределы регулирования тока, А	Применение
ПС-300М	Падающая	14	50-76	80-380	Ручная наплавка То же Ручн. и автомат. наплавка Полуавт. напл. в защитн. газах
ПС-500	То же	28	62-80	120-600	
ПСО-300	— ” —	14	47-73	75-320	
ПД-305У2	— ” —	14	85	110-350	
ПД-501	— ” —	30	90	125-500	
ПД-502У2	— ” —	30	80	75-500	
ПСГ-500	Жёсткая	30	80	60-500	
ПС-1000	То же	114	50-90	300-1 000	

Таблица 6.36 – Технические характеристики некоторых сварочных выпрямителей, применяемых при наплавке [23]

Марка	Внешняя характеристика	Мощность, кВт	Пределы регулирования тока, А	Рабочее напряжение, В	Применение
ВД-301	Падающая	15	45-300	32	Наплавка полуавт. и в защитных газах
ВД-306У3	То же	24	45-315	32	
ВД-502У3	То же	42	50-500	40	Ручная, под флюсом
ВДУ-305У3	Универсальная	23	50-315	35	Под флюсом, ручная и в защитных газах
ВДУ-504	То же	40	70-500	72-76	То же
ВДУ-1201У3	То же	50	300-1250	50	Под флюсом

Таблица 6.37 – Технические характеристики аппаратов для автоматической наплавки под флюсом [12]

Аппарат	Диаметр электродной проволоки (ширина) мм	Пределы регулирования тока, А	Скорость подачи проволоки	Скорость наплавки	Регулирование скорости подачи проволоки
			м/ч		
АБСК	2,0-6,0	300-1 200	28-220	14-110	ступенчатое
АДС-1000-2	3,0-6,0 (20-100)	400-1 200	30-120	15-70	плавное
АДС-1000-5	3,0-6,0 (20-100)	400-1 200	60-360	12-120	плавное
А-348 МК	3,0-5,0 (20-80)	300-1 000	28-225	-	ступенчатое
А-87 4Н	2,0-7,0 (15-100)	400-1 000	8-408	5-116	плавное

Таблица 6.38 – Технические характеристики некоторых полуавтоматов для дуговой наплавки в углекислом газе [12]

Тип полуавтомата	Номинальный ток при ПВ = 60 %	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Масса механизма подачи проволоки, кг
А-547Р	200	0,8-1,2	108-324	6
ПДГ-304	315	0,8-2,0	180-270	8
ПДГ-500-1	500	0,8-2,0	180-1080	15
ПДПГ-500	500	0,8-2,0	144-720	10,5

Таблица 6.39 – Технические характеристики полуавтоматов для наплавки порошковой проволоки [12]

Тип полуавтомата	Ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки м/ч	Масса механизма подачи проволоки, Кг
А-765	450	1,6-2,0	58-580	52
ПШ-54	500	1,6-2,0	80-600	23
А-1197П	500	1,6-2,0	90-720	35

Для порошкового газопламенного напыления применяются горелки типа ГН (ГН-1, ГН-2, ГН-3, ГН-4) и ГАЛ-6, а также установки и наплавочные станки.

Для плазменного напыления применяются установки УПУ и УМП (УПУ-3М, УПУ-3Д, УПУ-7, УМП-5-68, УМП-6), установка А-1612-У4 "Киев-4" (мощность 48 кВт).

Для электродуговой металлизации выпускаются установки КДМ-1, КДМ-2, состоящие из сварочного выпрямителя и ручного металлизатора ЭМ-14М. Выпускаются также станочные металлизаторы ЭМ-12-67 и ЭМ-15.

6.4.8 Выбор и разработка технологической оснастки для восстановления детали

Основными функциями данного вида вспомогательного оборудования и оснастки являются размещение и закрепление восстанавливаемой детали, расположение детали в удобное для обработки положение, а также перемещение детали в процессе на-

несения покрытия.

Для закрепления восстанавливаемой детали на рабочем месте применяются различные установочные и закрепляющие элементы. К ним относятся опоры, упоры, призмы, фиксаторы и т.п. В качестве закрепляющих элементов используются различные режимы, которые могут быть механическими, гидравлическими, пневматическими и др.

Для установки и перемещения восстанавливаемой детали в необходимые для нанесения покрытия положения, а также перемещения детали в процессе нанесения покрытия применяются манипуляторы, вращатели, кантователи и др. Выбор данного вспомогательного оборудования следует проводить в зависимости от его назначения, технических характеристик данного оборудования, приводимого в справочной литературе.

Манипуляторы, вращатели и кантователи выбираются по следующим параметрам восстанавливаемых деталей: масса детали Q , расстояние L от центра тяжести детали до оси вращения и высота H до плоскости планшайбы.

Для установки и перемещения наплавочных аппаратов при автоматической наплавке применяются колонны, траверсы и т.п.

6.4.9 Припуски на механическую обработку восстанавливаемых деталей

6.4.9.1 Формирование припусков на механическую обработку при различных методах восстановления и упрочнения

Припуск – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Напуском принято называть ту удаляемую при последующей обработке часть материала заготовки, которая необходима для упрощения формы заготовки по отношению к форме готовой детали. Припуски и напуски бывают симметричными и асимметричными. Различают припуски межоперационные и общие.

Стандарты и таблицы позволяют назначать припуски независимо от технологического процесса обработки детали и условий его осуществления и поэтому в об-

шем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоёмкости изготовления детали.

Промежуточный припуск – слой материала, удаляемый при выполнении отдельного технологического перехода.

Общий припуск – слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов, т.е. всего процесса обработки данной поверхности от черновой заготовки до готовой детали.

Припуск назначают для компенсации погрешностей, возникающих в процессе предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса изготовления детали.

Существуют следующие методы определения припусков на обработку:

- опытно-статистический;
- расчётно-статистический;
- расчётно-аналитический.

Опытно-статистический метод позволяет определить общий припуск на весь технологический процесс обработки заданной поверхности.

Он применяется для определения номинальных размеров обрабатываемых поверхностей заготовки и для определения массы черновой заготовки на этапе её выбора. Значения общей величины припуска принимаются по соответствующим стандартам, нормативным таблицам [13, 36].

Расчётно-статистический и расчётно-аналитический методы используются для определения:

- операционных и переходных припусков на механическую обработку;
- промежуточных предельных размеров на технологические переходы обработки поверхностей заготовки;
- номинальных размеров обрабатываемых поверхностей заготовки.

Минимальный, номинальный и максимальный припуски на обработку при методе автоматического получения размеров рассчитывают следующим образом.

Минимальный припуск:

- при последовательной обработке противоположащих поверхностей (односто-

ронный припуск)

$$z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i,$$

– при параллельной обработке противоположащих поверхностей (двусторонний припуск)

$$2z_{i \min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i \right],$$

– при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск)

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

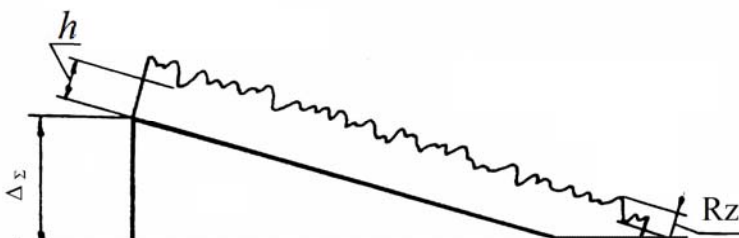
где Rz – высота неровностей профиля на предшествующем переходе, мм, (рисунок 6.4);

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбелённый слой), мм;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ – суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе);

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе;

i – текущий переход.



h – глубина дефектного слоя; Δ_{Σ} – суммарное отклонение расположения поверхностей.

Рисунок 6.4 – Структура припуска

Номинальный припуск на обработку поверхностей:

– наружных

$$z_i = z_{i\min} + ei_{i-1} - ei_i,$$

$$2z_i = 2z_{i\min} + ei_{D_{i-1}} - ei_{D_i};$$

– внутренних

$$z_i = z_{i\min} + ES_{i-1} - ES_i,$$

$$2z_i = 2z_{i\min} + ES_{D_{i-1}} - ES_{D_i},$$

где ei_{i-1} , $ei_{D_{i-1}}$, ei_i , ei_{D_i} – нижние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах, мм;

ES_{i-1} , $ES_{D_{i-1}}$, ES_i и ES_{D_i} – верхние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах, мм;

$ei_{D_{i-1}}$, ei_{D_i} , $ES_{D_{i-1}}$, ES_{D_i} – размеры, относящиеся к диаметральным.

Знать номинальные припуски необходимо для определения номинальных размеров формообразующих элементов технологической оснастки (штампов, прессформ, моделей, волок, приспособлений).

Максимальный припуск на обработку поверхностей:

– наружных

$$z_{i\max} = z_{i\min} + T_{i-1} + T_i,$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i;$$

– внутренних

$$z_{i\max} = z_{i\min} + T_{i-1} + T_i,$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i,$$

где T_{i-1} , Td_{i-1} и TD_{i-1} – допуски размеров на предшествующем переходе, мм;

T_i , Td_i и TD_i – допуски размеров на выполняемом переходе, мм.

В таблице 6.40 приведена в качестве примера карта расчёта припусков, размеров и глубины резания по технологическим переходам при обработке штампованной заготовки вала.

Минимальные припуски на механическую обработку наружных поверхностей валов, изготавливаемых из штампованных заготовок, приведены в таблице 6.41.

Экономически достижимые размерная точность и шероховатость поверхности при изготовлении деталей из стали различными методами обработки приведены в таблице 6.42.

Таблица 6.40 – Карта расчёта припусков, размеров и глубины резания по технологическим переходам при обработке штампованной заготовки вала [35]

Наименование детали – вал. Материал – сталь 40. Заготовка – штампованная поковка 2-й степени точности длиной 260 мм и массой 5 кг. Механической обработке подлежит участок цилиндрической поверхности длиной 120 мм, диаметром 85h7 с шероховатостью Rz 1,25 мкм.					
Содержание технологических переходов	Допуск (предельные отклонения)	Шероховатость, дефектный слой	Припуск $2z^{HM} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \varepsilon)$	Размер, мм $A_i = (a_{i=1}^{HM} + 2z_{i=1}^{HM} + T_{-es}^{+es})$	Глубина резания, мкм/мм расч./ принят. $2t = 2z^{H\bar{o}} = 2z^{HM} + T$
1 Заготовка	$T = 2\ 000$ мкм $es = +1,3$ мм $ei = -0,7$ мм	$Rz = 250$ мкм $h = 250$ мкм (т. 12, с. 186)	—	$A_i = (86,647 + 1,0)_{-0,7}^{+1,3}$ $A_i = 87,647_{-0,7}^{+1,3}$ для заготовки допуск не учитывается	—
2 Точение черновое	$T = 540$ мкм $es = 0$ $ei = -0,54$ мм	$Rz = 200$ мкм $h = 120$ мкм	$\varepsilon = 0$ (т. 18, с. 45) $2z^{HM} = 2(250 + 250 + 0)$ $2z^{HM} = 1\ 000$ мкм	$A_i = (85,467 + 0,64 + 0,54)$ $A_i = 86,647_{-0,54}$	$2t = 2z^{H\bar{o}} =$ $= 1\ 000 + 540 =$ $= \frac{1540\ \text{мкм}}{1,5\ \text{мм}}$
3 Точение чистовое	$T = 220$ мкм $es = 0$ $ei = -0,22$ мм	$Rz = 20$ мкм $h = 30$ мкм	$2z^{HM} = 2(200 + 120)$ $2z^{HM} = 640$ мкм	$A_i = (85,147 + 0,1 + 0,22)$ $A_i = 85,467_{-0,22}$	$2t = 2z^{H\bar{o}} =$ $= 640 + 220 =$ $= \frac{860\ \text{мкм}}{0,9\ \text{мм}}$
4 Шлифование предварительное	$T = 87$ мкм $es = 0$ $ei = -0,087$ мм	$Rz = 10$ мкм $h = 20$ мкм	$2z^{HM} = 2(20 + 30)$ $2z^{HM} = 100$ мкм	$A_i = (85 + 0,06 + 0,087)$ $A_i = 85,147_{-0,087}$	$2t = 2z^{H\bar{o}} =$ $= 100 + 87 =$ $= \frac{187\ \text{мкм}}{0,2\ \text{мм}}$
5 Шлифование чистовое	$T = 35$ мкм $es = 0$ $ei = -0,035$ мм	$Rz = 1,25$ мкм $h = 10$ мкм	$2z^{HM} = 2(10 + 20)$ $2z^{HM} = 60$ мкм	$A_i = 85_{-0,035}$ (по чертежу)	$2t = 2z^{H\bar{o}} = 60 + 35 =$ $= \frac{95\ \text{мкм}}{0,1\ \text{мм}}$

Таблица 6.41 – Припуски на механическую обработку (точение) валов из штампованных заготовок [35]

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1 250	Св. 1 250 до 2 000
1	2	3	4	5	6	7	8
До 18	Черновое и однократное	$\frac{1,5}{1,4}$	$\frac{1,9}{-}$	-	-	-	-
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	-	-	-	-
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{-}$	-	-	-	-
Св. 18 до 30	Черновое и однократное	$\frac{1,6}{1,5}$	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{2,3}{-}$	-	-	-
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	-	-	-
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{0,14}$	$\frac{0,16}{-}$	-	-	-
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	$\frac{1,8}{1,7}$	$\frac{2,3}{2,0}$	$\frac{3,0}{2,7}$	$\frac{3,5}{-}$	-	-
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{-}$	-	-
	Тонкое	$\frac{0,15}{0,15}$	$\frac{0,16}{0,15}$	$\frac{0,19}{0,17}$	$\frac{0,21}{-}$	-	-
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	$\frac{2,2}{2,0}$	$\frac{2,9}{2,6}$	$\frac{3,4}{2,9}$	$\frac{4,2}{3,6}$	$\frac{5,0}{-}$	-
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{-}$	-
	Тонкое	$\frac{0,16}{0,16}$	$\frac{0,18}{0,17}$	$\frac{0,20}{0,18}$	$\frac{0,22}{0,20}$	$\frac{0,26}{-}$	-

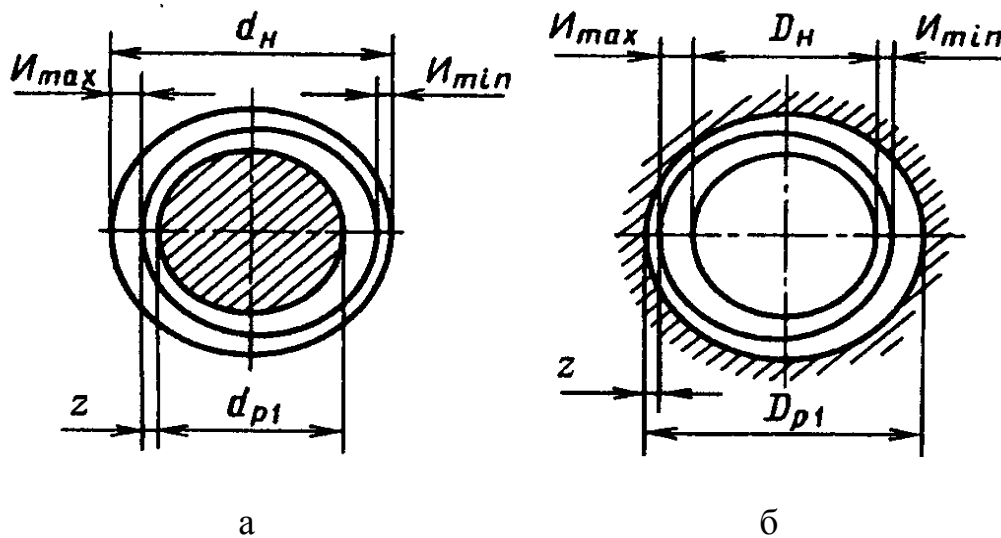
Продолжение таблицы 6.41

1	2	3	4	5	6	7	8
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	$\frac{2,6}{2,3}$	$\frac{3,3}{3,0}$	$\frac{4,3}{3,8}$	$\frac{5,2}{4,5}$	$\frac{6,3}{5,2}$	$\frac{8,2}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,17}{0,1}$	$\frac{0,19}{0,18}$	$\frac{0,23}{0,21}$	$\frac{0,26}{0,24}$	$\frac{0,30}{0,26}$	$\frac{0,38}{-}$
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	$\frac{3,2}{2,8}$	$\frac{4,6}{4,2}$	$\frac{5,0}{4,5}$	$\frac{6,2}{5,6}$	$\frac{7,5}{6,7}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,30}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{0,55}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,20}{0,20}$	$\frac{0,24}{0,22}$	$\frac{0,25}{0,23}$	$\frac{0,30}{0,27}$	$\frac{0,35}{0,32}$	$\frac{-}{-}$
Примечание – Припуски на механическую обработку после наплавки валов на 30-50 % выше, чем для штампованных заготовок (точение); в числителе указаны припуски при точении при установке заготовки в центрах, в знаменателе – при установке в патроне.							

Таблица 6.42 – Экономически достижимые размерная точность и шероховатость поверхности при изготовлении деталей из стали различными методами обработки

Метод обработки	Квалитет	Шероховатость поверхности Ra, мкм
Точение, растачивание, строгание:		
черновое	13-12	50-12,5
чистовое	10-8	12,5-2,5
тонкое	7-6	1,25-0,32
Нарезание резьбы:		
метчиками и плашками	8-6	6,3-3,2
резцом и гребёнкой	8-6	6,3-1,25
фрезой	8	6,3-1,6
Накатывание роликами	8-7	1,25-0,63
Шлифование	6-4	1,25-0,32
Фрезерование:		
черновое	11	12,5-6,3
чистовое	10-8	2,5-0,63
Сверление без кондуктора:		
$\varnothing > 15$	13-12	25-12,5
$\varnothing < 15$	12	12,5-6,3
Сверление по кондуктору	11-10	6,3-3,2
Зенкерование:		
черновое	11-10	6,3-3,2
чистовое	11-10	6,3-2,5
Развёртывание		
однократное	9-8	2,5-1,25
двукратное	7-6	1,25-0,63
Протягивание		
обычное	8-7	2,5-1,25
точное	7-6	1,25-0,63
Шлифование:		
предварительное	9-8	2,5-1,25
чистовое	8-6	1,25-0,32
прецизионное	6-5	0,32-0,16
Притирка, доводка, алмазная обработка	6-5	0,16
Хонингование:		
предварительное	7-6	0,16-0,04
прецизионное	6-5	0,08-0,02
Суперфиниширование	5	0,16-0,02

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 6.5.



а – для вала; б – для отверстия.

Рисунок 6.5 – 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 односторонний припуск Z на механическую обработку.

Следовательно, первый ремонтный размер для наружных цилиндрических поверхностей (валов)

$$d_{p1} = d_n - 2(I_{max} + z),$$

где d_n – размер вала по рабочему чертежу (номинальный), мм.

Припуск Z зависит от вида обработки: при чистовом точении – от 0,05 мм до 0,1 мм, при шлифовании – от 0,03 мм до 0,05 мм на сторону. Износ I_{max} может быть определён опытным путём. Однако при контроле и сортировке деталей обычно

измеряют не максимальный износ, а износ I в диаметральной направлении за межремонтный пробег.

Поэтому, чтобы упростить пользование формулой для определения ремонтного размера, в неё вводят коэффициент неравномерности износа

$$\beta = \dot{E}_{\max} / \dot{E}.$$

При симметричном износе детали, когда $I_{\max} = I_{\min} = I/2$, коэффициент неравномерности износа $\beta = \dot{E}_{\max} / \dot{E} = 0,5$. При одностороннем износе $I_{\min} = 0$, а $\dot{E}_{\max} = \dot{E}$, 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 путём.

Учитывая, что $\dot{E}_{\max} = \beta \dot{E}$, и подставляя это значение в формулу для определения ремонтного размера для вала, получим

$$d_{p1} = d_n - 2(\beta I + z).$$

В этой формуле величина $2(\beta I + z) = \gamma$ называется межремонтным интервалом. Следовательно, расчётную формулу для определения ремонтных размеров (рисунок 6.6) для наружных цилиндрических поверхностей (валов) можно представить окончательно в следующем виде

$$\begin{aligned} d_{p1} &= d_i - \gamma, \\ d_{p2} &= d_i - 2\gamma, \\ &\dots\dots\dots \\ d_{pn} &= d_i - n\gamma, \end{aligned}$$

где n – число ремонтных размеров.

По аналогии для внутренних цилиндрических поверхностей (рисунок 6.7) можно записать

$$\begin{aligned} D_{p1} &= D_i + \gamma, \\ D_{p2} &= D_i + 2\gamma, \\ &\dots\dots\dots \\ D_{pn} &= D_i + n\gamma. \end{aligned}$$

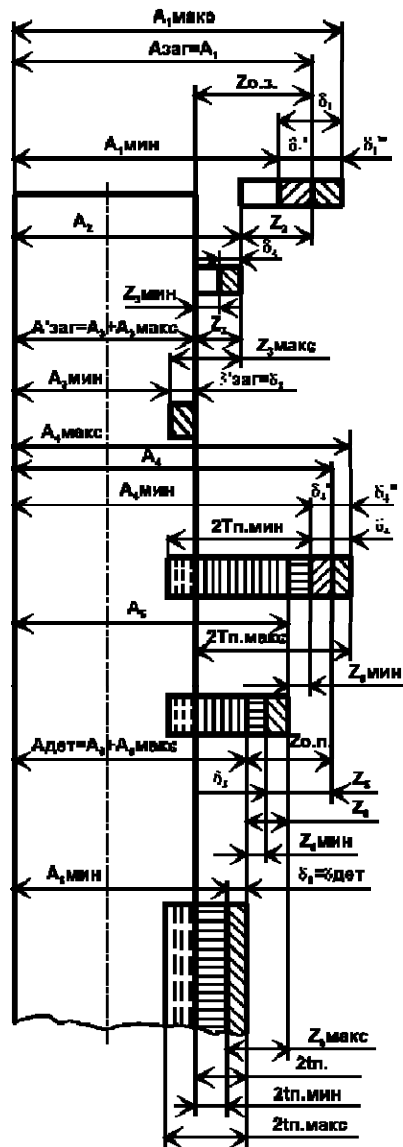


Рисунок 6.6 – Схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку вала с покрытием

Число ремонтных размеров можно определить по формулам:

– для валов

$$n_{\text{в}} = (d_{\text{н}} - d_{\text{мин}}) / \gamma,$$

– для отверстий

$$n_{\text{отв}} = (D_{\text{макс}} - D_{\text{н}}) / \gamma,$$

где $d_{\text{мин}}$ – минимальный диаметр вала, мм;

$D_{\text{макс}}$ – максимальный диаметр отверстия, мм.

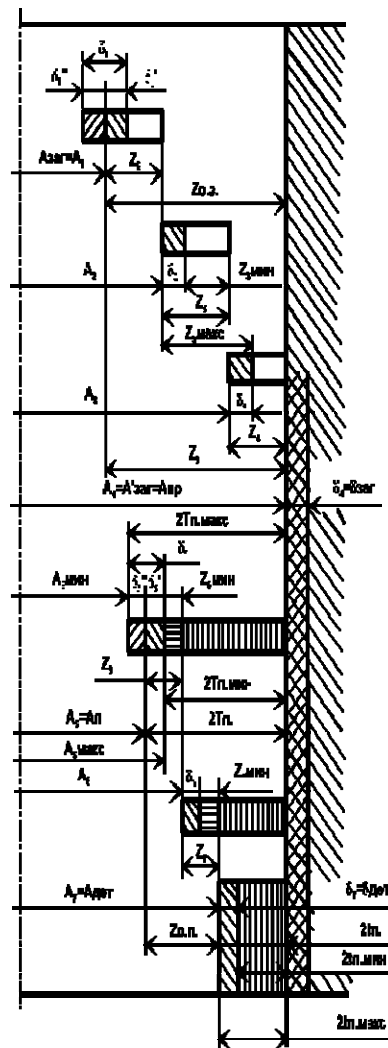


Рисунок 6.7 – Схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку отверстия с наслаиваемым покрытием

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ – номинальные значения операционных размеров соответственно заготовки, черного и чистового обтачивания, нанесения твёрдого покрытия, черного и чистового шлифования, мм;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6$ – допуски на указанные размеры, мм;

Z_2, Z_3, Z_5, Z_6 – номинальные значения припусков соответственно на черновое и чистовое обтачивание, черновое и чистовое шлифование покрытия, мм;

$Z_{0.3}, Z_{0.п}$ – общий припуск соответственно на обработку заготовки и покрытия, мм;

$t_{п}$ – номинальное значение толщины обработанного покрытия, мм;

$\delta_{дет}$ – допуск на размер детали, мм;

T_{II} – номинальное значение толщины нанесённого покрытия, мм.

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ – номинальные значения операционных размеров соответственно заготовки, черного, получистового и чистового растачивания, нанесения покрытия, черного и чистового внутреннего шлифования, мм;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$ – допуски на указанные размеры, мм;

Z_2, Z_3, Z_4, Z_6, Z_7 – номинальные значения припусков на обработку, мм.

6.4.9.2 Расчёт припусков под нанесённые плазменные покрытия и механическую обработку

Выполнить размерные расчёты невозможно без справочной информации, позволяющей установить допуски на размеры, величины радиальных биений и минимальных припусков при механической обработке покрытий. На основе результатов экспериментальных исследований и существующих в литературе данных разработаны рекомендации по назначению указанных параметров, численные значения которых приведены в таблице 6.43.

Таблица 6.43 – Точность и качество поверхности при обработке плазменных покрытий

Способ обработки	Точность размеров, квалитет	Радиальное биение, мкм, в зависимости от номинального размера, мм		Шероховатость поверхности Ra	Дефектный слой T
		До 50	50 – 160		
Плазменное напыление	12	40 – 100	80 – 300	80 – 400	60 – 300
Черновое точение	11	20 – 60	40 – 80	5 – 25	50 – 100
Чистовое точение	9	5 – 20	10 – 25	2,5 – 10	20 – 30
Тонкое точение	5, 6, 7	–	–	0,5 – 4	10 – 20
Шлифование черновое	7, 8	8 – 16	12 – 20	5 – 10	30 – 50
Шлифование чистовое	6	–	–	4 – 8	15 – 25
Шлифование тонкое	5	–	–	2 – 6.3	5 – 10
Притирка	–	–	–	0,125 – 1,25	3 – 5
Полирование	–	–	–	0,1 – 0,5	2 – 3

На минимальную толщину наносимого покрытия $T_{п.мин}$ влияют два фактора:

- а) минимальная рабочая толщина покрытия $t_{п.мин}$, получаемая на окончательном переходе его обработки;
- б) минимальный общий припуск на обработку покрытия

$$Z_{0\min} = \sum_{i=1}^n Z_{i\min}.$$

Первый фактор $t_{п.мин}$ определяют такие параметры:

1) толщина слоя покрытия $t_{п.н}$, достаточная и необходимая для обеспечения нормального функционирования изделия, а также для возможности восстановления покрытий и ремонта изделий. При больших механических нагрузках значение $t_{п.н}$ рассчитывают (либо выбирают эмпирически) так, чтобы исключить механические повреждения, нарушающие плотность покрытия или поверхностных слоев основы, и деформацию основы с покрытием, превышающую допустимую.

Если покрытие наносится с целью придания защищаемой поверхности одного или нескольких специальных свойств (например, электрической прочности и износостойкости), то толщина слоя $t_{п.н}$ должна удовлетворять необходимым требованиям;

2) толщина слоя покрытия на изнашивание $t_{п.и}$, обеспечивающая требуемый ресурс работы изделия. В большинстве случаев зависимость между путем трения L и величиной износа линейная. Тогда

$$t_{п.и} = I_{из}L,$$

где $I_{из}$ – интенсивность изнашивания.

Минимальная рабочая толщина покрытия определяется выражением

$$t_{i\min} = t_{i\text{.н}} + t_{i\text{.и}} + Rz_i + W_i,$$

где W_i – высота волнистости.

Расчётная формула для определения припуска на первой операции обработки покрытия имеет вид

$$Z_{1\min} = (Rz_0 + H_0) + r_{заг} + \varepsilon_l,$$

где Rz_0 и H_0 – соответственно высота микронеровностей и глубина дефектного слоя покрытия после его нанесения;

$r_{заг}$ – пространственное отклонение расположения поверхности нанесённого покрытия относительно базовых поверхностей заготовки;

ε_1 – погрешность установки на первой операции обработки покрытия.

Величина $r_{заг}$ может быть представлена как векторная сумма

$$\vec{r}_{заг} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2,$$

где \vec{r}_1 – пространственное отклонение расположения поверхности исходной заготовки, обработанной под покрытие;

\vec{r}_2 – дополнительное пространственное отклонение расположения поверхности, возникающее в процессе нанесения покрытия.

Во избежание брака при размерной обработке газотермических покрытий размеры предварительно обрабатываемых заготовок следует занижать (или завышать – для внутренних поверхностей) на величину пространственных отклонений и соответственно увеличивать толщину наносимого слоя.

Толщина слоя металла, наносимого на поверхность детали при восстановлении:

$$A = (P_n - P_{и}) + z_{пр},$$

где P_n – номинальный размер новой детали, мм;

$P_{и}$ – размер изношенной детали, мм;

$z_{пр}$ – припуск на механическую обработку, мм;

$P_n - P_{и} = \Delta I$ – износ детали, мм.

При симметричном износе

$$A = \Delta I + 2z_{пр}.$$

При несимметричном износе

$$A = \Delta I + z_{пр}.$$

Общий припуск $z_{пр}$ определяется как сумма промежуточных припусков на выполнение отдельных технологических переходов.

Промежуточный припуск z_B :

– при симметричном нанесении слоя

$$2z_B \geq \delta_a + 2(H_a + C_D) + \Sigma\Delta a + \varepsilon_z,$$

– при асимметричном нанесении слоя

$$z_B \geq \delta_a + H_a + C_D + \Sigma\Delta a + \varepsilon_z / 2,$$

где δ_a – допуск на размер предшествующего перехода, мм;

H_a – высота микронеровностей, мм;

C_D – глубина дефектного слоя, мм;

$\Sigma\Delta a$ – часть припуска, компенсирующая пространственные отклонения, мм;

ε_z – погрешность установки детали при выполняемом переходе, мм.

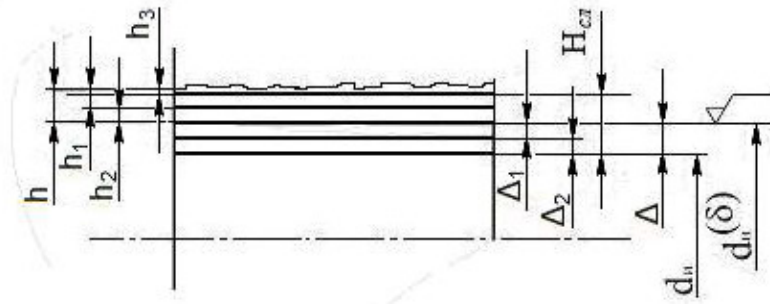
Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска, является дефектный слой, глубина которого C_D , мм, зависит от способа и режимов восстановления:

- ручная дуговая наплавка - 0,5–1;
- наплавка под флюсом - 0,2–0,5;
- индукционная наплавка - 0,15–0,3;
- газопламенное напыление полимерных материалов - 0,35–0,7.

Расчётная схема при определении величины слоя наносимого материала при восстановлении работоспособности поверхности (наружной цилиндрической) приведена на рисунке 6.8.

Толщина наносимого слоя $H_{сл}$ зависит от требований по точности и шероховатости размера восстанавливаемой поверхности и определяется величиной толщины снимаемого слоя Δ и припуском на последующую механическую обработку h

$$H_{\tilde{н}\tilde{в}} = \Delta + h .$$



H_{cl} – толщина слоя наносимого материала; δ – допуск на восстанавливаемый размер; $\sqrt{\quad}$ – шероховатость поверхности; Δ – толщина снимаемого слоя; Δ_1 – величина износа; $\Delta_2 = 0,1 \Delta_1$ – толщина материала, обеспечивающая обработку поверхности «как чисто»; h – припуск на механическую обработку, h_1 – припуск на черновую обработку, h_2 – припуск на чистовую обработку, h_3 – дефектный слой, d_{in} – диаметр поверхности, подготовленной к восстановлению.

Рисунок 6.8 – Схема расчёта толщины наносимого слоя при восстановлении поверхности

Толщина снимаемого слоя с изношенной поверхности перед восстановлением определяется износом поверхности Δ_1 и толщиной слоя Δ_2 , снимаемого для обработки поверхности «как чисто».

Как правило, при удалении изношенной поверхности глубина резания назначается немного больше, чем величина износа, и эта величина на рисунке 6.8 обозначена как $\Delta_2 = 0,1 \Delta_1$.

Тогда

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \Delta_1 + 0,1 \Delta_1 = 1,1 \Delta_1 .$$

Припуск на механическую обработку h включает в себя дефектный слой h_3 , глубина которого для разных способов нанесения материала на восстанавливаемые поверхности показана в таблице 6.44. Припуски на черновую h_1 и чистовую h_2 обработки определяются в зависимости от требований по точности и параметру шерохо-

ватости номинального размера поверхности. Например: если точность размера и параметр шероховатости поверхности можно обеспечить методами резания лезвийным инструментом (8–10-й качества и шероховатость до $Ra_{3,2}$ мкм), то припуск h_1 может лежать в пределах от 0,8 до 1,5 мм, а припуск на чистовую обработку h_2 – в пределах от 0,4 мм до 0,6 мм.

Таблица 6.44 – Величина дефектного слоя при нанесении металла различными способами в процессе восстановления деталей

Код	Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм.
I	Металлизация:	
I ₁	плазменно-дуговая	0,02 – 0,05
I ₂	электродуговая	0,5 – 1
I ₃	газовая	0,02 – 0,05
I ₄	высокочастотная	0,025 – 0,05
II	Наплавка:	
II ₁	электродуговая	
II ₂	автоматическая под слоем флюса	0,2 – 0,5
II ₃	порошковыми проволоками	1,2 – 2,4
II ₄	в среде защитных газов	0,4 – 0,8
II ₅	водяного пара	0,5 – 1
II ₆	электроимпульсная	0,2 – 0,4
II ₇	вибродуговая	0,2 – 0,5
II ₈	ручная (электродами)	0,5 – 1
II ₉	плазменная	0,05 – 0,1
II ₁₀	индукционная	0,15 – 0,3
II ₁₁	газовая	0,25 – 0,5
II ₁₂	электрошлаковая	1 – 2
III	Электролитическое осаждение:	
III ₁	хромирование	0,02 – 0,03
III ₂	железнение (осталивание)	0,03 – 0,05
III ₃	никелирование	0,02 – 0,03
IV	Нанесение полимерных материалов:	
IV ₁	напыление	0,35 – 0,7
IV ₂	газопламенное	0,02 – 0,05
IV ₃	в электростатическом поле	0,02 – 0,06
IV ₄	в псевдосжиженном слое	0,15 – 0,21
IV ₅	Литьё под давлением	1 – 2,5
V	Заливка жидким металлом	

Припуск на механическое обтачивание восстанавливаемых поверхностей во многом зависит от способа устранения дефекта поверхности (сварка, наплавка, металлизация, электролитические покрытия и т.д.).

Минимальные припуски при наплавке и металлизации приведены в таблице 6.45, для электролитических покрытий – в таблице 6.46.

Таблица 6.45 – Минимальный припуск при наплавке и металлизации восстанавливаемых деталей

Способ устранения дефекта	Минимальный односторонний припуск, мм
Восстановление деталей сваркой и наплавкой:	
ручная наплавка	2 – 3
наплавка над слоем флюса	1
электроконтактная наплавка	0,8 – 1
Напыление	0,4

Таблица 6.46 – Максимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе восстановления деталей

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2Z = 0,05 + 0,9 \cdot \delta$	$2Z = 0,072 + 0,9 \cdot \delta$
Круглое шлифование в центрах	$2Z = 0,07 + 0,9 \cdot \delta$	$2Z = 0,099 + 0,9 \cdot \delta$
Чистовое растачивание или внутреннее шлифование	$2Z = 0,07 + 0,63 \cdot \sqrt[3]{d} + 0,9 \cdot \delta$	$2Z = 0,099 + 0,063 \cdot \sqrt[3]{d} + 0,9 \cdot \delta$
<p>Примечание – В формулах приняты следующие обозначения: d – диаметр восстанавливаемой поверхности, мм; δ – допуск на выполнение предшествующей операции, принимаемый равным допуску на соответствующий диаметр по посадке $H8$ для отверстий или $h8$ для валов, мм.</p>		

При расчёте толщины слоя материала, наносимого на изношенную поверхность, припуск h_1 можно выбирать по значениям припусков на чистовое обтачивание (таблица 6.47), а припуск h_2 на окончательную обработку поверхности методом шлифования можно назначать по таблице 6.48.

Таким образом, толщина слоя материала, наносимого на изношенную поверхность, зависит от величины износа, качества точности, параметра шероховатости, номинального размера поверхности и способа восстановления.

Таблица 6.47 – Припуск на чистовое обтачивание

Диаметр детали, мм	Припуск, мм, на диаметр при длине детали, мм					
	до 100	100–400	400–800	800–1 200	1 200–16 00	1 600–2 000
6–18	1,2	1,5	1,5	–	–	–
18–30	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	–
30–50	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
50–80	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0
80–120	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5

Таблица 6.48 – Припуск на обтачивание под центровое шлифование

Диаметр детали, мм	Припуск, мм, на диаметр при длине детали, мм				
	до 100	100–250	250–500	500–800	800–1 200
до 10	0,2	0,3	0,3	0,4	–
10–18	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
18–30	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
30–50	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
50–80	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
80–120	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7

Как правило, чем ниже качество точности поверхности и ниже параметр шероховатости поверхности, тем величина слоя материала, наносимого на изношенную поверхность, больше (требуется большее количество переходов для обеспечения номинального значения размера восстанавливаемой поверхности).

Определённый таким образом припуск должен быть не менее минимального припуска z_{\min} , мм, установленного для различных способов нанесения покрытия:

- ручная дуговая наплавка - 2 – 3;
- наплавка под флюсом - 1,0;
- электроконтактная наплавка - 0,8 – 1,0;
- газотермическая металлизация - 0,4.

Минимальная рабочая толщина покрытия

$$t_n = t_{п.н} + Rz_n + W_n,$$

где $t_{п.н}$ – толщина покрытия, достаточная и необходимая для функционирования изделия;

Rz_n – высота микронеровностей;

W_n – высота волнистости.

Толщина наносимого покрытия определяется по формуле

$$T_i = t_i + Z_0 + r_{\text{заг}} + \varepsilon_i + \Delta,$$

где t_n – минимальная рабочая толщина покрытия (см. выше);

Z_0 – припуск на обработку;

$r_{\text{заг}}$ – пространственное отклонение расположения поверхности нанесённого покрытия относительно базовых поверхностей заготовки;

ε_n – погрешность установки;

Δ – толщина переходного слоя между основным металлом и покрытием [40].

Толщина покрытия – понятие, относящееся к определённой обрабатываемой поверхности и измеряемое по нормали к этой поверхности. Колебания размеров, получаемых на каждой ступени обработки, обуславливают изменения толщины покрытия. Различают толщину номинальную, наибольшую возможную, наименьшую возможную и среднюю.

Как после растачивания, так и после шлифования необходимо хонинговать внутреннюю рабочую поверхность гильз на вертикально-хонинговальных станках.

Черновое хонингование закалённых гильз цилиндров производят алмазными брусками. Припуск на черновое хонингование устанавливают от 0,1 мм до 0,2 мм, на получистовое – примерно 0,03 мм и на чистовое – 0,005 мм.

6.5 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

6.5.1 Выбор схемы базирования

Расчёт и конструирование станочного приспособления начинают с выбора схемы базирования и определения сил закрепления. Схему установки определяют, исходя из метода обработки и типа станков. Затем в справочной литературе по представленным схемам выбирают элементы приспособлений. По приведённой в лите-

ратуре формуле определяют силу, необходимую для надёжного закрепления заготовки с целью предотвращения её сдвига или поворота при обработке резанием.

Пример.

Формулировка служебного назначения приспособления:

Приспособление предназначено для базирования и координирования заготовки ступенчатого вала со шпоночным пазом (рисунок 6.9).

Приспособление должно обеспечить при обработке заготовки на горизонтально-фрезерном станке 6М82Г трёхсторонней дисковой фрезой шириной 20 мм, диаметром 80 мм шпоночную канавку шириной 20 мм с радиусным выходом $R=40$ мм, длиной шпоночной канавки 25 мм с базированием от левого торца, диаметр которого 65,2 мм. Требуемую точность должно обеспечить приспособление при фрезеровании обрабатываемой заготовки из стали марки 45, твёрдость от 240 до 250 НВ, годовой объём выпуска – 2 000 шт.

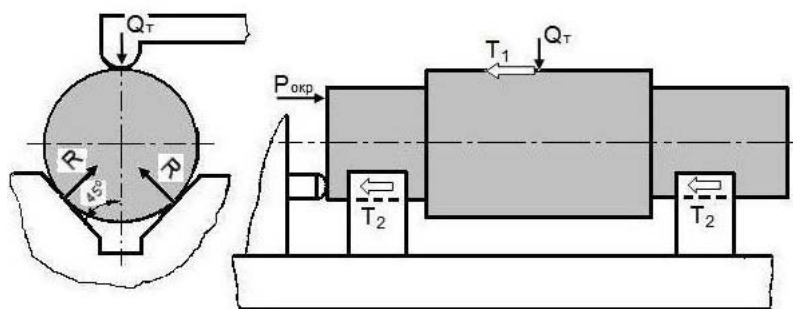


Рисунок 6.9 – Схема базирования и закрепления заготовки

Конструирование приспособления выполняют в следующей последовательности:

– вычерчивают контур обрабатываемой заготовки в трёх проекциях, оставляя достаточно места для вычерчивания всех элементов приспособления, отмечая место фрезерования шпоночной канавки на изображении заготовки;

– в качестве направляющего элемента используют угловой установ, выполненный заодно со стойкой; настройку приспособления на станке производят с помощью стандартного плоского щупа толщиной 3 мм;

– установочными элементами под шейки примем две опорные призмы I типа

для установки в них заготовки.

Из-за различия диаметров базовых поверхностей шеек каждая из них устанавливается на разной высоте.

В качестве установочного элемента для ориентации заготовки вала в осевом направлении используют постоянную опору I типа $D = 16$ мм;

- зажим осуществляют резьбовым откидным прихватом I типа;

- 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 и установ призмы осуществляется винтами, а для предотвращения сдвига каждая деталь закрепляется двумя штифтами;

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

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

Завершающим этапом конструирования является выполнение чертежа общего вида приспособления. Этот чертёж должен содержать необходимые размеры (габаритные, установочные для заготовки, а также размеры, связывающие приспособление с режущим инструментом и со станком), технические требования, предъявляемые к приспособлению. К чертежу общего вида приспособления прилагают таблицу составных частей приспособления. Она, как правило, выполняется на отдельном листе формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.109–73 и помещается в приложении к пояснительной записке.

6.5.2 Расчёт силы закрепления и норм точности

Сначала определяют рабочие нагрузки, возникающие при обработке заготовки. Так, при образовании паза дисковой трёхсторонней фрезой возникает горизонтальная сдвигающая сила. Величина её определяется в зависимости от размера паза, материала вала, режимов резания и др.

Для принятого режима резания мощность резания составляет $N_{рез}=0,14$ кВт, что соответствует окружному усилию $P_{окр}$, Н;

$$P_{окр} = 2M_{рез} / D_{ф} = 12 \cdot 10^7 N_{рез} / (D_{ф} n_{ф}),$$

где $D_{ф}$, $n_{ф}$ – соответственно диаметр и частота вращения фрезы.

$$P_{окр} = \frac{12 \cdot 10^7 \cdot 0,14}{80 \cdot 200} = 1,05 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

После выбора точки приложения силы закрепления необходимо построить схему всех действующих сил и моментов как при закреплении заготовки, так и в процессе её обработки при условии предельного равновесия.

Затем определяют силу закрепления заготовки, необходимую для обеспечения необходимого базирования.

Пользуясь основами теоретической механики, составляют уравнения всех действующих сил. Решение этих уравнений позволяет определить теоретическую силу закрепления, однако если есть аналогичная схема в литературе, можно воспользоваться приведёнными там формулами.

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

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

где $T_1 = Q_T f$ – сила трения между заготовкой и прихватом;

Q_T – сила закрепления заготовки;

f – коэффициент трения;

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

Откуда

$$Q = \frac{P_{окр} K}{f + f/0,707},$$

где K – коэффициент запаса для обеспечения надёжного закрепления заготовки, определяемый по следующей формуле [8, 9].

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,4.$$

Сила закрепления определяется по формуле

$$Q_T = \frac{KP_{\text{опр}}}{f_1 + f_2 / \sin 0,5\alpha}, \quad f_1 = f_2, \quad \alpha = 90^\circ,$$

$$Q_T = \frac{2,4 \cdot 1,05 \cdot 10^3}{0,15 + 0,15 / 0,707} = 6,96 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Исходная сила закрепления W определяется на основе расчётного значения силы закрепления Q_T и требуемого перемещения, которое в соответствии с кинематической схемой закрепления вычисляют по формуле

$$W = \frac{Q_T}{\eta i},$$

где $\eta = \prod_0^m \eta_i, \quad i = \prod_0^m i_i, \quad i = \frac{\rho_m}{\rho_i},$

η – к.п.д. механизма закрепления;

i – передаточное отношение механизма закрепления.

Если исходная сила должна разветвляться на несколько точек, берётся $\sum Q_m$.

Передаточное отношение плеч прихвата $i = 1/2$, к. п. д., $\eta = 1$,

$$W = \frac{6,96 \cdot 10^3}{1 \cdot 1/2} = 13,9 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Затем выбирают источник энергии и определяют размеры силового двигателя (диаметр поршня и его ход).

Принимают схему ручного зажима с помощью винта.

Определяют номинальный диаметр винта по формуле

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{W}{\sigma_p}},$$

где σ_p – напряжение растяжения материала винта, принимаем $\sigma_p = 80 \text{ Н/мм}^2$.

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{13,9 \cdot 10^3}{80}} = 18,5 \text{ мм.}$$

Принимаем М20.

6.6 Гальванические покрытия

Гальванические покрытия при восстановлении деталей машин применяют главным образом для восстановления посадочных размеров при незначительных величинах износа.

Выбор покрытия зависит от технических требований, предъявляемых к детали в процессе её эксплуатации (таблица 6.49).

Таблица 6.49 – Способы нанесения гальванических покрытий

Способ	Область применения
Железнение при постоянном и асимметричном токах, в спокойном или проточном электролитах, вневанное	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом, не превышающим 0,5 мм, высокой поверхностной твёрдостью и при нежёстких требованиях к прочности сцепления покрытия с основным металлом
Хромирование при постоянном токе в спокойном или проточном электролите, размерное	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом, не превышающим 0,2 мм, и высокими требованиями по износостойкости восстановленных поверхностей; защита от коррозии
Химическое и электролитическое никелирование	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом, не превышающим 0,05 мм; защита от коррозии
Цинкование	Защита от коррозии
Меднение	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей, изготовленных из меди и её сплавов
Электролитическое натирание цинком и железцинковыми сплавами	Восстановление наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей при нежёстких требованиях к твёрдости поверхностного слоя
Кадмирование	Защита от коррозии
Нанесение гальванополимерных покрытий	Восстановление наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей; защита от коррозии

Материал деталей и наносимых на них покрытий может быть однородным или разнородным.

Электролитическое железнение. Состав и свойства осаждённого металла зависят от состава электролита и режимов наращивания осаждаемого слоя .

Электролитическое железо, полученное из хлористых электролитов, имеет следующий химический состав, %:

железо – до 99,99;

углерод – 0,0001;

сера – 0,0001;

фосфор – до 0,0002.

Если в электролит добавить глицерин и сахар, то можно увеличить массовую долю углерода и повысить твёрдость осаждённого слоя.

При использовании серноокислых электролитов получают пластичные покрытия.

Твёрдость электролитического железа зависит от состава электролита и режимов электролиза (при использовании хлористых электролитов – 100–400 НВ, а при использовании серноокислых – 200–300 НВ). Составы электролитов и режимы электролиза приведены в таблице 6.50.

Температура электролита оказывает существенное влияние на твёрдость осаждённого покрытия; так, например, при снижении температуры хлористого электролита всего на 10 °С твёрдость покрытия повышается на 40–60 единиц, но одновременно увеличивается его хрупкость. Предел прочности осаждённого покрытия составляет 350–450 Н/мм².

Электролитическое хромирование. Различают хромирование коррозионно-стойкое, износоустойчивое, пористое и декоративное.

Хромом восстанавливают три группы деталей, отличающихся по условиям эксплуатации. Соответственно применяют различные режимы осаждения хромового покрытия, придающие восстанавливаемым деталям различные свойства.

В первую группу входят детали, в которых хромовое покрытие служит для восстановления размеров и создания посадок с натягом и переходных посадок.

Таблица 6.50 – Составы электролитов и режимы железнения

Компоненты электролита, режимы процесса	Содержание компонентов, г/л, в составах					
	1	2	3	4	5	6
Хлорид железа	200 – 250	300 – 350	600 – 680	–	400 – 600	150 – 200
Сульфат железа	–	–	–	300	–	200
Хлорид натрия	100	–	–	150	–	–
Аскорбиновая кислота	–	–	–	–	0,5 – 2,0	–
Соляная кислота	–	–	–	0,4 – 0,7	–	–
Кислотность рН	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,8 – 1,5	–	0,5 – 1,3	0,6 – 1,1
Температура электролита, °С	70 – 80	70 – 80	70 – 80	95 – 98	20 – 50	30 – 50
Плотность тока, А/дм ²	20 – 40	20 – 50	20 – 60	10 – 15	10 – 30	20 – 25

Вторая группа объединяет детали, работающие на трение при малых и средних давлениях и скоростях при постоянной или переменной нагрузке (валы, плунжеры, цилиндры, поршни, измерительный инструмент и т.д.).

Детали третьей группы работают при больших давлениях и значительных знакопеременных нагрузках.

Механические свойства осаждённого хрома приведены в таблице 6.51.

Таблица 6.51 – Механические свойства электролитического хрома

Температура электролита, °С	Плотность тока, А/дм ²	Покрытие	Толщина покрытия, мм	Мод. упруг. хрома $10^{-5} \cdot E$, Н/мм ²	Плотность покрытия, кг/м ²	Прочность на разрыв, Н/мм ²
65	20	Матовое	0,1 0,3 0,5	2,1	7,1	505 276 163
55	35	Блестящее	0,1 0,3 0,5	1,8	7,8	625 398 308
45	40	Матовое	0,1 0,3 0,5	1,7	6,9	600 366 257

Примечание – Прочность хромового слоя при сдвигающих нагрузках – 300 Н/мм²

Качество хромового покрытия зависит от состава электролита, плотности тока, температуры электролита и интенсивности его перемешивания в ванне.

Основными составляющими электролита являются хромовый ангидрид и серная кислота (таблица 6.52).

Таблица 6.52 – Составы электролитов и режимы хромирования

Компоненты электролита, режимы процесса	Содержание компонентов, г/л, в различных составах электролита					
	1	2	3	4	5	6
Хромовый ангидрид	120 – 150	200 – 250	300 – 350	225 – 300	350 – 400	380 – 420
Серная кислота	1,2 – 1,5	2,0 – 2,5	3,0 – 3,5	—	2,5 – 3,0	–
Сульфат стронция	–	–	–	5,5 – 6,5	–	–
Кремнефторид калия	–	–	–	18 – 20	–	–
Гидроксид натрия	–	–	–	–	40...60	–
Карбонат кальция	–	–	–	–	–	60 – 75
Сульфат кобальта	–	–	–	–	–	18 – 20
Температура электролита, °С	50 – 65	45 – 60	40 – 50	50 – 65	16 – 25	18 – 25
Плотность тока, А/дм ²	30 – 100	20 – 60	15 – 30	40 – 100	20 – 80	100 – 300

Химическое никелирование. Используют при наращивании равномерных по толщине покрытий на деталях из стали, меди, латуни, никеля и алюминия. Наращивание химически чистого никеля производят как в щелочных, так и в кислых растворах. Наращивание в щелочных растворах характеризуется лучшими технико-экономическими показателями.

Эти растворы можно использовать длительное время, поддерживая заданную кислотность путём систематического добавления в раствор расходуемых компонентов.

Цинкование покрытий производят для защиты изделий из чёрных металлов от

коррозии. В ремонтном производстве цинкование применяют в большинстве случаев для защиты от коррозии крепёжных деталей. При цинковании используют электролиты различных составов (таблица 6.53).

Для цинкования используют аноды из цинка марок Ц0, Ц1 и Ц2.

Таблица 6.53 – Состав электролитов и режимы цинкования

Компоненты электролита, режимы процесса	Содержание компонентов, г/л, в составах электролита					
	1	2	3	4	5	6
Сульфат цинка	200 – 300	200 – 250	–	–	–	–
Оксид цинка	–	–	10 – 18	20 – 45	12 – 15	10 – 20
Гидроксид натрия	–	–	50 – 70	50 – 100	100 – 120	10 – 20
Цианид натрия	–	–	20 – 30	50 – 120	–	–
Сульфат натрия	50 – 100	–	–	–	–	–
Сульфид натрия	–	–	0,5 – 5,0	0,5 – 5,0	–	–
Сульфат алюминия	30 – 50	25 – 30	–	–	–	–
Декстрин	8 – 10	8 – 10	–	–	–	–
Борная кислота	–	25 – 30	–	–	–	25 – 30
Глицерин	–	–	0,5 – 1,0	–	–	–
Блескообразователь ДЦУ	–	0,5 – 1,0	–	–	–	–
Блескообразователь У-2	–	1,0 – 1,5	–	–	–	–
Блескообразователь БЦУ	–	–	–	6 – 10	–	–
Полиэтиленполиамин	–	–	–	–	2 – 4	–
Тиомочевина	–	–	–	–	0,5	–
Уровень кислотности рН	3,5 – 4,5	4,0 – 4,2	–	–	–	5,9 – 6,5
Температура электролита, °С	15 – 25	15 – 30	15 – 40	15 – 40	18 – 25	15 – 30
Плотность тока, А/дм ²	1,0 – 2,0	1,0 – 3,0	0,5 – 2,0	1,0 – 3,0	1,0 – 2,0	0,5 – 1,5

Толщину цинковых покрытий выбирают исходя из условий эксплуатации покрываемых изделий (таблица 6.54).

Толщина покрытия для крепёжных деталей зависит от шага резьбы (таблица 6.55).

Таблица 6.54 – Выбор толщины покрытия в зависимости от условий эксплуатации, мкм

Условия эксплуатации	Толщина покрытия, мкм
Лёгкие (отапливаемые помещения)	6
Средние (неотапливаемые помещения)	15
Жёсткие (на открытом воздухе)	24
Особо жёсткие (в воде и тропиках)	32

Таблица 6.55 – Зависимость толщины покрытия крепёжных деталей от шага резьбы

Шаг резьбы, мм	Толщина покрытия, мкм
До 0,4	3 – 6
0,4 – 0,8	6 – 9
Свыше 0,8	9 – 12

6.7 Способ дополнительной ремонтной детали и его разновидности

Способ дополнительной ремонтной детали (ДРД) применяют либо с целью компенсации износа рабочих поверхностей, либо при замене повреждённой части изделия. Рабочая поверхность ДРД по своим свойствам должна соответствовать свойствам восстанавливаемой поверхности детали. В зависимости от вида восстанавливаемых поверхностей ДРД имеют форму гильзы, кольца, спирали и т. д.

Соединение ДРД с основной обычно производится применением посадок с натягом. В отдельных случаях могут использоваться сварка, штифты, стопорные винты.

Для использования ДРД осуществляют удаление быстроизнашивающихся частей изделия. Например, так производят ремонт (восстановление) деталей рабочих органов почвообрабатывающих, землеройных и мелиоративных машин, полуосей автомобилей и др. деталей.

На практике ДРД применяют при бандажировании. Примерами таких вариантов являются восстановление наружных поверхностей деталей ходовой части гусеничных тракторов, опорных катков и поддерживающих роликов.

Широко используют приварку элементов и вкладышей. Например, восстановление размеров профильных поверхностей ведущих колёс гусеничных тракторов.

ДРД применяют в виде втулок и компенсационных шайб. Их устанавливают при восстановлении отверстий под оси и штифты.

ДРД применяют в виде свертных колец. С их помощью восстанавливают отверстия. Свертные кольца закрепляют в отверстиях раскатыванием.

В качестве ДРД применяют также резьбовые спиральные вставки. С их использованием восстанавливают резьбовые соединения. Эффективность этого метода при восстановлении резьбы показана в таблице 6.56.

Таблица 6.56 – Показатели технико-экономической эффективности способов восстановления резьбовых отверстий

Способ восстановления	Относительная стоимость	Коэффициент долговечности
Способ ремонтных размеров	1	0,95
Применение сварки	1,13	0,85
Установка резьбового ввёртыша	1,46	1,00
Установка резьбовой спиральной вставки	0,47	1,50

ДРД применяют в виде фигурных вставок, стяжек. Их используют для восстановления герметичности, устранения трещин.

Применяют также ДРД в виде накладок, заплат. Их используют при устранении трещин, пробоин, восстановлении герметичности.

Способ замены части детали. Отделяется изношенная часть. На её место присоединяется (как правило, сваркой) заготовка. Затем осуществляется механическая обработка. Восстановление деталей рассматриваемым способом является общедоступным и надёжным. Этот способ отличается простотой реализации. Можно повысить ресурс деталей.

Однако применение ДРД не всегда экономически оправдано. В ряде случаев снижаются механическая прочность, жёсткость, повышается теплонапряжённость, что ускоряет изнашивание деталей в процессе эксплуатации.

Механическое закрепление ДРД в виде втулок в посадочных отверстиях корпусных изделий или на шейках валов осуществляется посадками с натягом. Сопрягаемые поверхности ДРД и изделия обрабатывают по 6–7-му квалитетам. Шероховатость поверхности должна быть не более $R_a = 1,25–0,32$ мкм. Усилие F , Н, запрессовки втулок рассчитывают по формуле

$$F = f\pi dlp,$$

где f – коэффициент трения (сталь по стали $f = 0,08 – 0,1$);

d – диаметр сопряжения, м;

l – длина втулки, м;

p – давление на поверхности контакта, Па.

При восстановлении гильз цилиндров с применением ДРД используют ленты из стали марок У8А, У10А, 65Г или 70С2ХА. Толщина ленты от 0,5 мм до 0,7 мм.

6.8 Разработка ремонтного чертежа

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. Например, конструктивные (форма, размеры, параметры их точности, шероховатость, твёрдость и т. д.) и технологические признаки (марка материала, вид заготовки – отливка, поковка и т. п.).

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 от аналогичных размеров по основному (конструкторскому) чертежу.

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

При выполнении ремонтных чертежей придерживаются определённых 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, неразъёмные соединения, выполненные клёпкой, 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, как правило, проставляют цифрами предельные отклонения размеров. При указании предельных отклонений размеров условными обозначениями (например, Н7, Н9, К6 и т. д.) их числовые значения помещают в скобках рядом с условными обозначениями.

На чертеже детали поверхности, подлежащие ремонту, следует обводить сплошной толстой линией толщиной от 2S до 3S (где S – толщина основных линий,

установленная ГОСТ 2.303–68), а остальные части чертежа выполняют сплошной тонкой линией толщиной от $S/3$ до $S/2$.

Если у отдельных элементов ремонтируемой детали меняется конфигурация, то изменённую часть детали показывают на чертеже также утолщённой сплошной основной линией, а неизменённую 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 6.10, а).

Если при ремонте детали удаляют изношенную часть и заменяют её 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 полках линий-выносок (рисунок 6.10, б) или в таблице (рисунок 6.10, в), которую помещают в правом верхнем углу чертежа.

Например, на линии-выноске, на поле чертежа делается надпись: "Овальность вывести снятием минимально необходимого слоя металла. Уменьшение диаметра d (размер по рабочему чертежу 18 мм) допускается до 16,5 мм". В правой верхней части чертежа в таблице указывают, например, такие графы: "Условное обозначение размера", "Размер по рабочему чертежу", "Категория ремонтного размера".

В сопряжённых деталях с категорийными размерами сохраняются качество и посадка, 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.

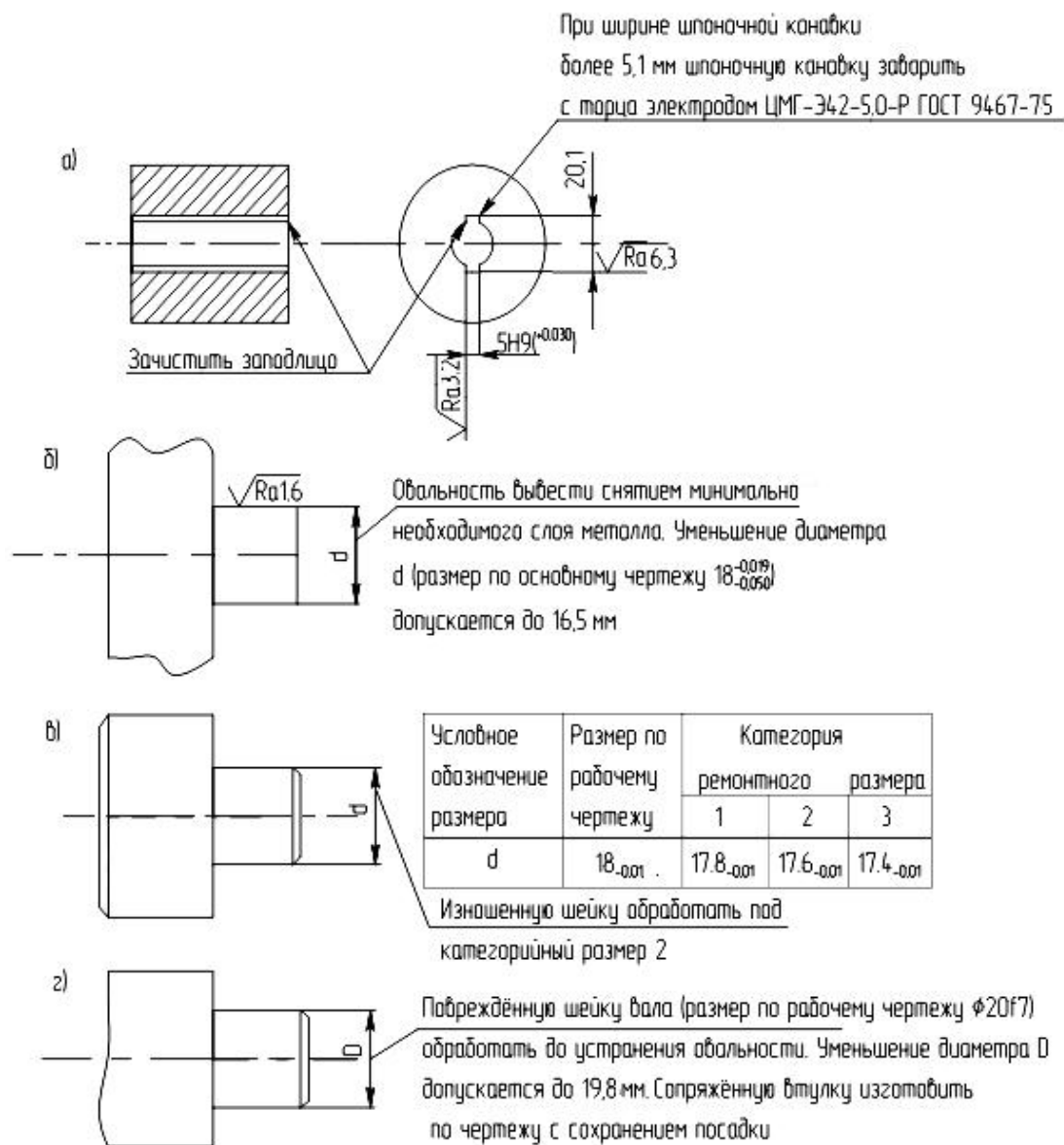


Рисунок 6.10 – Примеры изображения деталей на ремонтных чертежах

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 2.316–2008.

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 выполняют отдельный чертёж.

Если на ремонтном чертеже одной детали дано исчерпывающее указание об изготовлении другой (сопряжённой) детали в соответствии с основной конструкторской документацией (рисунок 6.10, г) и эта документация включена в комплект документов для ремонта изделия, то отдельный ремонтный чертёж на сопряжённую деталь не выпускают.

Ремонтные чертежи выполняют по правилам, предусмотренным ГОСТ 2.604–2000 "Чертежи ремонтные".

Для разработки ремонтных чертежей необходимо располагать основным чертежом детали, техническими требованиями на дефектацию и восстановление детали с учётом опыта передовых ремонтных предприятий.

На ремонтных чертежах указывают только размеры, предельные отклонения, натяги, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта изделия. Это же правило применяется и для изображения видов, разрезов, сечений.

Коды ремонтных чертежей, спецификаций, схем, ведомостей и инструкций состоят из буквы "Р" и соответствующего кода документа. Например, код ремонтного чертежа детали "Р" (обозначения ремонтного чертежа детали АБВГ.721372.001(Р)), код ремонтной сборочной единицы "РСБ" (обозначение ремонтного сборочного чертежа АБВГ.481226.018 РСБ), код ремонтной спецификации "Р" (обозначение ремонтной спецификации изделия АБВГ.481226.018 Р).

Обозначение ремонтного чертежа с одним категорийным размером получают добавлением к обозначению ремонтного чертежа цифр 1, 2, 3 и т.д. соответствующих категории ремонтного размера детали изделия, изображённого на чертеже, на-

пример, АБВГ.711671.011 P1.

Ремонтный чертеж с несколькими категорийными размерами (например, первой и второй категорий) обозначают, например, АБВГ.711671.011 $\frac{P1}{P2}$.

Обозначение ремонтного чертежа с категорийными размерами для нескольких поверхностей получают добавлением к обозначению ремонтного чертежа буквы "К".

Обозначение ремонтного чертежа с пригоночным размером получают добавлением буквы "П" к обозначению ремонтного чертежа.

Обозначение ремонтных чертежей, например, первого и второго вариантов ремонта детали, сборочной единицы получают добавлением к обозначению изделия буквы "Р" и через тире – римских цифр I, II.

Структурная схема оформления ремонтного чертежа, которая выполняется, как правило, на листах формата А4 или А3, приведена в приложении Б.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи, относящейся к изображению.

ГОСТ 2.316–2008 предусматривает перечень допускаемых сокращений слов, применяемых в основных надписях, технических требованиях и таблицах на чертежах и в спецификациях. Например, главный – гл., глубина –глуб., длина – дл., заготовка – загот., инструмент – INSTR., класс – кл., количество – кол., проверил – пров., позиция – поз., разработал – разработ., руководитель – рук., старший – ст. и т.д. Основная надпись для ремонтного чертежа располагается в правом нижнем углу и должна соответствовать ГОСТ 2.104–2006 и ГОСТ 3.1103–2011.

6.9 Разработка маршрутной карты

После выбора организационной формы восстановления детали (подефектная или маршрутная) и рационального способа её восстановления с разработкой ремонтного чертежа намечается план устранения дефекта и разрабатывается маршрутная карта.

Маршрутная карта (МК) предназначена для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия. В маршрутной карте указываются также операции контроля и перемещения в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

Допускается применять МК взамен карты технологического процесса (КТП) с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе "Наименование и содержание операции".

Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса (КТПР), предназначенную для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия с указанием переходов, режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Маршрутная карта составляется как при подефектной, так и при маршрутной технологии восстановления детали.

В текстовой части документа необходимо описать предлагаемый техпроцесс и обосновать маршрут. Операции располагают в рациональной последовательности, устанавливая такое их чередование, при котором последующие операции не влияли бы на качество поверхностей, полученное в предыдущих операциях, т.е. не ухудшали бы их.

Предлагаемая последовательность выполнения операций должна обеспечивать прямоочность движения детали.

Первой операцией должна быть очистка, второй – дефектация, третьей (как правило) – исправление технологических баз. Затем назначаются операции, связанные с термическим воздействием на металл, операции мехобработки, очистки, окраски. Возможно также назначение таких операций, как предшествующая механическая обработка, правка, упрочнение.

Маршрутную карту выполняют по ГОСТ 3.1118–82.

Для единичных технологических процессов, выполняемых с применением

различных методов обработки, применяются формы 1, 1б, 2 по ГОСТ 3.1118–82.

При вертикальном расположении формата А4 применяются формы 3, 3а (оборотная сторона), 3б (последующий лист). При разработке процесса сборки также используется форма 2.

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации. Простановка служебных символов является обязательной и не зависит от применяемого метода проектирования документов. Допускается, однако, не проставлять служебный символ на последующих строках, несущих ту же информацию, при описании одной и той же операции.

Разработка технологического процесса как таковая состоит из комплекса взаимосвязанных работ, предусмотренных Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП), и должна выполняться в полном соответствии с требованиями Р50–54–93-88.

В зависимости от годового объема выпуска изделий и принятого типа производства решение технологических задач осуществляется по-разному. Для мелкосерийного производства разрабатывается единичный технологический процесс, дающий возможность сокращать время на подготовку производства, эффективно применять универсальное оборудование и универсально-наладочные приспособления.

Для серийного производства следует стремиться строить технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда последовательно изготавливаются партии деталей одних наименований или размеров, или групповых поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей различных наименований.

Для массового производства необходимо предусматривать возможность организации непрерывной поточной линии с использованием специальных и агрегатных станков, специальной переналаживаемой технологической оснастки и максимальной

механизации и автоматизации производственных процессов. Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования разработчиком (предприятием, учебным заведением) средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством (АСУП).

По степени детализации описания полноты информации каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документации. В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания переходов (допускается включать режимы обработки, т. е. строку со служебным символом - Р). Применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами операции разрабатываются на операционных картах. Применяется в крупносерийном и массовом типах производств.

В маршрутно-операционном технологическом процессе предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах.

Все виды технологических документов содержат единую форму основной надписи, содержание и правила заполнения которой регламентируются ГОСТ 3.1103–2011. На рисунке 6.11 приводится основная надпись для формата А4 с горизонтальным полем подшивки, как наиболее часто применяемая в курсовом и дипломном проектировании. Графы основной надписи заполняются в соответствии с рекомендациями таблицы 6.57.

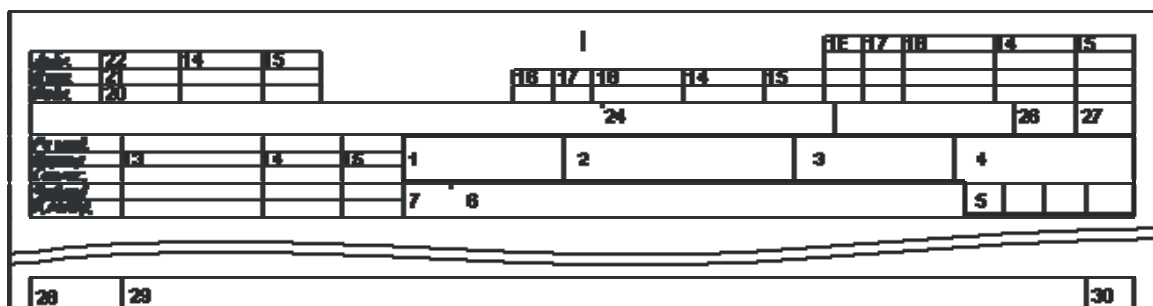


Рисунок 6.11 – Основная надпись для формата А4 с горизонтальным полем подшивки

Таблица 6.57 – Основные надписи

Номер графы	Содержание вносимой информации
1	Наименование учебного заведения в полном или сокращённом виде.
2	Обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору
3	Код классификационных группировок технологических признаков (для типовых и групповых технологических процессов) по технологическому классификатору
4	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201–85; первая цифра – код организации-разработчика (ряду учебных заведений присвоены отраслевые коды); следующие пять цифр – код характеристики документа, выбираемый из ГОСТ 3.1201–85; пять последних цифр – порядковый регистрационный номер. В учебной документации допускается вместо этих, цифр условно записать «XXXXXX»
5	Литера, присвоенная технологическому документу по ГОСТ 3.1102–2011: П – предварительный проект, А – серийное производство, Б – массовое производство и т.д. При дипломном проектировании допускается в этой графе записывать «ДП» («КП» – курсовое проектирование)
6	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу
8	Номер операции
12	Характер работы, выполняемой лицами, подписывающими документ
13	Фамилии лиц, участвующих в разработке, оформлении и контроле документа
15	Дата подписи. Написание месяца римскими цифрами не допускается.
26	Общее количество листов документа
27	Порядковый номер листа документа
28	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102–2011, например: МК – маршрутная карта, КТП – карта технологического процесса, КЭ – карта эскизов, ОК – операционная карта

Учитывая, что маршрутная карта (МК) является основным и обязательным документом любого технологического процесса, далее подробно рассматривается пример заполнения МК по ГОСТ 3.1118–82, форма 1 (рисунок 6.12).

К заполнению граф технологических документов предъявляются определённые требования. Каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам, и информацию записывают в нижней её части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

При записи информации допускаются сокращения, предусмотренные ГОСТ 2.316–2008, ГОСТ 3.1702–79 и др.

Для граф, выделенных утолщёнными линиями, существует три варианта заполнения:

- по первому варианту графы заполняются кодами и обозначениями по соответствующим классификаторам и стандартам. Вариант используется организациями, внедрившими автоматизированную систему управления производством;

- второй вариант характерен для организаций, работающих без применения вычислительной техники. Графы заполняются информацией в раскодированном виде;

- по третьему варианту информация даётся в виде кодов с их расшифровкой.

В дипломном проектировании рекомендуется третий вариант заполнения, так как он приемлем для организаций и учебных заведений с различным уровнем оснащения техническими средствами.

Незаполненные графы свидетельствуют о наличии других документов, являющихся носителями этой информации. В случае отсутствия информации для какой-либо графы в ней ставят прочерк длиной от 4 до 5 мм. Вертикальные штрихи в строках указывают место заполнения информации под графой. Размеры граф должны соответствовать максимальному количеству символов, например цифр, которые можно записать или напечатать на пишущем устройстве применяемой вычислительной техники с шагом печати 2,6 мм.

				ГОСТ 3.1118-82										Форма 1	
Дубл. _____															
Взам. _____															
Подл. _____															
Разраб. Иванов Иван 31.05.85				XXXXXXXX. 406425. XXX										500003.1 101001. XXXX 3 1	
Провер. _____															
Принял _____															
Утверд. _____															
Н. контр. Петров Петр 04.08.88 Вал шлицебыч														10001. XXXXX	
М 01 Круг В25 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-74															
М 02															
А Цех Уч. РМ Опер. Код наименование операции				Обозначение документов											
Б Код наименование оборудования				см проф р чт кр кид ен оп кит тпз тит											
А 03 XX XX XX 005 4280, Отрезная				60040. XXXXX; ИОТ XXX											
Б 04 381765. XXXX, ВГ631				2 16869 211 1Р 1 1 1 900 0,65 8 0,32											
05															
06															
А 07 XX XX XX 010 4269, фрезерно-центров.				ИОТ XXX											
Б 08 381825. XXXX, МР76М				2 18632 311 1И 1 2 1 900 1 25 0,76											
О 09 Фрезеровать два торца, выдерж. разм. 280-0,15				Центровать два торца, выдерж. глуб. 6 ^{+0,2}											
10 Контроль исполнителем															
Т 11 391855. XXXX (2) - фреза торцовая - Т15К6; 391242. XXXX (2) - центровочное сверло - Р9М6;															
12 393311. XXXX - щц - I - 150 - 01; 393311. XXXX - щц - II - 350 - 0,05															
13															
14															
А 15 XX XX XX 015 4114, 4103, Токарн. программн.				60046. XXXXX; ИОТ XXX											
Б 16 381148. XXXX, 16К20Т1				2 15292 411 1Р 1 1 1 900 1 30 0,89											
МК															

Рисунок 6.12 – Пример заполнения маршрутной карты

Информация, вносимая в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбирается из таблицы 6.58. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы продублированы выносными линиями на полях (см. рисунок 6.12).

Таблица 6.58 – Информация, вносимая в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер пункта поиска	Содержание информации
1	2
1	<p>Обозначение служебных символов:</p> <p>А – номер цеха, участка, рабочего места, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции</p> <p>Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам</p> <p>М – информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, вспомогательных и комплектующих материалах с указанием их кода, кода единицы величины, количества на изделие и нормы расхода</p> <p>О – содержание операции (перехода). Информация записывается по всей строке, при необходимости продолжение информации переносится на следующие строки. При отсутствии эскизов обработки здесь записывают размеры обработки отдельных поверхностей</p> <p>Т – информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке; записывается в такой последовательности: приспособление; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; слесарно-монтажный инструмент; средства измерений. Перед наименованием оснастки указывается код в соответствии с классификатором. Код включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Низшую группировку в дипломном проекте можно условно указать в виде знака «XXXX». Количество одинаковой одновременно работающей оснастки указывается цифрой в скобках, например: «...; 39 1842. XXXX (2)-фреза угловая Р9М6»</p> <p>Р – строка вводится, если требуется указать информацию о режимах обработки</p>
2	Графы: номер цеха, участка и рабочего места в дипломном проекте можно заполнять в виде условного кода «XX»
3	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 005, 010, 015, 020 и т. д.
4	Код материала. Графа не заполняется – ставится прочерк
5	<p>В графе «М01» указывается наименование, сортament, размер и марка материала, номер стандарта, т.е. данные, которые в текстовых документах обычно записываются дробью в виде $\frac{A25 \hat{A} \hat{I} \hat{N} \hat{O} 2590 - 2006}{45 \hat{A} \hat{I} \hat{N} \hat{O} 1050 - 88}$. В данной графе запись выполняется одной строкой с разделительным знаком «/».</p>
6	Код единицы величины – массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки по классификатору; так, для массы, указанной в кг, – код 166, в г – 163, в т – 168

Продолжение таблицы 6.58

1	2
7	Код операции согласно классификатору технологических операций, например: 4220 – для расточной операции; 4221 – для горизонтально-расточной операции При наличии операции, выполняемой на станке с программным управлением, к коду операции добавляется код «4103». После кода операции записывается её наименование.
8	Код оборудования включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Низшая группировка оборудования в дипломном проекте условно указывается знаком «XXXX».
9	Код степени механизации труда указывается однозначной цифрой: наблюдение за работой автоматов – 1; работа с помощью машин и автоматов – 2; вручную при машинах и автоматах – 3; вручную без машин и автоматов – 4; вручную при наладке машин и ремонту – 5
10	Код профессии согласно классификатору.
11	Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Код включает три цифры: первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие – код формы и системы оплаты труда: 10 – сдельная форма оплаты труда, 11 – сдельная система оплаты труда прямая, 12 – сдельная система оплаты труда премиальная, 13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная, 20 – повременная форма оплаты труда, 21 – повременная система оплаты труда простая, 22 – повременная система оплаты труда премиальная.
12	Код условий труда включает в себя цифру – условия труда: 1 – нормальные, 2 – тяжёлые и вредные, 3 – особо тяжёлые, особо вредные, а также включает букву, указывающую вид нормы времени: Р – аналитически-расчётная, И – аналитически-исследовательская, Х – хронометражная, О – опытно-статистическая
13	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например ИОТ – инструкция по охране труда
14	Обозначение профиля и размеров заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину заготовки, сторону квадрата или диаметр и длину, например: 20 x 50 x 300, Ø35
15	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
16	Количество одновременно обрабатываемых заготовок
17	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки, например прутка
18	Единица нормирования, на которую установлена норма времени, например: 1, 10, 100 шт.
19	Масса заготовки

Продолжение таблицы 6.58

1	2						
20	Объем производственной партии в штуках						
21	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависит от количества обслуживаемых станков:						
	количество станков	1	2	3	4	5	6
	коэффициент	1	0,65	0,48	0,39	0,35	0,32
22	Норма штучного времени на операцию						
23	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию						
24	Коды технологической оснастки по классификатору						

В приложении Л приведена форма операционной карты (ОК) по ГОСТ 3.1404–86 (форма 2), эскиз для которой выполняется отдельно на карте эскизов. Формы предназначаются для оформления операций, выполняемых как на универсальном технологическом оборудовании, так и на станках с ЧПУ.

Правила записи операций и переходов обработки металлов резанием изложены в ГОСТ 3.1702–79, а слесарных и слесарно-сборочных работ – в ГОСТ 3.1703–79. Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записывается именем прилагательным в именительном падеже. Наименование слесарных и слесарно-сборочных операций следует записывать именем существительным или прилагательным в именительном падеже с указанием предмета обработки, например «разметка направляющих поверхностей» и т. п. Исключение составляют такие наименования операций, как «слесарная», «сверлильная», «опиловочная».

В содержание перехода включаются:

а) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределённой форме (приложение К);

б) наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства – в винительном падеже, например «отверстие», «фаску», «заготовку» и т. п.;

в) информация о размерах участков поверхностей обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах и указанных арабскими цифрами в окружности диаметром от 6 мм до 8 мм;

г) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например «предварительно», «окончательно», «последовательно», «по копиру», «согласно эскизу» и т. п.

При записи содержания операции и переходов допускается полная или сокращённая форма записи. Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений (эскизов, чертежей), при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров (такая запись характерна для промежуточных переходов). В записи содержания перехода следует указать непосредственные размеры обработки с их предельными отклонениями, например «точить предварительно поверхность 6, выдерживая $d = 45_{-0,5}$ и $l = 160 \pm 0,6$ ».

Сокращённую запись следует выполнять при наличии достаточной информации на графических изображениях и возможности ссылки на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия, например «точить канавку 1».

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе или на операционной карте в зоне для графической информации. Допускается указывать в тексте содержания операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если его нельзя указать на операционном эскизе, например «фрезеровать предварительно ($Rz100$) поверхность 3, выдерживая $h = 70 \pm 0,5$ ».

Правила записи операций и переходов сварки установлены ГОСТ 3.1705–81,ковки и горячей штамповки – ГОСТ 3.1706–83, литья – ГОСТ 3.1707– 84.

6.10 Расчёт режимов обработки и нормирование времени

6.10.1 Задачи и методы нормирования

Основными методами установления технически обоснованных норм времени являются аналитически-исследовательский и расчётно-аналитический.

Аналитически-исследовательский метод заключается в анализе затрат труда путем проведения фотографии рабочего дня, или хронометража.

Расчётно-аналитический метод заключается в поэлементном расчёте норм составляющих элементов технологического процесса на основе технически обоснованных нормативов.

Непосредственным объектом технического нормирования является технологический процесс и его основная часть – операция.

6.10.2 Классификация затрат рабочего времени

Нормируемое время состоит из подготовительно-заключительного, оперативного и дополнительного времени.

Подготовительно-заключительное время затрачивается рабочим на ознакомление с порученной работой, на подготовку к этой работе и выполнение действий, связанных с её окончанием.

При мелкосерийном и единичном производстве этот вид времени имеет существенное значение, а при крупносерийном и массовом – доля подготовительно-заключительного времени, приходящаяся на одну деталь, чрезвычайно мала и практически в расчётах не принимает участия.

Оперативное время затрачивается на выполнение конкретной операции. Оно состоит из основного и вспомогательного времени.

Основным (технологическим) временем называется время, в течение которого происходит изменение формы, размеров и свойств изделия в результате каких-либо воздействий (при механической обработке – время снятия стружки, при наплавке – время плавления электрода, при хромировании – время осаждения хрома и т.д.).

Вспомогательным называется время, затрачиваемое рабочим на определённые действия, связанные с обеспечением выполнения основных работ. К таким действиям относятся установка, крепление и снятие детали, наладка оборудования и управление им в период работы, перестановка инструмента (замена электродов и др.), обмер детали и взятие пробных стружек, подача детали к месту сборки, очистка шва от

шлака и поворот детали при сварке и наплавке, навешивание детали в ванну при гальванических покрытиях и т.д.

Дополнительное время состоит из времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные надобности рабочего. Организационно-техническое обслуживание включает в себя следующие работы: регулировку инструмента, сварочных агрегатов и оборудования, смену и заточку инструмента, правку шлифовального круга, смазывание станка и очистку его от стружки, оборудование рабочего места, приём и сдачу оборудования сменщику и др.

Время на отдых и личные надобности затрачивается на физиологически необходимый отдых, производственную гимнастику, естественные надобности.

6.10.3 Состав технически обоснованных норм времени

Технически обоснованной нормой времени может быть штучно-калькуляционное время (при единичном, мелко- и среднесерийном производстве) или штучное (при крупносерийном или массовом производстве).

Штучно-калькуляционное время складывается из затрат времени на выполнение каждой операции технологического процесса и в общем случае определяется по формуле

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{ш}} + T_{\text{пз}}/n_{\text{п}},$$

где $t_{\text{шк}}$ – штучно-калькуляционное время, необходимое для обработки одного изделия при выполнении одной операции, мин;

$t_{\text{ш}}$ – штучное время, необходимое для непосредственного воздействия на одно изделие при данной операции, мин;

$T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

$n_{\text{п}}$ – количество деталей в партии, шт.

Штучное время определяется из соотношения

$$t_{\text{ш}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{д}},$$

где $t_{оп}$ – оперативное время, мин;

t_d – дополнительное время, мин.

Оперативное время представляет собой сумму основного t_0 и вспомогательного времени $t_{вс}$.

Дополнительное время задаётся в процентах к оперативному и определяется

$$t_d = t_{оп} k_1 / 100,$$

где k_1 – отношение дополнительного времени к оперативному, %.

Вспомогательное время определяется из соотношения

$$t_{вс} = t_{в\у} + t_{в\п} + t_{в\з},$$

где $t_{в\у}$ – вспомогательное время, затрачиваемое на установку и снятие детали, мин; оно зависит от массы и конфигурации изделия, конструкции приспособления, характера и точности установки заготовки на станке;

$t_{в\п}$ – вспомогательное время, связанное с переходом, мин; это время затрачивается рабочим на подвод и отвод режущего инструмента, включение и выключение станка, переключение подач и скоростей. Оно зависит от технической характеристики станка, длины обработки, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности, конструкции режущего и измерительного инструмента;

$t_{в\з}$ – вспомогательное время, связанное с замерами обрабатываемого изделия в процессе выполнения операции, мин.

Следовательно, штучно-калькуляционное время может быть определено из соотношения

$$t_{шк} = t_0 + t_{вс} + t_d + T_{пз} / n_{п}.$$

Из всех составляющих штучно-калькуляционного времени рассчитывают только основное и дополнительное. Вспомогательное и подготовительно-заключительное виды времени назначают по таблицам нормативов.

6.10.4 Техническое нормирование станочных работ

6.10.4.1 Последовательность нормирования станочных работ

Техническое нормирование станочных работ производится в следующей последовательности:

– для каждого технологического перехода определяют основное (машинное) время

$$t_0 = (L_p / sn) i,$$

где t_0 – основное (машинное) время, мин;

L_p – расчётная длина обработки, мм;

n – частота вращения заготовки или инструмента, мин^{-1} ;

s – величина подачи заготовки или инструмента, мм/об;

i – число ходов инструмента.

Расчётную длину обработки определяют из соотношения

$$L_p = l + l_x,$$

где l – действительная длина обработки, определяемая по чертежу, мм;

l_x – величина, связанная с врезанием и перебегом инструмента (для каждого способа обработки имеет свои особенности определения), мм;

– определяют диаметр d обработки и припуск z на неё. Значение диаметров валов берётся до обработки, отверстий – после. Припуск – величина слоя материала, которую необходимо снять в процессе обработки;

– находят глубину резания t , мм, которую принимают, как правило, равной припуску на сторону;

– определяют число рабочих ходов из соотношения

$$i = z / (2t),$$

где t – глубина резания за один ход, мм.

– выбирают величину подачи s по нормативам в зависимости от вида обра-

ботки;

– сопоставляют выбранную величину подачи с имеющимися подачами оборудования (по паспорту станка) и принимают для последующих расчётов ближайшее значение s ;

– по нормативам определяют скорость резания V , значение которой зависит от обрабатываемого материала, его механических свойств, материала режущего инструмента, глубины резания, подачи, геометрии режущего инструмента;

– рассчитывают частоту вращения детали n , c^{-1} ($мин^{-1}$), по формуле

$$n = 1000V/(\pi d),$$

где V – скорость резания, м/мин;

d – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

6.11 Нормирование технологического процесса

6.11.1 Токарные работы

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, мин;

$T_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на обработку каждой заготовки, мин;

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

$n_{пар}$ – число деталей в партии.

Штучное время, мин, определяется по формуле

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

где T_0 – основное технологическое, или машинное время;

$T_в$ – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время технического и организационного обслуживания рабочего места;

$T_{п}$ – время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное машинное время рассчитывается на каждый переход в отдельности по формуле

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

где T_0 – основное машинное время, мин;

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 – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

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

i – число ходов.

Основное технологическое время T_0 и вспомогательное время $T_в$ затрачиваются на выполнение основной и вспомогательной работы. Сумму основного технологического и вспомогательного времени называют оперативным временем

$$T_{оп} = T_0 + T_в.$$

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

Общее время для выполнения операции определяется по формуле

$$T_k = T_0 + T_в + T_{об} + T_{п} + \frac{T_{пз}}{n_{пар}}.$$

6.11.2 Фрезерные работы

Фрезерование – широко распространённый процесс обработки плоских и фасонных поверхностей многозубыми режущими инструментами – фрезами. При вращении фрезы зубья последовательно входят в работу и срезают припуск обрабатываемого материала.

Фрезерование обеспечивает 8–10-й квалитеты допуска размеров и шероховатость $Ra = 1,6–6,3$ мкм. Кинематика процесса характеризуется двумя движениями – резания и подачи.

Главное движение при фрезеровании – быстрое вращение инструмента вокруг оси, а движение подачи – медленное поступательное движение заготовки, закреплённой на столе станка.

Режим резания при фрезеровании характеризуется:

а) скоростью резания, м/мин, V , определяемой из соотношения

$$V = (\pi d_{\phi} n) / 1000,$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм;

б) минутной подачей S_m , мм/мин; подачей S_o на оборот, мм/об; подачей S_z на зуб, мм/зуб, которые вычисляют по формулам

$$S_m = S_o n = S_z Z,$$

$$S_o = S_z Z \text{ мм/об},$$

где Z – число зубьев;

в) глубиной резания t , мм;

г) шириной фрезерования B , мм.

Основное (технологическое) время T_o , мин, при фрезеровании определяется делением расчётного пути L на скорость S_m перемещения стола относительно фрезы

$$T_o = \frac{L}{n S_o} i = \frac{l + l_1 + l_2}{S_m} i,$$

где L – длина фрезерования, мм;

l_1 – путь врезания фрезы на полную глубину, мм;

l_2 – путь выхода фрезы из контакта с заготовкой, мм;

i – число ходов фрезы при снятии всего припуска, мм.

6.11.3 Сверление, зенкерование и развёртывание

Сверление, зенкерование и развёртывание – широко распространённые в машиностроении способы обработки глухих и сквозных отверстий в широком диапазоне диаметров. Эти операции выполняются на сверлильных станках при двух совместных движениях: вращении инструмента (главное движение) и поступательном движении вдоль оси (движение подачи). В качестве инструмента используют соответственно свёрла, зенкеры и развёртки.

Сверление – черновая обработка отверстий в сплошном материале или рас-сверливание, при этом достигается точность в пределах 11–12-го квалитетов и шероховатость $Ra = 5,0–10,0$ мкм.

Зенкерование – получистовая обработка (8–9-й квалитеты; $R_a = 3,2–6,3$ мкм).

Развёртывание – чистовая обработка (5–7-й квалитеты; $R_a = 0,5–1,6$ мкм).

Скорость резания, м/мин, определяется из соотношения

$$V = (\pi Dn)/1000,$$

где D – наружный диаметр инструмента,

n – частота вращения сверла, s^{-1} (мин^{-1}).

Различают подачу S_z на зуб, мм/зуб, подачу S_o на оборот, мм/об, при этом

$$S_o = S_z Z,$$

где Z – число зубьев: при сверлении $Z = 2$; зенкерования $Z = 3–5$; развёртывании $Z = 6$ и более.

Глубина резания t – это расстояние от обработанной поверхности отверстия до

оси сверла, измеренное по радиусу, т.е. $t = D/2$, мм. При зенкеровании $t = 0,5-3$ мм; при развёртывании $t = 0,05-0,5$ мм.

Машинное время при сверлении T_m , мин, определяется по формуле

$$T_m = \frac{L}{nS_o} = \frac{l + l_1 + l_2}{nS_o},$$

где L – расчётный путь, проходимый сверлом в направлении подачи, мм;

l – глубина сверления (длина отверстия), мм;

l_1 – величина врезания, мм: при сверлении $l_1 = 0,3D$, при рассверливании

$l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi$, где φ – главный угол в плане, град.;

l_2 – величина перебега, $l_2 = 1-2$ мм.

6.11.4 Шлифование

Шлифование – метод обработки материалов резанием при помощи абразивных инструментов, режущими элементами которых являются зёрна абразивных материалов, обладающие высокой твёрдостью, теплостойкостью и острыми кромками. Абразивные зёрна расположены в шлифовальном круге беспорядочно и их удерживает связующий материал. При вращении шлифовального круга выступающие из него зёрна срезают с заготовок своими кромками большое число очень тонких стружек. Благодаря малому сечению среза и высокой скорости вращения круга шлифование обеспечивает высокую (6–7-й квалитеты) точность обработки и малую ($Ra = 1,6-0,2$ мкм) шероховатость обработанной поверхности.

К абразивным инструментам относятся шлифовальные круги, сегменты и бруски. Абразивный инструмент характеризуется формой и размерами, материалами абразивных зёрен, связующим материалом, зернистостью, твёрдостью и структурой.

Различают наружное круглое, внутреннее круглое, круглое бесцентровое, плоское фасонное и другие виды шлифования.

Наружное круглое шлифование с продольной подачей осуществляется при вращении в одну сторону круга и заготовки. В конце каждого одинарного или двой-

ного хода шлифовальный круг совершает поперечную подачу на глубину резания.

Для деталей, у которых длина обрабатываемой поверхности меньше или равна ширине круга, применяют врезное шлифование.

Плоское шлифование осуществляют торцом и периферией круга. Заготовка совершает возвратно-поступательное перемещение.

Элементами резания при шлифовании являются скорость резания, подача и глубина резания.

Скорость резания V , м/с, равна окружной скорости периферии шлифовального круга

$$V = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

где n_k – частота вращения круга, мин^{-1} ;

D_k – наружный диаметр круга, мм.

При плоском шлифовании различают продольную подачу S_d , м/мин, поперечную подачу S_x , мм/ход стола, вертикальную подачу, или подачу на глубину S_t , мм.

Продольная и поперечная подачи осуществляются путём перемещения обрабатываемой детали относительно круга, подача на глубину – перемещением круга в момент реверсирования поперечной подачи. Глубина резания t , мм, – толщина слоя металла, снимаемого за один рабочий ход шлифовального круга.

Допустимая величина скорости резания ограничивается прочностью на разрыв шлифовального круга. При скорости резания менее 30 м/с режущие свойства шлифовального круга резко ухудшаются, увеличивается его износ.

Основное время T_o , мин, рассчитывается по формуле

$$T_o = \frac{Lhk}{n_s S B S_n},$$

где L – длина продольного хода заготовки (стола), мм;

h – припуск на сторону, мм;

k – коэффициент, учитывающий добавочное число ходов для получения

требуемой точности и шероховатости поверхности, $k = 1,2-1,7$;

n_3 – частота вращения заготовки, мин^{-1} ;

B – ширина шлифовального круга, мм;

S_n – подача шлифовального круга, мм.

6.11.5 Газо- и электросварочные работы

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

$$T_{on} = (T_o + T_{\epsilon 1})L + T_{\epsilon 2},$$

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

$T_{\epsilon 1}$ – вспомогательное время, мин, связанное с переходом, рассчитывается по формуле

$$T_{\epsilon 1} = t_{оч} + t_M,$$

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

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

L – длина шва или валика, м;

$T_{\epsilon 2}$ – вспомогательное время, связанное со сваркой изделия, мин.

Основное время

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

где F – площадь поперечного сечения шва, мм^2 ;

γ – плотность наплавленного металла, г/см^3 ;

α_H – коэффициент наплавки, или минутный расход присадочной проволо-

ки, г/мин;

T_{01} – основное время на разогрев свариваемых кромок, мин.

6.11.6 Нанесение гальванических покрытий (на примере хромирования)

Хромирование осуществляется в стационарных ваннах или струйным способом. Применяется питание постоянным током. Используют выпрямители напряжением от 6 до 24 В.

Режимы хромирования рекомендуется задавать в следующих интервалах

$$T_{эл} = 50–60 \text{ } ^\circ\text{C}; D_k = 60–120 \text{ А/дм}^2.$$

Основное время при хромировании t_o , мин, вычисляется по формуле

$$t_o = \frac{100\gamma h}{C D_k \eta},$$

где γ – плотность Cr, г/см³ (6,92 г/см³);

h – толщина слоя, мм;

D_k – катодная плотность тока, А/дм²;

C – электрохимический эквивалент, г/(А·ч), (0,324);

η – кпд, характеризующий использование энергии, 13–15 %.

7 Проектирование ремонтных цехов и участков

Планировка оборудования и рабочих мест ремонтного цеха (участка) зависит от характера производства, особенностей и объёма производственного задания, габаритных размеров и массы обрабатываемых деталей.

7.1 Производственная программа и трудоёмкость работ

Производственная программа ремонтного предприятия определяется номенклатурой и количеством единиц ремонтируемой продукции (машин, агрегатов) и выражается в физических единицах ремонта и (или) в денежном выражении.

7.2 Структура предприятия и фонды времени

Структура предприятия определяется его производственной программой, в том числе объёмом производства. Так как на ремонтных предприятиях численный состав работающих обычно относительно невелик, то в организации управления предприятием целесообразна бесцеховая структура. При числе рабочих свыше 100 человек возможно образование цеха.

Основное производство состоит из следующих участков: наружной мойки, разборочного, очистки и мойки деталей, дефектации, комплектования и слесарной пригонки деталей, восстановления и изготовления деталей, сборки узлов и их испытания, общей сборки, испытания и окраски машин.

Вспомогательное производство имеет отдел главного механика и испытательный участок.

В состав ремонтного предприятия входят также транспортное и складское хозяйства, лаборатория, компрессорная, трансформаторная подстанция, административно-бытовые помещения и другие службы.

При проектировании предприятия необходимо знать режим его работы и фонд рабочего времени. Фонд рабочего времени необходим для расчёта потребности в рабочей силе (трудовых ресурсах) и оборудовании. Работа разборочно-сборочных участков строится обычно в одну смену, а большинства участков по восстановлению деталей – в две смены, участков же с непрерывным производственным процессом – в три смены. При значительной производственной программе работа разборочно-сборочных участков может быть организована в две смены. Продолжительность смены принимают в соответствии с трудовым законодательством 8,0 ч, на

вредных работах (малярный, гальванический, термический и т.п.) – 7,2 ч.

Действительный годовой фонд времени рабочих различных специальностей рассчитывается ежегодно по календарю. Для расчётов при курсовом и дипломном проектировании его можно принять следующим: станочников, слесарей, деревообделочников – 1 909 ч; термистов, гальваников – 1 893 ч; сварщиков, кузнецов, медников – 1 853 ч; маляров при работе в камерах – 1 610 ч.

Действительный годовой фонд времени оборудования, ч, рассчитывается по формуле

$$F_{д.о} = F_n S \eta_o,$$

где S – число смен работы в сутки;

η_o – коэффициент использования оборудования по времени (для станков $\eta_o = 0,90–0,95$, для сварочного оборудования $\eta_o = 0,8–0,85$ и т.д.);

F_n – номинальный фонд времени, ч.

Действительный годовой фонд времени рабочего места $F_{д.м}$, ч, определяется по формуле

$$F_{д.м} = F_n S m,$$

где m – число одновременно работающих на одном рабочем месте.

7.3 Определение численности работающих, потребного оборудования и числа рабочих мест

Весь персонал предприятия подразделяется на следующие категории: заготовительные рабочие (основные и вспомогательные), инженерно-технические работники, административно-конторский и младший обслуживающий персонал.

К основным (производственным) рабочим относятся рабочие, занятые непосредственно выполнением технологических операций. Число основных рабочих (списочный состав) $R_{сп.о}$ рассчитывается по формуле

$$R_{\text{сп.о}} = T_{\text{к}} / F_{\text{д.р}},$$

где $T_{\text{к}}$ – суммарная трудоемкость, ч;

$F_{\text{д.р}}$ – действительный фонд времени одного рабочего за расчётный период (год), ч.

Определение численности рабочих по профессиям производится исходя из трудоёмкости работ, которая задаётся в процентах от общей трудоёмкости для различных ремонтных работ.

К категории вспомогательных рабочих относятся транспортные рабочие, рабочие отдела главного механика (ОГМ), инструментального и заточного участков, контролёры отдела технического контроля (ОТК), кладовщики, разнорабочие. Численность вспомогательных рабочих при укрупнённом проектировании определяется в процентном отношении (15–18 %) к числу основных рабочих.

Численность руководителей и специалистов при укрупнённом проектировании принимается 7–9 % от общего числа основных и вспомогательных рабочих.

Оборудование для предприятий подбирается согласно технологическому процессу. Число отдельных видов оборудования $N_{\text{об}}$ определяется по формуле

$$N_{\text{об}} = \Sigma T_{\text{об}} / F_{\text{д.о}},$$

где $\Sigma T_{\text{об}}$ – суммарная трудоёмкость, соответствующая определённому виду оборудования (станочному, сварочному и др.);

$F_{\text{д.о}}$ – действительный фонд времени одной единицы оборудования.

Число рабочих мест $N_{\text{р.м}}$ определяется по формуле

$$N_{\text{р.м}} = T_{\text{м}} / F_{\text{д.м}},$$

где $T_{\text{м}}$ – годовой объём работы для рассчитываемого рабочего места, ч;

$F_{\text{д.м}}$ – действительный годовой фонд времени данного рабочего места, ч.

Потребное количество рабочих по профессиям рассчитывают аналогично, распределяя объём работ, чел-ч, по соответствующим профессиям (сварочные, куз-

нечно-прессовые, механические и др. работы).

Оборудование по номенклатуре для каждого рабочего места подбирается согласно технологическому процессу. Рассчитывается только потребность в дорогостоящем оборудовании. Нестандартное оборудование, приспособления и инструмент принимается укрупнённо на основе данных типовых ремонтных предприятий.

В общем случае расчёт числа отдельных видов оборудования ведётся по формуле

$$N = \sum T / (\Phi_{об} \eta_{и} \eta_{с}),$$

где $\sum T$ – суммарная трудоёмкость работ, выполняемых на соответствующем оборудовании;

$\Phi_{об}$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования;

$\eta_{и}$ – коэффициент, учитывающий использование оборудования по времени, равный 0,7–0,9;

$\eta_{с}$ – коэффициент сменности.

Подобранное и рассчитанное оборудование сводится в таблицу. При этом выделяется количество коллективных и индивидуальных рабочих мест.

Для расчёта потребности в отдельных видах оборудования применяются приведённые ниже формулы.

Оборудование для автоматической и вибродуговой наплавки и металлизационных работ

$$N_{а.н} = (F \cdot n \cdot N) / (\Phi_{об} \cdot f \cdot \eta_{и} \cdot \eta_{с}),$$

где $N_{а.н}$ – количество установок автоматической наплавки;

F – общая площадь поверхности наплавки по одному ремонтируемому объекту, см²;

n – количество слоёв наплавки;

N – количество ремонтируемых объектов;

$\Phi_{об}$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования;

f – скорость наплавки поверхности, см²/ч;

$\eta_{и}$ – коэффициент использования сварочной установки, принимается равным 0,5–0,7;

$\eta_{с}$ – коэффициент сменности.

Количество испытательных стендов $N_{ис}$ в лабораториях определяют по формуле

$$N_{ис} = (\sum T \cdot \eta_{п}) / (\Phi_{об} \eta_{и} \eta_{с}),$$

где $\sum T$ – продолжительность испытаний объектов (суммарная трудоёмкость);

$\eta_{п}$ – коэффициент, учитывающий возврат объектов для повторных испытаний, равный 1,05–1,1;

$\eta_{и}$ – коэффициент использования стенда, равный 0,86–0,96.

Более подробно об определении количества необходимого оборудования дано в [37–39].

7.4 Особенности проектирования отделений основного производства

Площади ремонтных предприятий делятся на производственные, вспомогательные и для административно-бытовых помещений. К группе производственных помещений относятся площади, занятые технологическим оборудованием основного и вспомогательного производств, рабочими местами, в том числе верстаками, транспортным оборудованием (конвейерами, рольгангами, склизами), а также рабочие зоны, проходы и проезды между оборудованием. К группе вспомогательных площадей относятся помещения, занятые складами и кладовыми, включая проезды и проходы к ним.

Площади $F_{уч}$ для участков основного производства определяют следующими способами:

- а) по удельной площади на одного производственного рабочего в большей (обычно в первой) смене:

$$F_{уч} = P_{пр} f_{пр},$$

где $F_{\text{уч}}$ – производственная площадь участка (цеха), м^2 ;

$P_{\text{пр}}$ – число производственных рабочих в большей (первой) смене;

$f_{\text{пр}}$ – удельная площадь на одного производственного рабочего;

б) по площади, занимаемой оборудованием

$$F_{\text{уч}} = F_{\text{об}} K_n,$$

где $F_{\text{об}}$ – площадь пола, занимаемая оборудованием, м^2 ;

K_n – переходный коэффициент, учитывающий проходы и проезды около оборудования.

При разработке дипломного проекта производственные площади уточняются на основании размещения оборудования и постов с учетом нормативных расстояний между оборудованием, оборудованием и частями зданий, проходов и проездов к оборудованию. Определение производственной площади на основании размещения оборудования является наиболее точным.

При планировке ремонтного цеха все его отделения, участки и вспомогательные помещения располагают так, чтобы обеспечить прямолинейность и последовательность прохождения материалов, заготовок и изделий по стадиям обработки (без обратных и петлеобразных перемещений), максимальное использование производственной площади, удовлетворить требования охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

При выполнении дипломного проекта планировку станков и оборудования следует начинать с нанесения сетки колонн в масштабе 1:100 (реже – 1:50 или 1:200). Сетка колонн – это система продольных и поперечных осей.

Ширина пролёта бывает расчётная и в свету. Расчётная ширина пролёта – это расстояние между центрами (осями) опор или осями геометрической формы несущей конструкции. Ширина пролёта в свету – это расстояние между внутренними гранями несущих опор. Выбор ширины пролёта зависит от функционального назначения ремонтного предприятия и необходимого подъёмно-транспортного оборудования. Обычно ширину пролёта от 6 м до 12 м принимают кратной 3, а для пролётов шириной 18 м и более кратность составляет 6.

Высота пролёта – это расстояние от пола до нижней точки строительной затяжки или до нижней выступающей части верхнего перекрытия.

Несущие опоры или колонны на планах обозначают пересечением взаимно перпендикулярных продольных и поперечных линий, называемых разбивочными осями линиями.

Шаг колонн – расстояние между поперечными разбивочными осями здания, обычно устанавливают 6 или 12 м в зависимости от конструктивного решения кровли и подъёмно-транспортного оборудования.

Поперечные разбивочные оси обозначают на планах слева направо арабскими цифрами, заключёнными в кружках диаметром от 10 до 12 мм. Продольные разбивочные оси обозначают прописными буквами русского алфавита, за исключением букв З, Й, Х, О, Ц, Ч, Ш, Ы, Ъ, Ь, по порядку снизу вверх (рисунок 7.1).

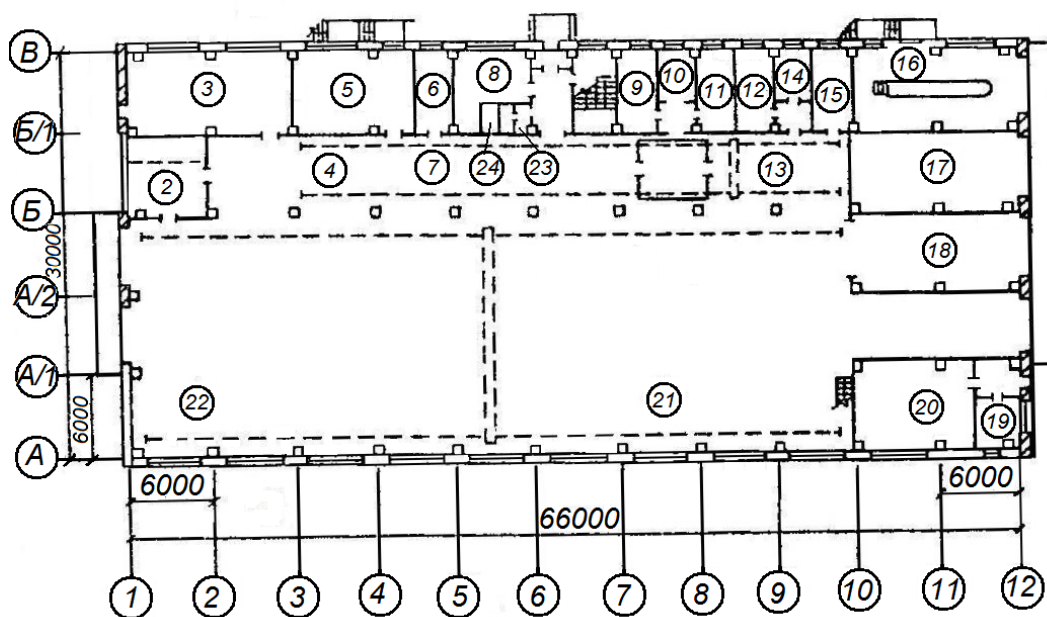


Рисунок 7.1 – План производственного корпуса на отметке 0.000

Длина пролёта выбирается на основе планировки оборудования и всех отделений и участка, расположенных вдоль пролёта, с учётом размеров поперечных проходов и различных коммуникаций. Общая длина пролёта должна быть кратна шагу колонн. Хотя общая длина пролёта не лимитируется, при проектировании необхо-

рационально ограничивать длину пролёта и определять количество пролётов.

Для достижения оптимального варианта размещения оборудования используется, в основном, метод плоскостного макетирования. Метод плоскостного макетирования заключается в применении плоских макетов оборудования, изготовленных из бумаги или картона. Изображения контуров станков-темплетов выполняют в том же масштабе, что и план здания. При вычерчивании темплета принимают контур станка по крайним выступающим частям, причём в габарит входят крайние положения движущихся частей, электрошкафы, гидронасосы, баки охлаждения и другие агрегаты, смонтированные вне самого оборудования.

Габаритные размеры оборудования приведены в паспортах. При дипломном проектировании можно пользоваться данными, приведенными в [37, 40]. Темплеты наиболее распространённых металлообрабатывающих станков можно найти в [38, 40].

На плане располагают темплеты оборудования в возможно более короткую технологическую линию, чтобы заготовки не транспортировались в процессе производства по кольцевым, обратным и петлеобразным траекториям. Место рабочего у станка обозначается кружком диаметром 4–5 мм (при масштабе 1:100), половина которого затушёвывается. Светлая часть кружка обозначает лицо рабочего и должна быть обращена к станку (рисунок 7.2).

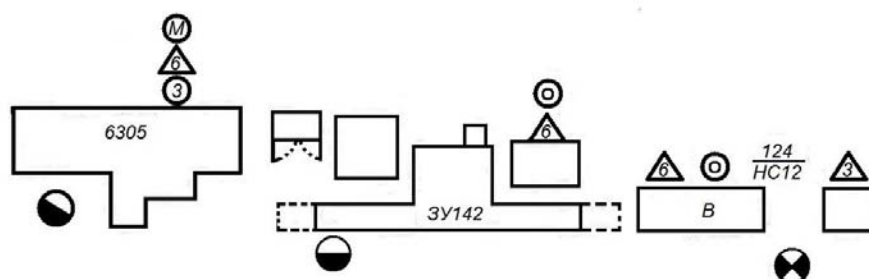
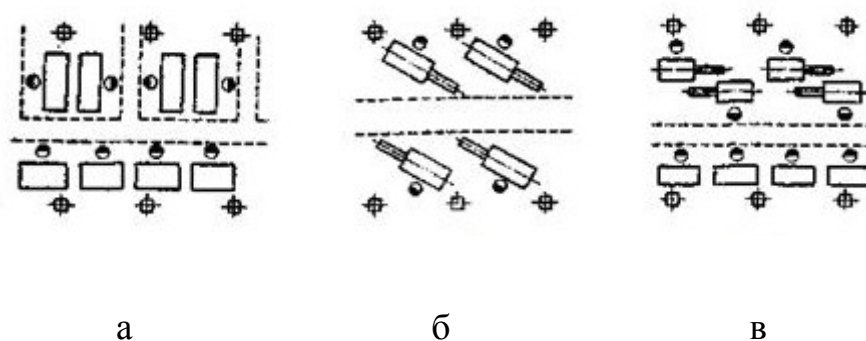


Рисунок 7.2 – Условные обозначения, применяемые при расстановке оборудования

Все виды оборудования нумеруют сквозной порядковой нумерацией, обычно слева направо и сверху вниз арабскими цифрами. Номер оборудования по спецификации указывают внутри контура или вне его в конце выносной линии. Вне контура дают условные обозначения подвода масла, эмульсии, воздуха и т.п.

На плане должны быть пронумерованы римскими цифрами отделения участков и вспомогательные помещения.

Расстановку оборудования выполняют с учётом существующих требований, норм расстояний между оборудованием и элементами зданий, норм ширины проездов и расстояний между оборудованием. Нормы расстояний для оборудования общего назначения, столов, верстаков и нормой ширины проездов приведены в справочной литературе [39, 40]. Схемы размещения оборудования и проездов показаны на рисунке 7.3.



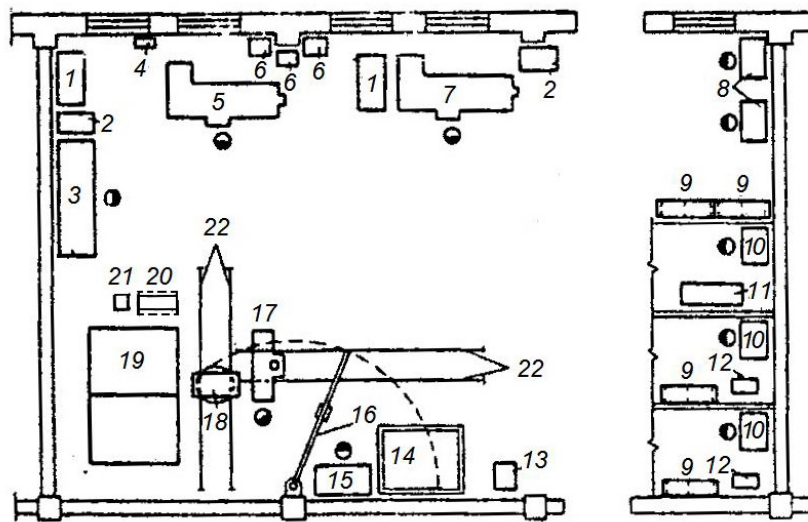
а – проезд между боковыми и фронтальными сторонами рабочих мест;
б – проезд между тыльными сторонами рабочих мест; в – проезд между фронтами линий рабочих мест.

Рисунок 7.3 – Схемы размещения оборудования и проездов

Отделения (участки) сварки и наплавки металла относят к категории тепловых, поэтому их изолируют от остальной части цеха внутренними перегородками или специальными щитами (ширмами). Размеры сварочных кабин для ручной сварки принимают не менее 3х3 м в зависимости от габаритов свариваемых деталей.

Расстояния между сварочными станками устанавливают в пределах 2-2,5 м при размере детали до 0,5 м; при размере детали до 1,0 м расстояние принимают 3–3,5 м, а при больших размерах деталей расстояние между станками устанавливают равным 4–6 м.

Пример планировки сварочно-наплавочного отделения показан на рисунке 7.4.

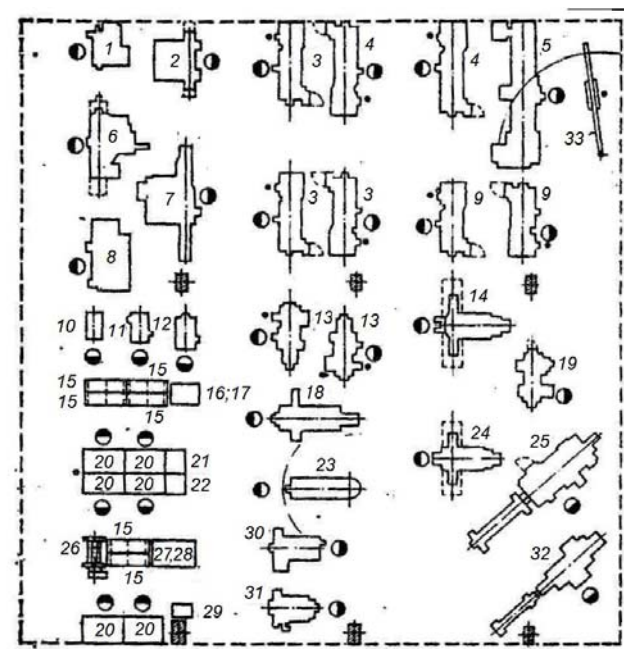


1 – сварочный преобразователь; 2 – распределительное устройство; 3 – сварочный полуавтомат; 4 – регулятор сварочного трансформатора; 5 – станок для вибродуговой наплавки; 6 – электровыпрямитель; 7 – станок для наплавки под слоем флюса или в защитных газах; 8 – столы для газосварочных работ; 9 – стеллажи для деталей; 10 – столы для электродуговой сварки; 11 – сварочный преобразователь; 12 – сварочный трансформатор; 13 – обдирочно-шлифовальный станок с гибким валом; 14 – копильник для охлаждения деталей; 15 – стол; 16 – консольный поворотный кран; 17 – сварочный стенд; 18 – тележка; 19 – стол для поддонов; 20 – стеллаж-склиз; 21 – ящик с песком; 22 – рельсовый путь.

Рисунок 7.4 – Пример планировки сварочно-наплавочного отделения

Структура слесарно-механического участка зависит от номенклатуры обрабатываемых деталей, от программы и типа производства. Участки, занятые станками, должны быть по возможности наиболее короткими, даже на крупных ремонтных предприятиях длина участка не должна превышать 40 м. Станки могут быть расположены вдоль пролетов и поперёк их. По отношению к проездам станки могут быть расположены поперёк, вдоль и под углом к ним. Наиболее удобное размещение станков вдоль проезда или под углом и расположение к проезду фронтом. Токарно-винторезные, револьверные, протяжные, продольно-шлифовальные и другие станки для обработки длинных деталей лучше располагать под углом к проезду или в шах-

матном порядке. Нормы расстояний между станками и от станков до элементов зданий приведены в [37, 41]. Схемы расположения станков показаны на рисунке 7.5.



1 – бесцентрово-шлифовальный станок; 2, 7 – круглошлифовальные станки; 3, 4, 5, 9, 13 – токарные станки; 6 – плоскошлифовальный станок; 8 – внутришлифовальный станок; 10, 11, 12 – вертикально-сверлильные станки; 14 – универсально-фрезерный станок; 15 – секционный стеллаж; 16, 17 – проверочная плита с подставкой; 18 – поперечно-строгальный станок; 19 – долбежный станок; 20 – слесарный верстак; 21 – настольно-сверлильный станок с подставкой; 22 – реечный ручной пресс с подставкой; 23 – радиально-сверлильный станок; 24 – горизонтально-фрезерный станок; 25, 32 – токарно-револьверные станки; 26 – гидравлический пресс; 27, 28 – правочная плита с подставкой; 29 – точильный станок; 30, 31 – однокривошипные прессы; 33 – свободностоящий поворотный кран.

Рисунок 7.5 – Схемы расположения станков слесарно-механического участка

Спецификацию оборудования к планировке составляют по следующей форме, приведённой в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Спецификация оборудования

№ поз.	Наименование оборудования	Тип, модель	Габаритные размеры, мм	Мощность, кВт	Масса, кг	Кол.

Для небольших цехов спецификацию размещают на самом чертеже. На чертеже наносятся следующие размеры: ширина пролётов, цеха; шаг колонн; длина пролётов, цеха; ширина проездов и проходов; ширина и длина вспомогательных участков, отделений; расстояние от станка до стены или колонн; расстояние между рабочими местами.

В заключение отметим, что проектирование отделений основного производства существенно ускоряется при использовании программного продукта Archi CAD, являющегося мощным средством моделирования и позволяющего эффективно решать вопросы проектирования и вывода на печать чертежа планировки.

В настоящее время выпущена версия Archi CAD 14, в которой используется технология Virtual Building TM.

Список использованных источников

1 Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов ; под ред. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с. – ISBN 5-217-03188-3.

2 Молодык, Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с. – ISBN 5-217-00422-3.

3 Ремонт автомобилей : учебник / С. И. Румянцев [и др.] ; под ред. С. И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 327 с. – ISBN 5-277-00048-8.

4 Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов : учебник / Б. С. Васильев [и др.] ; под ред. В. А. Зорина. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр Академия, 2003. – 512 с. – ISBN 5-7695-1521-X.

5 Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения : в 2 т. / М. С. Поляк. – М. : Л.В.М.- СКРИПТ ; Машиностроение, 1995. – Т. 1. – 832 с. ; Т. 2. – 688 с.

6 Орлов, П. И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие. В 2 кн. / П. И. Орлов ; под ред. П. Н. Учаева. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988, Кн. 1 – 560 с. – ISBN 5-217-00222-0.

7 Орлов, П. И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие. В 2 кн. / П. И. Орлов ; под ред. П. Н. Учаева. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988, Кн. 2 – 544 с. – ISBN 5-217-00223-9.

8 Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учеб. пособие / А. П. Белоусов. – 3-е изд., перераб. – М. : Высш. школа, 1980. – 240 с.

9 Станочные приспособления : справочник в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984, Т.1. – 591 с.

10 Борисов, Ю. С. Газотермические покрытия из порошковых материалов : справочник / Ю. С. Борисов [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1987. – 544 с.

11 Сидоров, А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.

12 Толстов, И. А. Справочник по наплавке / И. А. Толстов, В. А. Коротков. – Челябинск : Metallurgy, 1990. – 384 с. – ISBN 5-229-00660-9.

13 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., исправл. – М. : Машиностроение–1, 2003. Т. 1. – 912 с. – ISBN 5-94275-014-9.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М. : Машиностроение–1, 2003. Т. 2. – 944 с. – ISBN 5-94275-015-7.

15 Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2004. – 784 с. – ISBN 5-94275-049-1.

16 Бабин, М. Г. Технико-экономическое обоснование участка : метод. указания к курсовой работе по экономике, организации и планированию производства / М. Г. Бабин, О. Г. Гореликова-Китаева. – 2-е изд., перераб. – Оренбург: ООО Агентство ПРЕССА, 2006. – 75 с.

17 Технико-экономическое обоснование дипломных проектов / под ред. В. К. Беклешова. – М. : Высш. школа, 1991. – 176 с.

18 СТО 02069024.101–2010. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. – Взамен СТП 101–00 ; введ. 2010–10–01. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. – 93, [5] с.

19 Технологические процессы в машиностроении : учеб. для вузов / С. И. Богодухов [и др.] ; под общ. ред. С. И. Богодухова. – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с. – ISBN 978-5-217-03408-6.

20 Материаловедение и технология металлов : учеб. для вузов / Г. П. Фетисов [и др.] ; под ред. Г. П. Фетисова. – 6-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2008. – 877 с. – ISBN 978-5-06-004418-8.

21 Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учеб. для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 4-е изд., перераб. – М. : Альянс-пресс, 2009. – 528 с. – ISBN 978-5-903034-54-3.

- 22 Справочник по конструкционным материалам : справочник / Б. Н. Арзамасов [и др.] ; под ред. Б. Н. Арзамасова, Т. В. Соловьёвой. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 640 с. – ISBN 5-7038-2651-9.
- 23 Тылкин, М. А. Справочник термиста ремонтной службы / М. А. Тылкин. – М. : Metallurgia, 1981. – 659 с.
- 24 Термохимическая обработка порошковых сталей / В. Н. Анциферов [и др.]. – Екатеринбург : УрО РАН, 1997. – 421 с.
- 25 Надёжность в машиностроении : справочник / под общ. ред. В. В. Шашкина, Г. П. Карзова. – СПб : Политехника, 1992. – 719 с. – ISBN 5-7325-0186-X.
- 26 Богодухов, С. И. Методические указания студентам по выполнению курсовой работы по технологии машиностроения / С. И. Богодухов, Ю. С. Осадчий. – Оренбург : Изд-во Южный Урал, 1989. – 46 с.
- 27 ГОСТ 14.205–83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 18831–73 ; введ. 01.07.1983. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 4 с.
- 28 Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении : учеб. пособие / С. И. Богодухов [и др.]. – М. : Машиностроение, 2009. – 432 с. – ISBN 978-5-94275-467-9.
- 29 ГОСТ Р 53464–2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010–07–01. – М. : Стандартинформ, 2010. – 44, [3] с.
- 30 ГОСТ 3212–92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Взамен ГОСТ 3212–80, ГОСТ 3606–80, ГОСТ 11961–87 ; введ. 01.07.1993. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 16 с.
- 31 ГОСТ 3.1107–81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – Взамен ГОСТ 3.1107–73 ; введ. 01.07.1982. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.
- 32 ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Взамен ГОСТ 7505–74 ; введ. 01.07.1990. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 36 с.

33 Технология машиностроения : учеб. для вузов / Л. В. Лебедев [и др.]. – М. : Издательский центр Академия, 2006. – 528 с. – ISBN 5-7695-2291-7.

34 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2007. – 430 с. – ISBN 978-5-217-03371-3.

35 Богодухов, С. И. Обработка упрочнённых поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве : учеб. пособие / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. Д. Проскурин. – М. : Машиностроение, 2005. – 256 с. – ISBN 5-217-03257-X.

36 Харламов, Г. А. Припуски на механическую обработку : справочник / Г. А. Харламов, А. С. Степанов. – М. : Машиностроение, 2006. – 256 с. – ISBN 5-217-03318-5.

37 Бабусенко, С. М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий / С. М. Бабусенко. – М. : Агропромиздат, 1990. – 352 с.

38 Проектирование машиностроительных заводов и цехов / под общ. ред. Г. А. Айзенберга. – М. : Машиностроение, 1976. – 536 с.

39 Бомов, И. В. Проектирование предприятий и цехов по эксплуатации и ремонту технологического оборудования / И. В. Бомов, А. И. Голиков. – М. : Лёгкая индустрия, 1980. – 386 с.

40 Богодухов, С. И. Технологическая часть дипломных проектов в ремонтно-восстановительном производстве : метод. указания / С. И. Богодухов, А. Д. Проскурин, Б. М. Шейнин. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 85 с.

41 Мамаев, В. С. Основы проектирования машиностроительных заводов / В. С. Мамаев, Е. Г. Осипов. – М. : Машиностроение, 1974. – 290 с.

42 Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник в 2 т. / А. Д. Локтев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1991. – Т. 2. – 302 с. – ISBN 5-217-01191-2..

43 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.]. – М. : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

Приложение А (справочное)

Виды конструкторских документов (выборочно)

Таблица А.1

Вид документа	Код документа	Определение
1	2	3
Электронная модель Детали	... 3D	Документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к её изготовлению и контролю (включая предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и др.)
Чертёж детали	—	Чертёж, содержащий изображение детали и др. данные, необходимые для её изготовления и контроля
Электронная модель сборочной единицы	ЭСБ 3D	Документ, содержащий электронную геометрическую модель сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и др. данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. К электронным моделям сборочных единиц также относят электронные модели для выполнения гидро- и пневмомонтажа
Сборочный чертёж	СБ	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и др. данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидро- и пневмомонтаж
Чертёж общего вида	ВО	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия
Габаритный чертёж	ГЧ	Документ, содержащий контурное (упрощённое) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
Схема	По ГОСТ 2.701–2008	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними
Электронная структура изделия	ЭС	Документ, содержащий в электронной форме состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и др. данные в зависимости от его назначения
Спецификация	—	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта
Пояснительная записка	ПЗ	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
Ведомость электронных документов	ВДЭ	Документ. Содержащий перечень документов, выполненных в электронной форме
Технические условия	ТУ	Документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приёмке и поставке, которые нецелесообразно указывать в др. конструкторских документах
Программа и методика испытаний	ПМ	Документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля
Таблица	ТБ	Документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведённые в таблицу
Расчёт	РР	Документ, содержащий расчёты параметров и величин, например, расчёт размерных цепей, расчёт на прочность и др.
Эксплуатационные документы	По ГОСТ 2.601–2006	Документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации
Ремонтные документы	По ГОСТ 2.602–95	Документы, содержащие данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях
Инструкция	И ...	Документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приёмке и т.п.)
Документы прочие	Д ...	Документы, номенклатура которых устанавливается отраслевыми стандартами в зависимости от характера и условий производства изделий

Приложение Б (рекомендуемое) Компоновка ремонтного чертежа

Графическое
изображение
восстанавливаемой
детали или
сборочной
единицы

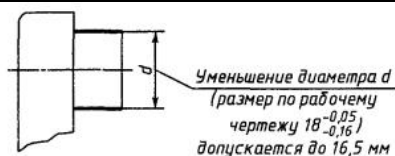


Рисунок Б.1

Условное обозначение размера	Размер по рабочему чертежу	Категория ремонтного размера		
		1	2	3
d	$18_{-0,05}^{+0,16}$	$17,8_{-0,018}^{+0,118}$	$17,5_{-0,018}^{+0,118}$	$17,4_{-0,018}^{+0,118}$

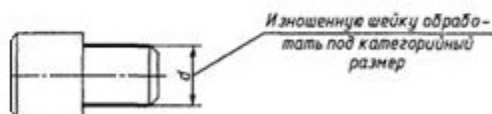


Рисунок Б.2

Текстовая часть (технические требования)

На ремонтных чертежах категориные и пригоночные размеры, а также размеры изделия, ремонтируемого снятием минимально необходимого слоя материала, проставляют буквенными обозначениями, а их числовые значения и другие данные указывают на полках линий-выносок (рисунок Б.1) или в таблице (рисунок Б.2).

Таблица дефектов

Согласовано _____ Утверждаю _____

Номер дефекта	Наименование дефекта	Коэф. повторяемости дефекта		Основной способ устранения дефекта	Допускаемые способы устранения дефекта
		от общего числа деталей, поступающих на дефектацию	от общего числа ремонтпригодных деталей		

Указываются условия и дефекты, при которых деталь не принимается на восстановление. Например, трещины, обломы, прогар, пробоины являются, как правило, выбраковочными признаками.

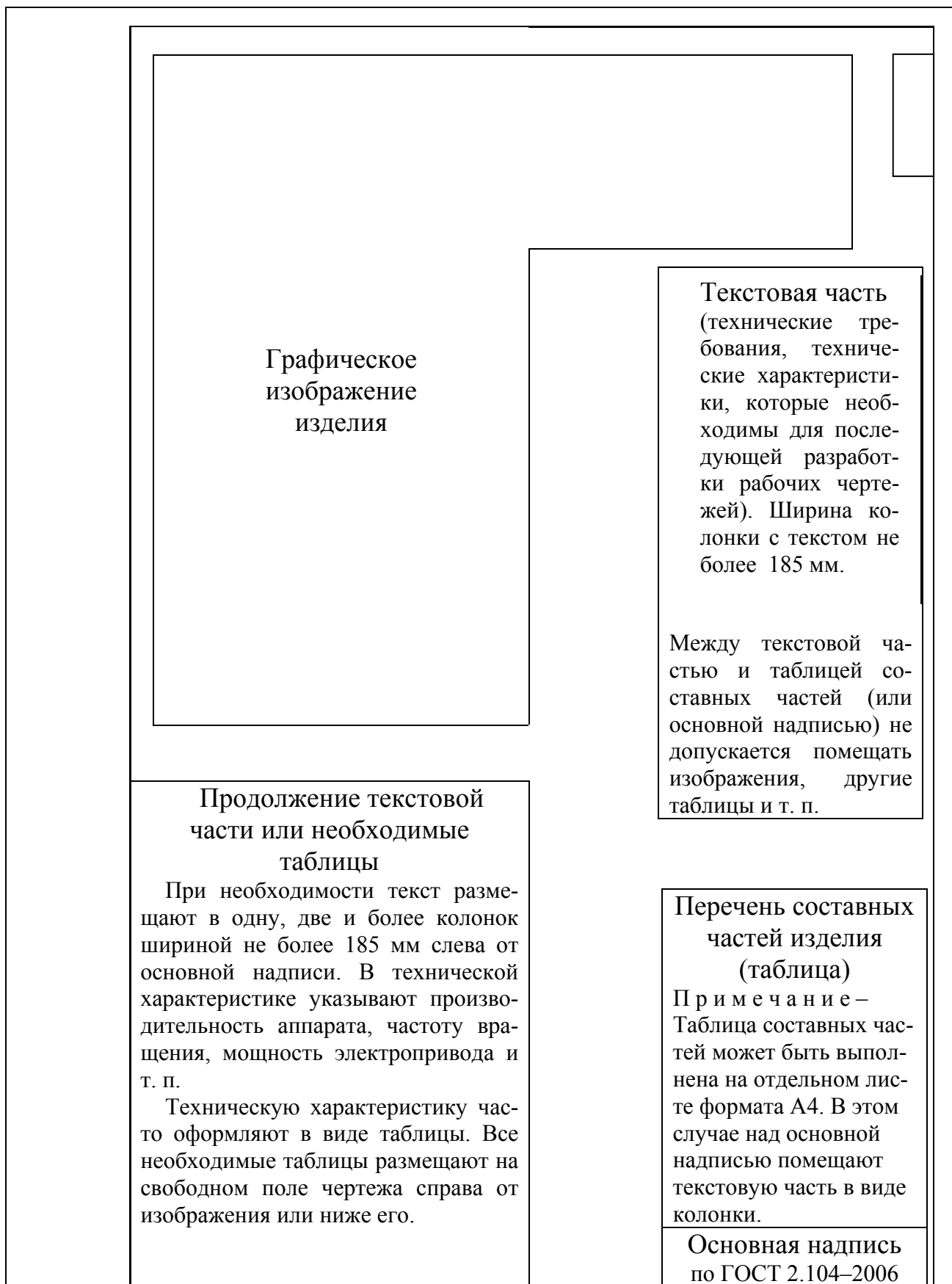
Приводится рекомендуемый технологический маршрут восстановления. Например: нагреть, обжечь, точить, закалить, шлифовать и т.д.

Перечень составных частей изделия (таблица)

Примечание – Если изделием является деталь, то таблицу не составляют.

Основная надпись
по ГОСТ 2.104–2006

Приложение В
(справочное)
Компоновка чертежа общего вида



Приложение Г (справочное)

Знаки видов допусков формы и расположения поверхностей

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	» плоскости	
	» круглости	
	» цилиндричности	
	» профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	» перпендикулярности	
	» наклона	
	» соосности	
	» симметричности	
	Позиционный допуск	
Допуск пересечения осей		
Суммарный допуск формы и расположения	Допуск радиального биения » торцового » » биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения » » торцового »	
	Допуск формы заданного профиля » » заданной поверхности	
Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков в следующей последовательности: знак допуска расположения, знак допуска формы	Суммарн. допуск параллельности и плоскости	
	» » перпендик. и »	
	» » наклона и »	

Приложение Д (справочное)

Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий

ГОСТ 2.314–68 (в ред. 2007 г.) устанавливает правила нанесения на чертежи указаний о маркировании и клеймении изделий всех отраслей промышленности.

Указания о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать...» или «Клеймить...». Указания о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определённое место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

Маркирование – нанесение на изделие знаков, характеризующих это изделие.

Маркировка – совокупность знаков, характеризующих изделие, например: обозначение, шифр, номер партии (серии), порядковый номер, дата изготовления, товарный знак предприятия-изготовителя, марка материала, группа селективности, монтажные или транспортные знаки и т. п.

Клеймение – нанесение на изделие знаков, удостоверяющих его качество.

Клеймо – знак, удостоверяющий качество изделия.

Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют её линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования – окружность диаметром от 10 до 15 мм (рисунок Д.1), знак клеймения – равносторонний треугольник высотой от 10 до 15 мм (рисунок Д.2).

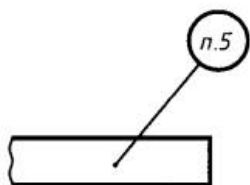


Рисунок Д.1

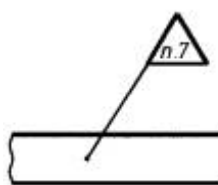


Рисунок Д.2

Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором приведены указания о маркировании и клеймении. Знаки маркирования и клеймения выполняют сплошными основными линиями.

Если маркировка и клеймо необходимы, но нанесение их на изделие нецелесообразно или невозможно по конструктивным соображениям, то в технических требованиях помещают соответствующее указание, например: «Маркировать... на бирке» или «Клеймить... на бирке».

Указания о маркировании и клеймении должны определять:

- а) содержание маркировки и клейма;
- б) место нанесения;
- в) способ нанесения (при необходимости);
- г) размер шрифта (при необходимости).

С целью сокращения объёма надписей на чертеже допускается указания о содержании и способе нанесения маркировки или клейма приводить следующими буквенными обозначениями:

Содержание маркировки	Обозначение
Товарный знак, наименование предприятия-изготовителя	Т
Индекс изделия	Ш
Обозначение изделия по основному конструкторскому документу..	Ч
Заводской номер изделия, номер партии или серии	Н
Марка материала	М
Номер плавки, порядковый номер в плавке	П
Технические данные	Х
Дата изготовления	Д
Цена изделия	Ц

Содержание клейма указывают следующими буквенными обозначениями:

И – испытания (контроль): механические, гидравлические, пневматические, электрические, на твёрдость и др.; К – окончательная приёмка.

Способы нанесения маркировки или клейма указывают следующими буквенными обозначениями:

Ударный у Гравированием г Литъём под давлением (прессованием,
 Краской к Травлением т штамповкой м т.п.) л

Примечание – Если маркировка или клеймо могут быть нанесены любым способом, то способ нанесения не указывают.

Обозначения и способы нанесения маркировки и клейма указывают на наклонном участке линии-выноски.

Пример нанесения на чертеже обозначений заводского номера изделия ударным способом и клейма окончательной приёмки краской при наличии в технических условиях на изделие всех данных о маркировании и клеймении приведён на рисунке Д.3. При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу: «3. Маркировать и клеймить по ТУ...».

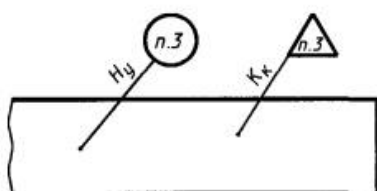


Рисунок Д.3

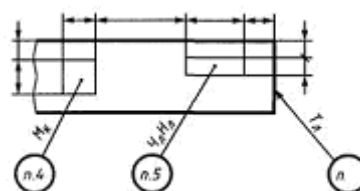


Рисунок Д.4

При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу:

а) если маркировки выполняются разным шрифтом, –

«4. Маркировать по ТУ ... шрифтом ... ГОСТ ...».

«5. Маркировать по ТУ ..., Чл - шрифтом... ГОСТ ... Нл - шрифтом...

ГОСТ...».

«6. Маркировать по ТУ ... шрифтом ... ГОСТ ...»:

б) если маркировки выполняются одним шрифтом, –

«4. Маркировать по ТУ ... шрифтом ... ГОСТ ...».

Приложение Е (справочное)

Соотношение квалитетов и классов точности, параметров и классов шероховатости

Таблица Е.1 – Соотношение квалитетов и классов точности для размеров от 1 до 500 мм (приблизительное)

Класс точности по ОСТ	Квалитет по ГОСТ 25346–89	
	Основной вал	Основное отверстие
09	—	5
1	5 (как правило) 6 (как исключение)	6 —
2	6 (как правило) 7 (как исключение) 8 (как исключение)	7 (как правило) 8 (как исключение) —
2a	7(как правило) 8 (как исключение)	8 (как правило) —
3	8/9 9 (как исключение)	8/9 —
3a	10	10
4	11	11
5	12/13	12/13
7	14	14
8	15	15
9	16	16
10	17/18	17/18

П р и м е ч а н и я

1 Если два квалитета даны через дробь, то это означает, что данный класс точности, как правило, расположен между этими двумя квалитетами.

2 При неоднозначной замене класса основным заменяющим квалитетом является тот, после номера которого в скобках указано «как правило», а запись «как исключение» указывает на реже встречающееся совпадение заменяемой и заменяющей точностных градаций двух систем.

3 Аббревиатура ОСТ означает «общесоюзный стандарт» – система государственных стандартов, действовавшая в период с 1925 по 1940 гг. (не следует путать с такой же аббревиатурой «отраслевой стандарт»). Необходимость таблицы Е.1 связана с использованием в промышленности технической документации, оформленной по ранее действовавшей системе ОСТ.

Таблица Е.2 – Соотношение параметров и классов шероховатости

Класс шероховатости	Параметры шероховатости, мкм		Обозначение шероховатости на чертеже			
	Ra	Rz	по ГОСТ 2789–59 (класс чистоты)	по ГОСТ 2789–73		
				$Rz=R_{max}$	Ra (наиб.)	Ra (предпочтительное)
мкм		мкм				
1	От 80 до 40	От 320 до 160	▽1	$\sqrt{Rz320}$	$\sqrt{Ra80}$	$\sqrt{Ra50}$
2	» 40 » 20	» 160 » 80	▽2	$\sqrt{Rz160}$	$\sqrt{Ra40}$	$\sqrt{Ra25}$
3	» 20 » 10	» 80 » 40	▽3	$\sqrt{Rz80}$	$\sqrt{Ra20}$	$\sqrt{Ra12,5}$
4	» 10 » 5,0	» 40 » 20	▽4	$\sqrt{Rz40}$	$\sqrt{Ra10}$	$\sqrt{Ra6,3}$
5	» 5,0 » 2,5	» 20 » 10	▽5	$\sqrt{Rz20}$	$\sqrt{Ra5}$	$\sqrt{Ra3,2}$
6	» 2,5 » 1,25	» 10 » 6,3	▽6	—	$\sqrt{Ra2,5}$	$\sqrt{Ra1,6}$
7	» 1,25 » 0,63	» 6,3 » 3,2	▽7	—	$\sqrt{Ra1,25}$	$\sqrt{Ra0,8}$
8	» 0,63 » 0,32	» 3,2 » 1,6	▽8	—	$\sqrt{Ra0,63}$	$\sqrt{Ra0,4}$
9	» 0,32 » 0,16	» 1,6 » 0,8	▽9	—	$\sqrt{Ra0,32}$	$\sqrt{Ra0,2}$
10	» 0,16 » 0,08	» 0,8 » 0,4	▽10	—	$\sqrt{Ra0,16}$	$\sqrt{Ra0,1}$
11	» 0,08 » 0,04	» 0,4 » 0,2	▽11	—	$\sqrt{Ra0,08}$	$\sqrt{Ra0,05}$
12	» 0,04 » 0,02	» 0,2 » 0,1	▽12	—	$\sqrt{Ra0,04}$	$\sqrt{Ra0,025}$
13	» 0,02 » 0,01	» 0,1 » 0,05	▽13	$\sqrt{Rz0,1}$	$\sqrt{Ra0,02}$	$\sqrt{Ra0,012}$
14	0,01	» 0,05 » 0,025	▽14	$\sqrt{Rz0,05}$	$\sqrt{Ra0,01}$	—

Пр и м е ч а н и е – Для удобства и понимания при чтении технической литературы, технологической и конструкторской документации, выпущенной до 1981 г., в таблице Е.2 приведены применявшиеся ранее классы шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–73, соответствующие им диапазоны значений параметров Ra и Rz , классы чистоты по ранее применявшемуся ГОСТ 2789–59, соответствующие им значения $Rz=R_{max}$, а также наибольшие и предпочтительные значения параметра Ra .

Приложение Ж (справочное)

Виды технологических документов (выборочно)

Таблица Ж.1

1	2	3
Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Документы общего назначения		
Титульный лист	ТЛ	<p>Документ предназначен для оформления:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комплекта (ов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия; - комплекта (ов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделий (составных частей изделия); - отдельных видов технологических документов. <p>Является первым листом комплекта (ов) технологических документов</p>
Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения
Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объёма разрабатываемой технологической документации
Документы специального назначения		
Маршрутная карта	МК	<p>Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.</p> <p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 МК является обязательным документом. 2 Допускается МК разрабатывать на отдельные виды работ. 3 Допускается МК применять совместно с соответствующей картой технологической информации, взамен карты технологического процесса, с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе «Наименование и содержание операции». 4 Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса.

Продолжение таблицы Ж.1

1	2	3
Карта технологического процесса	КТП	Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.
Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.
Карта типовой (групповой) операции	КТО	Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТО
Технико-нормировочная карта	ТНК	Документ предназначен для разработки расчётных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приёмов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат
Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия и применяется для решения технологических и производственных задач
Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость оборудования	ВОБ	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов
Технологическая ведомость	ТВ	Документ предназначен для комплексного указания технологической и организационной информации, используемой перед разработкой комплекта (комплектов) документов на технологические процессы (операции), и применяется на одном из первых этапов технологической подготовки производства (ТПП)
Ведомость операций	ВОП	Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяется совместно с МК или КТП

Продолжение таблицы Ж.1

1	2	3
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	ВТП (ВТО)	Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах
Ведомость дефектации	ВД	Документ предназначен для указания изделий (составных частей изделий), подлежащих ремонту, с определением вида ремонта, дефектов и для указания дополнительной технологической информации. Применяется при ремонте изделий (составных частей изделий)
Ведомость технологических документов	ВТД	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), и применяется при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое

Приложение И (справочное)

Наименование и коды операций обработки резанием (выборочно)

Таблица И.1

Наименование операции	Код	Наименование операции	Код
Автоматно-линейная	4102	Продольно-строгальная	4171
Агрегатная	4101	Автоматная токарная	4112
Долбёжная	4175	Вальцетокарная	4121
Зубодолбёжная	4152	Лоботокарная	4115
Зубопротяжная	4155	Резьботокарная	4122
Зубострогальная	4154	Специальная токарная	4118
Зубофрезерная	4153	Токарно-бесцентровая	4123
Зубохонинговальная	4163	Токарно-винторезная	4114
Зубошвинговальная	4157	Токарно-затыловочная	4116
Зубошлифовальная	4151	Токарно-карусельная	4113
Шлицестрогальная	4166	Токарно-копировальная	4117
Шлицефрезерная	4165	Токарно-револьверная	4111
Полировальная	4196	Торцеподрезная центровая	4119
Притирочная	4195	Барабанно-фрезерная	4265
Суперфинишная	4193	Вертикально-фрезерная	4261
Хонинговальная	4192	Горизонтально-фрезерная	4262
Абразивно-отрезная	4283	Гравировально-фрезерная	4268
Ленточно-отрезная	4282	Карусельно-фрезерная	4264
Ножовочно-отрезная	4281	Копировально-фрезерная	4267
Пило-отрезная	4285	Продольно-фрезерная	4263
Токарно-отрезная	4284	Резьбофрезерная	4274
Фрезерно-отрезная	4286	Специальная фрезерная	4272
Расточная с ЧПУ	4231	Универсально-фрезерная	4273
Сверлильная с ЧПУ	4232	Фрезерно-центровая	4269
Токарная с ЧПУ	4233	Шпоночно-фрезерная	4271
Фрезерная с ЧПУ	4234	Бесцентрово-шлифовальная	4134
Шлифовальная с ЧПУ	4236	Вальцешлифовальная	4147
Вертикально-протяжная	4182	Внутришлифовальная	4132
Горизонтально-протяжная	4181	Заточная	4142
Алмазно-расточная	4224	Карусельно-шлифовальная	4144
Вертикально-расточная	4222	Координатно-шлифовальная	4136
Горизонтально-расточная	4221	Круглошлифовальная	4131
Координатно-расточная	4223	Ленточно-шлифовальная	4138
Болтонарезная	4108	Обдирочно-шлифовальная	4137
Гайконарезная	4107	Плоскошлифовальная	4133
Вертикально-сверлильная	4214	Резьбошлифовальная	4135
Горизонтально-сверлильная	4213	Торцешлифовальная	4145
Координатно-сверлильная	4216	Центрошлифовальная	4143
Радиально-сверлильная	4212	Шлифовальная специальная	4146
Сверлильно-центровая	4211	Шлифовально-затыловочная	4139
Поперечно-строгальная	4172	Шлицешлифовальная	4141

Приложение К (справочное)

Ключевые слова при описании технологических переходов

Таблица К.1

Операция	Ключевое слово		
Обработка резанием	Врезаться	Полировать	Центровать
	Галтовать	Притирать	Фрезеровать
	Гравировать	Приработать	Выверить
	Довести	Протянуть	Закрепить
	Долбить	Развернуть	Настроить
	Закруглить	* Развальцевать	Переустановить
	Заточить	* Раскатать	Переустановить и закрепить
	Затыловать	Рассверлить	Переустановить, выверить и закрепить
	Зенкеровать	Расточить	Переместить
	Зенковать	Сверлить	Поджечь
	* Навить (на станке)	Строгать	Проверить
	* Накатать	Суперфинишировать	Смазать
	Нарезать	Точить	Снять
	Обкатать	Хонинговать	Установить
	Опилить	Шевинговать	Установить и выверить
Отрезать	Шлифовать	Установить и закрепить	
Подрезать	Цековать	Установить, выверить и закрепить	
Слесарные работы	Балансировать	Клепать	Разобрать
	Базировать	Полировать	Распломбировать
	Завить	Притереть	Расштифтовать
	Гравировать	Разрезать	Центровать
	Гнуть	Контроить	Свинтить
	Застегнуть	Маркировать	Склеить
	Зачистить	Развернуть	Собрать
	Запрессовать	Развальцевать	Шабрить
	Калибровать	Нанести	Шплинтовать
	Зенковать	Отрубить	Штифтовать
	Навить	Очистить	Довести
	Застопорить	Сверлить	Закрепить
	Нарезать	Пломбировать	Смазать
	Кернить	Разметить	Снять
	Опилить	Развинтить	Установить
Отрезать	Распрессовать	—	
Править	Расшплинтовать	—	

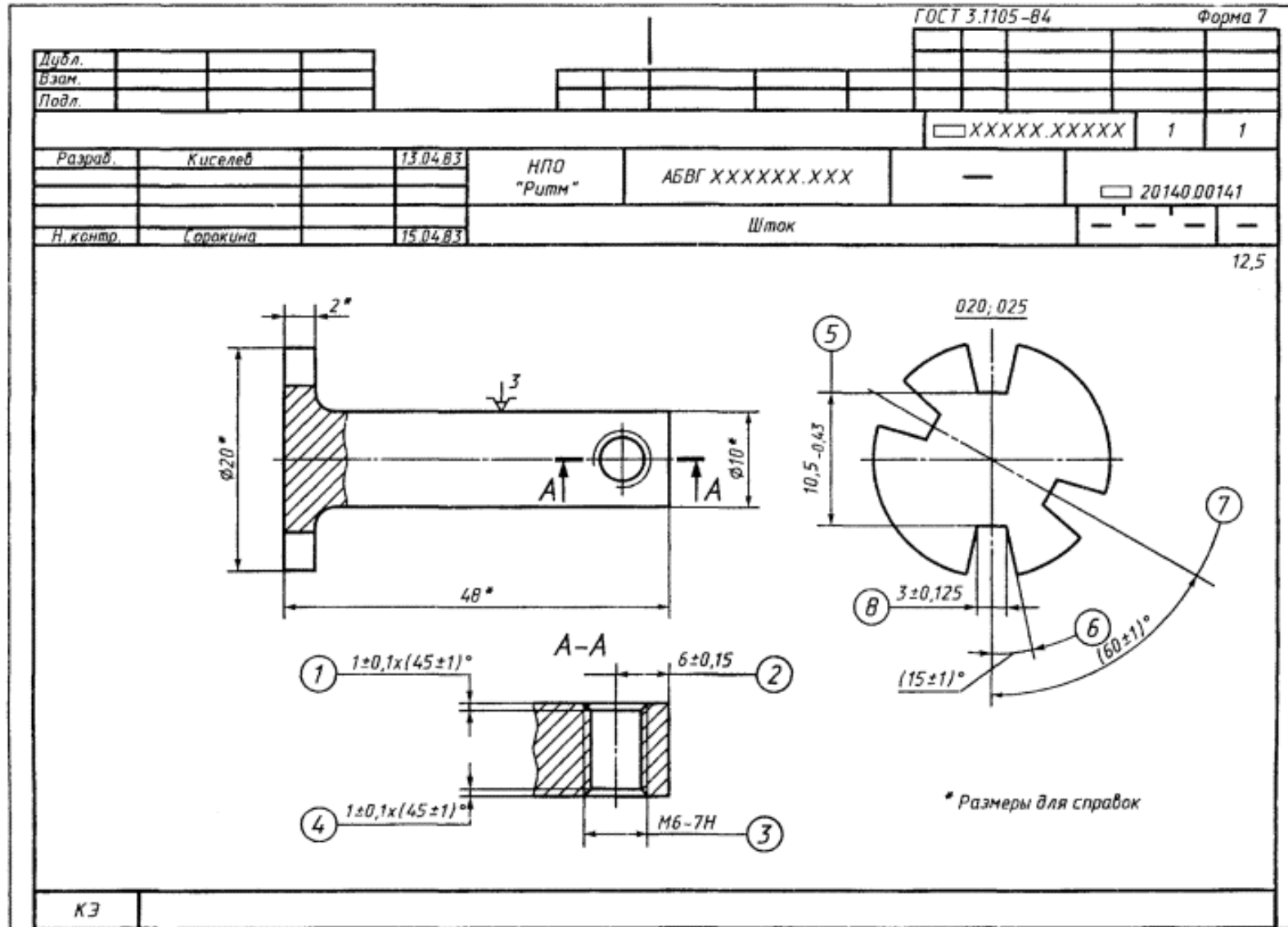
Примечание – Знаком * помечены операции, которые не относятся к обработке резанием, но выполняются на оборудовании, которое применяется при обработке резанием.

**Приложение Л
(рекомендуемое)**

**Примеры оформления технологических документов
Пример Л.1 – Титульный лист (ТЛ) по ГОСТ 3.1105–2011**

ГОСТ 3.1105-84				Форма 2	
Дубл.					
Взам.					
Подл.					
				XXXXX.XXXXX	27
				—	01188.00321
				<i>Редуктор</i>	А
<p>МИНИСТЕРСТВО СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ НПО "ОРГСТАНКИНПРОМ" Государственный проектно-технологический и экспериментальный институт "Оргстанкинпром"</p>					
СОГЛАСОВАНО Представитель заказчика А. П. Зайцев 13.04.83			УТВЕРЖДАЮ Гл. инженер Б. А. Костин 14.04.83		
<p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ на технологические процессы сборки (тропическое исполнение)</p>					
Гл. контролер И. К. Фадеев 11.04.83			Нач. отдела № 17 К. Н. Салин 11.04.83		
Акт № 14-82 от 23.04.83				Руководство № 1426	
ТЛ					

Пример Л.2 – Карта эскизов (КЭ) по ГОСТ 3.1105–2011



Пример Л.3 – Карта технологического процесса дефектации (КТПД), выполненная на МК [Р 50–60–88]

										ГОСТ 3.1118-82		Форма 1			
										02100.0011 ВР		1	1		
Разработал		Воронова			ОАО «Металлист»		АВВГ. XXXXXXXX.XXX			К. 50100.00059 Р					
Проверил															
Н. Констр.		Иванова			Цилиндр выталкивателя						РА				
А	Цех	Уд.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{...}	Т _{...}	Т _{...}
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала				Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. раск.	
01	Код, наименование дефекта				ПЗП	ПЗПР	ДЗП	СТО							
А 02	5	-	-	005	Дефектация			К 201011.00055							
Б 03	АВВГ. XXXXXXXX.XXX Стол дефектовщика				2	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,08	0,75
К 04	Поршень				АВВГ. XXXXXXXX.XXX										
РД 05	Износ наружной цилиндрической поверхности (дефект 1)				Ø75 _{-0,03}	74,997		микрометр МК 100 – 1 ГОСТ 6507-78							
06															
А 07	5	-	-	005	Дефектация			К 201011.00055							
Б 08	АВВГ. XXXXXXXX.XXX Стол дефектовщика				2	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,08	5,1
К 09	Цилиндр				АВВГ. XXXXXXXX.XXX										
РД 10	1 Износ зеркала цилиндра (дефект 1)				Ø75 ^{+0,07}	75,07		штанг циркуль ШЦЦ-1 ГОСТ 166-88							
МК/КТПД		Дефектация													

Пример Л.4 – Карта технологического процесса ремонта (КТПР), выполненная на МК [Р 50–60–88]

										ГОСТ 3.1118-82		Формат 1			
Дубл.															
Взд.															
Подп.															
										02100.0011 ВР		1	1		
Разработал	Воронова					ОАО «Металлист»		АБВГ. XXXXXXXX.XXX			К. 50100.00059 Р				
Проверил															
										Цилиндр		РА			
Н. Контр.	Иванова														
А	Цех	Ук.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{ин}	Т _{ин}	Т _н
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала				Обозначение, код				ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.		
01					Деф./Износ поверхности А										
А 02	10	-	05	005	Круг шлифовальная				К 20141.00026						
Б 03	АБВГ. XXXXXXXX.XXX Станок 3М151П				2	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,3	2,0
О 04	Шлифовать поверхность А до Ø80														
Т 05	Круг шлифовальный ПП 600 х 63 х 305 15А 10-ОС 27 К25 35 м/с ГОСТ 2424-83; микрометр МК 100 – 1 ГОСТ 6507-78														
Р 06	i = 1; S = 0,1 мм/об; n = 415 мин ⁻¹ ; V = 695 м/мин														
07															
А 08	10	-	-	005	Наплавка				К 2019110. 00015						
Б 09	АБВГ. XXXXXXXX.XXX Станок У6514				1	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,4	3
10															
А 11	10	-	15	015	Токарная				К 20141.00030						
Б 12	АБВГ. XXXXXXXX.XXX Станок 16К20				2	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,8	2,0
МК/КТПР	Ремонт														

Пример Л.5 – Карта типового технологического процесса очистки (КТТПО), выполненная на МК [Р 50–60–88]

										ГОСТ 3.1118-82			Форма 1			
Дубл.																
Взм.																
Подп.																
										02100.0011 ВР			1		1	
Разработал	Воронова				ОАО			АБВГ. XXXXXXXX.XXX			К. 5520130.00068					
Проверил					«Металлист»											
										Цилиндр			РА			
Н. Контр.	Иванова															
А	Цех	Уд.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{вн}	Т _{вн}	Т _{вн}
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала					Обозначение код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. раск.	
Р 01		Т-ра			Давление	Время	Конц.									
А 02	15	01	-	010	Приготовление раствора					К.2520169.00065						
М 03	Сода кальцинированная ГОСТ 5100-85															10 л
04	Вода водопроводная															
05																
А 06	10	11	-	015	Загрузка											
Б 07	АБВГ. XXXXXXXX.XXX Машина моечная РРЗ-1					2	XXX	XX	XX	1	1			1	1,5	15
О 08	Промель внутреннюю поверхность цилиндра.															
Р 09	333 – 362 К (70 – 90 °С)					0,5 Па	15	0,5 г/л								
10																
А 11	20	30	-	020	Сушка					К.25210169.00075						
12																
МК/КТТПО	Очистка															

Пример Л.6 – Операционная карта наплавки (ОКН), выполненная на МК [Р 50–60–88]

												ГОСТ 3.1118-82		#форма 1		
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
								02100.0011 ВР				1		1		
Разработал		Воронова						ОАО «Металлист»		АВВГ. XXXXXXXX,XXX				К. 5520130.00068		
Проверил																
Н. Контр.		Иванова								Цилиндр		РА				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{ин}	Т _{ин}	Т _{кон}
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала					Обозначение, код					ООП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р 01	Пл	И	У	V _{напл}	S _н	ЧП	d ₃	h ₂	l ₂							
A 02	10	-	-	005	Наплавка	К 2019110.00015										
Б 03	АВВГ. XXXXXXXX,XXX Станок У6514					1	XXX	X	X	1	1	1	-	1	0,4	3
M 04	Проволока СВ - 18 ХГС															
05	Углекислый газ CO ₂															
O 06	1 Установить деталь и закрепить.															
07	2 Наплавить поверхность А.															
P 08	Промыть внутреннюю поверхность цилиндра.															
P 09	0	120А	20В	1,66 м/ч	3,5	1	1,2	1,5	15-20							
10																
11																
12																
МК/ОКН		Наплавка в углекислом газе														

Пример Л.7 – Маршрутная карта (МК) технологического процесса изготовления деталей методом порошковой металлургии (операции 005–020) [ГОСТ 3.1412–87]

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2														
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
								0216500.00012	3	1				
Разраб.	Сидорова	Сидорова	25.08.87	Спозитвердосплав				АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	ХХХХХХ.ХХХХХХХХ	К. 10165.00001				
Н.контр.	Петров	Петров	28.08.87	Пластина						А				
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Обозначение, код										
А 01	13	01	—	005	Приготовление смеси				К. 60165.00002					
Б 02	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	дозировочный стол			1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	0,03 мин 0,5 мин
03	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	шнековый смеситель			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	0,5 мин 5,0 мин
04	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	шаровая мельница			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	1,5 мин 15,0 мин
05	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	вибропроцеживатель			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	1,0 мин 10,0 мин
06	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	механический дистиллятор			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	0,8 мин 8,0 мин
07	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	сушильный шкаф			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	0,7 мин 6,0 мин
08	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	протирочный станок			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	0,2 мин 1,5 мин
09														
А 10	13	01	—	010	Гранулирование смеси				К. 60165.00003					
Б 11	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	протирочный станок			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	—	1	1,5 мин 15,0 мин
12														
А 13	13	02	—	015	Контроль				К. 25203.00004					
Б 14	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	контрольный стол			1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	100	—	1	0,03 мин 0,5 мин
15														
А 16	13	02	—	020	Формование				К. 25265.00012					
МК														

Продолжение примера Л.7 – Маршрутная карта (МК) технологического процесса изготовления деталей методом порошковой металлургии (операции 025–040) [ГОСТ 3.1412–87]

ГОСТ 3.1118-82										Форма 1б					
Аудл.															
Взвеш.															
Подл.															
											0216500.00012	2			
											АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	10165.00001			
А	Цех	Уч.	РМ	Упер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код				ОП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.		
Б 01	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	пресс-автомат			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	20	1	-	1	0,2мин	1,15мин
Т 02	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ прессформа; весы технические ГОСТ 29329-92; микрометр ГОСТ 6507-90; тара														
03															
А 04	13	02	-	025	Сушка				К. 25265.00021						
Б 05	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	сушильная печь			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	-	1	0,5мин	4,5мин
06															
А 07	13	04	-	030	Контроль				К. 25203.00008						
Б 08	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	контрольный стол			1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	100	-	1	0,3мин	3,0мин
09															
А 10	13	03	-	035	Спекание при нормальном				К. 60165.00004						
11	давлении защитной среды														
Б 12	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	печь спекания			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	-	1	0,3мин	3,5мин
13															
А 14	13	03	-	040	Очистка				К. 25201.00014						
Б 15	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	пескоструйный аппарат			2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	-	1	0,7мин	5,0мин
Т 16	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ подвеска.														
17															
МК															

Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
																0216500.00012	3						
																АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	10165.00001						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции												Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования												СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала												Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
А 01	13	04	-	045	Контроль												К. 25203.00015						
Б 02	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ контрольный стол												1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	100	-	1	0,5мин	4,5мин
03																							
А 04	13	05	-	050	Упаковывание												К. 25208.00008						
Б 05	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ упаковочная машина												2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	2000	1	-	1	0,04мин	0,37мин
Г 06	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ контейнер																						
07																							
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
Г 1																							
МК																							

Пример Л.8 – Выполненная на форме МК операционная карта (ОК) приготовления смеси (1–4-й переходы операции 005) технологического процесса изготовления деталей методом порошковой металлургии [ГОСТ 3.1412–87]

ГОСТ 3.1118-82												Форма 2									
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
												10165.00001	2	1							
Разраб.	Сидорова	Сидорова	25.08.87	Союзтвердослав		АБВГ. XXXXXX. XXX		-		К.		60165.00002									
И.контр.	Петров	Петров	28.08.87	Пластина												-					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.						
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.								
А 01	13	01	-	005	0169	Приготовление смеси				ИОТ № 3-85											
Б 02	АБВГ. XXXXXX. XXX дозирующий стол				-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05 мин	0,3 мин						
М 03	Карбид вольфрама ТУ 48-19-265-77											склад кг	2000		182,6						
04	Кобальт металлический ВН ТУ 14-76											склад кг	2000		16,8						
05	Железо ГОСТ 9849-86											склад кг	2000		0,6						
06	Этиловый спирт ГОСТ 18300-87											склад л	2000		70-80						
О 07	1. Взвесить компоненты																				
Т 08	Весы технические ГОСТ 29329-92																				
Б 09	АБВГ. XXXXXX. XXX шнековый смеситель				-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35 мин	2,5 мин						
О 10	2. Загрузить взвешенные компоненты; T=3-5 мин																				
Б 11	АБВГ. XXXXXX. XXX шаровая мельница				-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2 мин	7,5 мин						
О 12	3. Размалоть порошковую смесь																				
Р 13	T=20ч; Среда - этиловый спирт; v=32-35 об/мин																				
Б 14	АБВГ. XXXXXX. XXX вибропроцеживатель				-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0 мин	6,5 мин						
О 15	4. Процеживать порошковую смесь																				
Т 16	АБВГ. XXXXXX. XXX вибрационное сито (сетка № 0045)																				
МК/ОК																					

										ГОСТ 3.1118-82			Форма 1б							
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
													10165.00001			2				
													АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ			60165.00002				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
						СМ	Лроф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.				
Б	Код, наименование оборудования					Обозначение, код														
К/М	Наименование детали, сд. единицы и материала					Обозначение, код														
Б 01	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	механический дистиллятор				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6 мин	4,0 мин
О 02	5. Отогнать спирт из порошковой смеси																			
Р 03	Р=1, 5-3, 0 кгс/см ² ; Т=8-14 ч; Среда - пар																			
Б 04	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	сушильный шкаф				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5 мин	3,0 мин
О 05	6. Сушить смесь																			
Р 06	Р=1, 5-3, 0 кгс/см ² ; Т-ра = 70-90 град.С; Т=4-8 ч; Среда - пар																			
Т 07	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	поддон																		
О 08	7. Охладить смесь; Т-ра = 20 град.С																			
Б 09	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	протирочный станок				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1 мин	0,8 мин
О 10	8. Просеять смесь																			
Т 11	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	сито (сетка №28)																		
	12																			
	13																			
	14																			
	15																			
	16																			
	17																			
МК/ОК																				

Пример Л.9 – Выполненная на формации операционная карта (ОК) спекания (1–4-й переходы операции 035) технологического процесса изготовления деталей методом порошковой металлургии [ГОСТ 3.1412–87]

ГОСТ 3.1118-82										Форма 2						
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
										10165.00001	1	1				
Разраб.	Сидорова	Инж.	25.08.87	Смазтвёрдостлав				АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	-	60165.00004						
И.контр.	Петров	Инж.	28.08.87	Пластина										-		
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали, со. единицы или материала				Обозначение, код				ОПН	ЕВ	ЕН	КН	Н. расх.			
А 01	13	03	-	035	6593	Спекание при нормаль-				ИОТ № 11-83						
02	нам давления защитной среды															
Б 03	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ				электропечь муфельного типа				-	-	-	-	-	-	0,27мин	1,8мин
О 04	1. Загрузить заготовки															
Т 05	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ				графитовые лодочки; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ разгрузочный стол; перчатки х/б ТУ 17-3034-69											
О 06	2. Провести предварительное спекание															
Р 07	Т-ра = 300 град.С ([зона); 650 град.С ([зона); V = 8-10 мм/мин; Среда - водород; Расход = 0,8 м ³ /ч															
О 08	3. Провести окончательное спекание															
Р 09	Т-ра = 650 град.С ([зона); 1400 град.С ([зона); V = 4-6 мм/мин; Среда - водород; Расход = 0,8 - 1,5 м ³ /ч															
О 10	4. Выгрузить заготовки															
Т 11	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ				вибросита											
12																
13																
14																
15																
16																
МК/ОК																

Пример Л.10 – Маршрутная карта (МК) единичного технологического процесса (ЕТП) обработки резанием (маршрутного описания) [ГОСТ 3.1119–83]

ГОСТ 3.1119-82										Форма 1					
Дубль															
Взам															
Подя															
										01100.00015	3	1			
Разраб	Петров	Взм	14.08.83	по "Чайка"		АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ		ХХХХХХ.ХХХХХХХХ		01040.01442.					
Н.контр.	Зайцева	Взм	14.08.83	Вал							0				
№1	В 22 ГОСТ 2590-88/45 ГОСТ 1050-88														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размер		КД	МЗ				
№2	—	кг 1,520	1	1,840	0,8	Штамп. загот.	60 x 400		1	1,725					
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
А #3	12	02	—	5	Фрезерная			ИОТ №1455-82							
Б #4					БНВ2			— фрезер. 4 сп/н 1 1 1 450 1 0,21 1,15							
О #5	Фрезеровать торцы с двух сторон, выдерживая размер 385 ± 1,2														
Т #6	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(1) тиски; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(2) фреза дисковая 8К6М; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(1) шаблон														
О7															
А #8	12	02	—	10	Токарная			ИОТ №1565-82							
Б #9					1К62			— токар 4 сп/н 1 1 1 450 1 0,41 2,56							
О10	Точить поверхности, выдерживая размеры Ф56-0,2; Ф32-0,17; 256 ± 0,8; 40 ± 0,2														
11	Притупить острые кромки														
Т12	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(1) 3 ^й кулачковый патрон; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(1) резец проходной 8К6М; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ-шабер;														
13	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ(1) скоба; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ-микрометр; ШЦ11-250-0,05														
14															
А15	12	02	—	15	Сверлильная			ИОТ №1613-82							
16					2А135			— сверл. 4 сп/н 1 1 1 450 1 0,13 0,45							
МК															

Пример Л.11 – Маршрутная карта (МК) единичного технологического процесса (ЕТП) комплектования, сборки и перемещения (маршрутно-операционного описания) [ГОСТ 3.1119–83]

ГОСТ 3.1118-82										Форма 2							
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
Разраб.	Иванов	Иванов	14.08.83	ПО „Чайка“	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ					01188. 00326	5	1					
Н.контр.	Сидорова	Сидорова	14.08.83		Реле 5П6М					0							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИЯ	ЕН	ОП	К шт.	Т л.з	Т шт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код							ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расч.
А 01	22	01	443	005	ХХХХ. Комплектование	01188. 00456; ИОТ № 1846-82											
Б 02	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - комплектующий стол					1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХ	1	1	1	450	1	0,25	1,46	
О 03	Скомплектовать изделие деталями (сб. единицами) и материалами																
04																	
А 05	22	01	456	010	ХХХХ. Слесарно-сборочная	01188. 00152; ИОТ № 1857-82											
Б 06	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - верстак					1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХ	1	1	1	450	1	0,18	2,16	
О 07	Установить и закрепить в корпусе (поз.6) детали (поз.7; 8 и 9), согласно чертежу																
08																	
Г 09	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - приспособление; АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - отвертка																
10																	
А 11	22	01	457	015	ХХХХ. Транспортирование	01188. 00111; ИОТ № 1116-83											
Б 12	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - электропогрузчик ЕВ-603					3	ХХХХХХ	ХХХ	ХХХ	1	400	400	2400	1	0,02	0,41	
13																	
А 14	22	01	458	020	ХХХХ. Слесарно-сборочная	01188. 00152; ИОТ № 1857-82											
Б 15	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ - верстак					1	ХХХХХ	ХХХ	ХХХ	1	1	1	450	1	0,16	1,12	
О 16	Установить и подсоединить плату (поз. 12) в корпусе (поз.6) согласно чертежу																
МК																	

Пример Л.12 – МК/КТП на единичный технологический процесс (ЕТП) обработки резанием (маршрутного описания), оформленная на бланках формата А4 с вертикальным расположением поля подшивки [ГОСТ 3.1129–93]

ГОСТ 3.1118-82										Форма 3		
						2		1				
НПО		АБВГ. XXXXXX.XXX				-		АБВГ. 50100. 00021				
"ТЕМП"								0				
		Вал										
М 01		Круг В22 ГОСТXXXX-71/45 ГОСТXXXX-71										
		Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх	КИМ					
М 02		XXXXXX.XXXX	166	2,980	1	3,180	0,89					
		Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ					
М 03		XXXXXX.XXXX	Круг 22×125			1	3,150					
В		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						
Г		Обозначение документа										
Д		Код, наименование оборудования										
Е		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОП	Кит.	Т.п.з	Тшт.
В 04		12	01	-	005	4110	Токарная					
Г 05		АБВГ. 25241. 00004;				ИОТ №1241-91						
Д 06		XXXXXX.XXXX токарно-винторез.ст-к 1К62; №14411В										
Е 07		2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	200	1	0,21	1,15
О 08		Точить поверхности с подрезкой торца, выдерживая $\phi 20 - 0,21$;										
09		$\delta \pm 0,1$; $\phi 40 - 0,25$; $17 \pm 0,2$ и $57 \pm 0,3$, согласно чертежу										
10												
11												
В 12		12	01	-	010	4110	Токарная					
Г 13		АБВГ. 25241. 00004				ИОТ №1241-91						
Д 14		XXXXXX.XXXX токарно-винторез.ст-к 1К62; №14410В										
Е 15		2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	200	1	0,15	1,45
О 16		Точить поверхности с подрезкой торца, выдерживая $55 \pm 0,3$										
17		$\phi 50 - 0,16$; $\phi 35 - 0,25$; $8 \pm 0,2$ согласно чертежу										
18												
19												
В 20		12	01	-	0,15	4261	Вертикально-фрезерная					
Г 21		АБВГ. 25242. 00001				ИОТ №1115-91						
Д 22		XXXXXX.XXXX вертикально-фрезер.ст-к 6Н12										
Е 23		2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	200	1	0,13	2,21
О 24		Фрезеровать поверхности, выдерживая $24 \pm 0,2$ и $100 \pm 0,6$										
							Разраб.	Иванов		27.02.93		
Д 25							Н.контр.	Свиридова		28.02.93		
А.И.В.												
В.И.В.												
Л.И.В.												
МК/КТП												

Пример Л.13 – МК/ОК на единичный технологический процесс (ЕТП) обработки резанием (операционного описания), оформленная на бланках формата А4 с вертикальным расположением поля подшивки [ГОСТ 3.1129–93]

ГОСТ 3.1118-82										Форма 3	
								01141.00001	2	1	
НПО "ТЕМП"		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ				--		АБВГ 60141.00015			
Втулка										-	
М 01	Круг 45/45										
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх		КИМ				
М 02	-	кг	0,460	-	-		-				
	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ					
М 03	-										
В	Цех	Уч.	РМ	Опер. Код, наименование операции							
Г	Обозначение документа										
Д	Код, наименование оборудования										
Е	ЕМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т.п.э	Тшт.
В 04	12	01	-	020	4110		Токарная				
Г 05	АБВГ. 25241. 00004;					ИДТ № 1241-91					
Д 06	ХХХХХХ.ХХХХ токарно-винторез. ст-к 1К62 № 14411В										
Е 07	2	ХХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	1	1	1000	1	0,46	1,25
08											
О 09	1. Установить и закрепить заготовку										
Т 10	ХХХХХХ.ХХХХ так. 3-х кулачковый патрон										
О 11	2. Подрезать торец, выдерживая 5										
Т 12	ХХХХХХ.ХХХХ подрезной резец Т15К6 (пер.4)										
13	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ шаблон										
Р 14	D=45мм; L=22,5мм; t=0,5мм; i=1 S=0,1мм/об; n=630об/мин;										
15	V=89 м/мин										
О 16	3. Точить поверхность, выдерживая 1 и 4										
Т 17	ХХХХХХ.ХХХХ проходной резец Т15К6 (пер.4)										
18	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ скоба										
Р 19	D=44мм; L=20мм; t=1,0мм; i=1; S=0,2мм/об; n=630 об/мин;										
20	V=88 м/мин										
О 21	4. Точить поверхность, выдерживая 2 и 3										
Т 22	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ скоба; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ шаблон										
23	D=88мм; L=4мм; t=1,5мм; i=2; S=0,2мм/об; n=630 об/мин;										
24	V=80 м/мин										
					Разраб.	Иванов		27.02.93			
					Нормир.	Слуцкая		27.02.93			
					Н.контр.	Свиридова		27.02.93			
Дубл. взам. подл.											
МК/ОК											

Приложение М (справочное)

Указатель кодов профессий в машиностроении (выборочно)

Таблица М.1

Наименование профессии	Код
Долбёжник	11868
Заточник	12260
Зуборезчик	12287
Зубошлифовщик	12290
Оператор автоматических линий	14972
Оператор станков с ЧПУ	15292
Полировщик	15887
Прессовщик	16014
Протяжчик	16458
Разметчик	16641
Резчик на пилах, ножовках и станках	16937
Резьбофрезеровщик	17001
Резьбошлифовщик	17003
Сверловщик	17335
Слесарь-инструментальщик	17461
Слесарь механосборочных работ	17474
Станочник на специальных станках по обработке металла	17845
Строгальщик	17960
Токарь	18217
Токарь-карусельщик	18219
Токарь-полуавтоматчик	18225
Токарь-расточник	18235
Токарь-револьверщик	18236
Фрезеровщик	18632
Шлифовщик	18873

Приложение Н (справочное)

Пример выполнения технологической части ВКР

Н. Технологическая часть

Н.1 Разработка технологического процесса изготовления матрицы

Исходными данными для разработки технологического процесса являются:

- рабочий чертёж детали с технологическими требованиями на её изготовление;
- производственная программа;
- каталоги и справочники по используемому оборудованию и технологической оснастке.

Разработку технологического процесса изготовления заданной детали выполняем в следующей последовательности.

Н.1.1 Анализ конструкции детали и отработка её на технологичность

Рабочий чертёж заданной детали приведён на листе графической части проекта, а уменьшенная копия его – на рисунке Н.1.

Наименование заданной детали – «Матрица». Материал детали – сталь марки Х12М ГОСТ 5950-2000.

Химический состав и механические свойства этой стали представлены в таблицах Н.1 и Н.2.

Таблица Н.1 – Химический состав стали марки Х12М

В процентах

массовая доля					
С	Mo	S	P	Cr	W
1,45 – 1,65	0,4 – 0,60	≤ 0,030	≤ 0,030	11,0 – 12,5	0,15 – 0,30

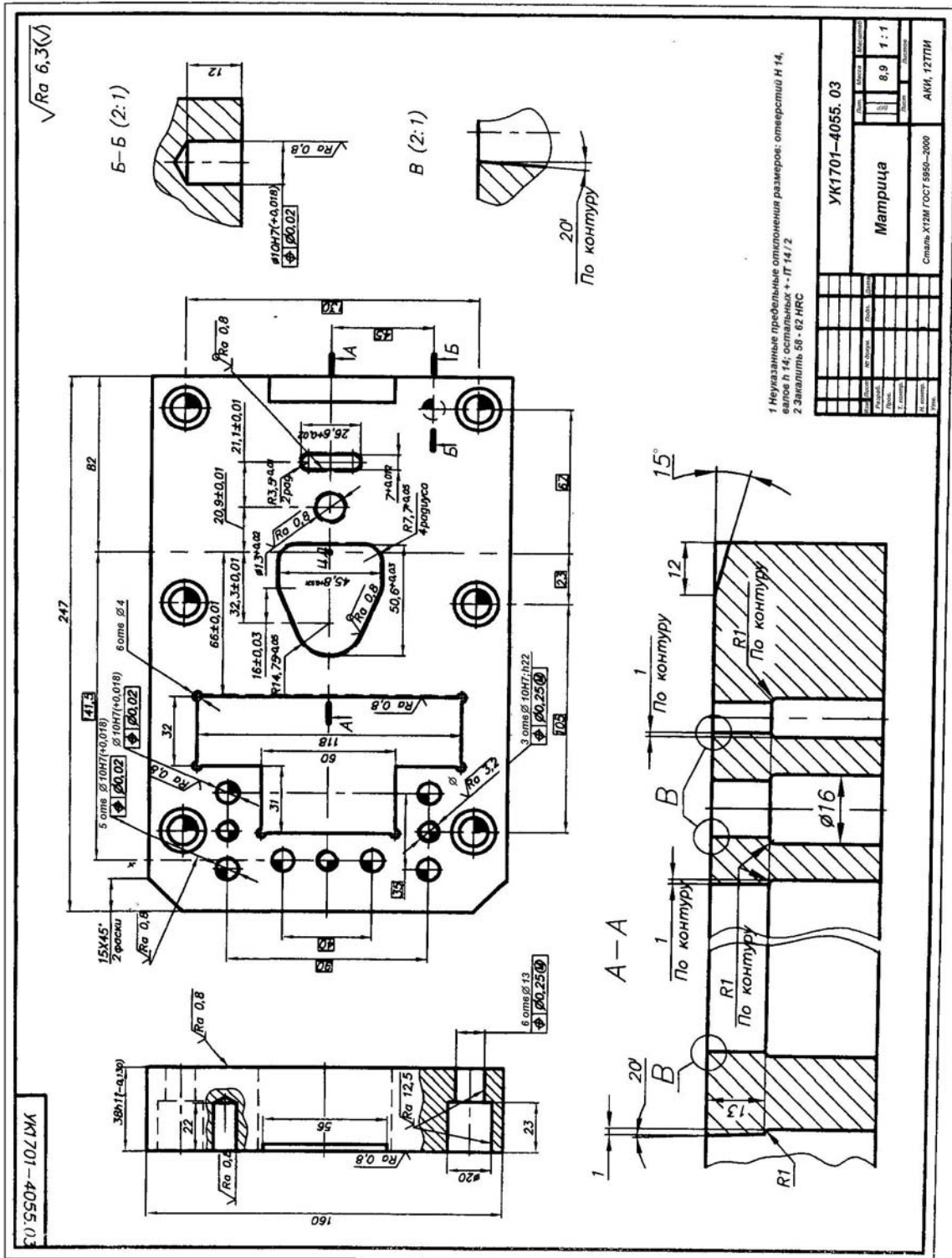


Рисунок Н.1 – Чертеж детали «Матрица»

Таблица Н.2 – Механические свойства стали марки Х12М

Режим термообработки	σ_T	$\sigma_{B(\text{изг})}$	$\tau_{\text{кр}}$	$\sigma_{B(\text{сжат.})}$	HRC
	Н/мм ²				
Закалка (1000-1050 °С) в масле, расплавленных солях Отпуск (200-275 °С) на воздухе	≥ 375	541-560	≥ 277	$\geq 711,4$	58-59

Эта деталь является одной из основных в штампе, показанном на листе графической части проекта. По форме матрица представляет собой плоский параллелепипед с круглыми и фигурными рабочими отверстиями. В матрице имеются также круглые ступенчатые отверстия для крепления к нижней плите штампа, круглые посадочные отверстия для установочных штифтов и резьбовые отверстия для крепления вспомогательных деталей. В передней части матрицы выполнен скос для облегчения прохода ленты-заготовки.

На приведённом рабочем чертеже матрицы проставлены все необходимые размеры, посадки и допуски формы и расположения поверхностей.

Все размеры выполнены с учётом предпочтительного ряда линейных размеров. Параметры шероховатости поверхностей соответствуют рекомендуемым значениям.

Чертёж матрицы содержит все необходимые и достаточные для её изготовления технические требования.

Для оценки технологичности конструкции заданной детали рассмотрим последовательно все конструктивные элементы матрицы с точки зрения сложности их изготовления.

Так, внешний контур матрицы образован расположенными под прямым углом плоскостями. Механическая обработка этих плоскостей не вызовет никаких затруднений.

Ступенчатые круглые отверстия для крепления матрицы и глухие резьбовые отверстия также относятся к простым элементам, требования к их точности невысоки, и, следовательно, все операции по их изготовлению могут быть выполнены на

вертикально-сверлильных станках средней точности. Некоторым усложнением здесь является необходимость применения специальных кондукторов, обеспечивающих минимальные затраты времени на обработку отверстий.

Более сложны в изготовлении круглые посадочные отверстия под установочные штифты, однако, технология выполнения таких элементов также хорошо отработана и, несмотря на необходимость применения высокоточных координатно-расточных станков, относится к категории типовых.

Самыми сложными конструктивными элементами матрицы являются фигурные рабочие отверстия. Главная трудность при их изготовлении заключается в том, что режущие кромки, расположенные в верхней части отверстий, должны быть выполнены с большой точностью и с низкими значениями параметра шероховатости. Несмотря на жёсткие требования к изготовлению рабочих отверстий эта задача может быть решена с помощью универсальных станков: сначала на фрезерных станках выполняется предварительная обработка отверстий по контуру, а затем на координатно-шлифовальных станках ведётся окончательная обработка режущих кромок.

Проведённый анализ показал, что конструкцию исследованной детали следует признать технологичной, т.к. все конструктивные элементы матрицы могут быть выполнены без применения специальных методов и сложной вспомогательной оснастки. Размеры детали, параметры шероховатости и допуски обрабатываемых поверхностей позволяют изготовить матрицу на универсальных металлообрабатывающих станках стандартным металлорежущим инструментом.

Н.1.2 Определение типа производства

Тип производства ориентировочно может быть определён по объёму выпуска (штук) и массе деталей.

При массе детали 8,9 кг и количестве деталей 1 000 шт. в год по таблице 4.1 (см. раздел 4) принимаем тип производства – среднесерийный.

При серийном производстве используются универсальные металлообрабатывающие станки, оснащённые как универсальными, так и универсально-сборными

приспособлениями (УСП), что позволяет снизить трудоёмкость и себестоимость изготовления изделия.

Н.1.3 Выбор заготовки и метода её изготовления

Выбор заготовки и метода её получения проводим в соответствии с требованиями Р50–54–93–88 в следующей последовательности:

- определение вида исходной заготовки;
- выбор метода изготовления исходной заготовки;
- технико-экономическая оценка выбора заготовки.

Н.1.3.1 Определение вида исходной заготовки

Вид исходной заготовки определяем на основании конструктивных форм и размеров, материала детали, объёма выпуска. При выборе вида исходной заготовки необходимо стремиться к максимальному приближению её формы и размеров к параметрам готовой детали.

Выбор метода изготовления исходной заготовки определяется следующими факторами:

- типом производства;
- конструктивными формами, размерами и массой детали;
- требуемой точностью выполнения заготовки и качеством её поверхности.

Метод изготовления заготовки должен обеспечивать точность и качество детали, а также условие её работы. При наличии нескольких способов изготовления выбор делают исходя из условий обеспечения наибольшего коэффициента использования металла, минимальной трудоёмкости и себестоимости, максимальной производительности.

В данном случае заготовки для изготовления матрицы целесообразно получать методами пластического деформирования. Эти методы (ковка, штамповка) позво-

ляют получать заготовки, по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки. При этом значительно снижается металлоёмкость. Окончательно в качестве метода получения исходных заготовок для изготовления матрицы выбираем метод горячей объёмной штамповки.

Н.1.3.2 Назначение припусков на штампованную поковку

Исходными данными для определения допусков в случае горячей объёмной штамповки являются группа стали, масса и степень сложности поковки.

Исходные данные по детали: материал исходной заготовки – сталь X12M ГОСТ 5950–2000. Масса детали $M_d = 8,9$ кг.

Исходные данные для расчёта:

Масса поковки (расчётная) $M_{п,р} = 11,57$ кг, что определено расчётом согласно [28, с. 224, 225] по формуле

$$M_{п,р} = K_p M_d,$$

где расчётный коэффициент $K_p = 1,3$;

$$M_{п,р} = 1,3 \cdot 8,9 = 11,57 \text{ кг.}$$

По величине расчётной массы поковки $M_{п,р}$ согласно [28, таблица 4.27] определяем индекс массы: $I_m = 7$.

Группа стали – М3 [28, с. 223].

Класс точности – Т4 [28, с. 223].

Согласно [32, с. 29, 30] устанавливаем степень сложности поковки, для чего вычисляем отношение

$$G_{п} / G_{ф}, \quad (\text{Н.1})$$

где $G_{п}$ – масса поковки, кг, которая равна расчётной массе $M_{п,р} = 11,57$ кг;

G_{ϕ} – масса геометрической фигуры (в нашем случае – параллелепипеда), в которую вписывается форма поковка, кг.

Размеры описывающей поковку фигуры (параллелепипеда), мм:

- длина $L_{\phi} = 247 \cdot 1,05 = 259,3$;

- ширина $B_{\phi} = 160 \cdot 1,05 = 168$;

- высота $H_{\phi} = 38 \cdot 1,05 = 39,9$.

Здесь 1,05 – коэффициент увеличения размеров [32, с. 30].

Масса G_{ϕ} описывающей фигуры (параллелепипеда) определяется из соотношения

$$G_{\phi} = L_{\phi} B_{\phi} H_{\phi} \rho \cdot 10^{-9}.$$

где плотность стали $\rho = 7,85 \cdot 10^3$ кг/м³;

$$G_{\phi} = 259,3 \cdot 168 \cdot 39,9 \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} = 13,6 \text{ кг.}$$

Отношение G_{Π} / G_{ϕ} по формуле (Н.1) равно

$$G_{\Pi} / G_{\phi} = 11,57 / 13,6 = 0,85.$$

Степень сложности – С1 [32, с. 30].

По формуле (4.3) [28, с. 226] вычисляем исходный индекс $I_{и}$:

$$I_{и} = I_{м} + M + C + 2(T - 2), \quad (\text{Н.2})$$

$$I_{и} = 7 + 3 + 1 + 2(4 - 2) = 15.$$

Конфигурация поверхности разъёма штампа – П (плоская)

По таблице 3 [32, с. 12] назначаем основные припуски на механическую обработку на сторону:

$Z = 3,2$ – длина 247 мм и параметр шероховатости $R_a 6,3$

$Z = 3,0$ – ширина 160 мм и параметр шероховатости $R_a 6,3$

$Z = 2,0$ – толщина 38 мм и параметр шероховатости $R_a 1,6$

Дополнительный припуск, учитывающий смещение по поверхности разъёма штампа – 0,4 [32, таблица 4].

Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности – 0,5 [32, таблица 5].

Согласно [32] определяем размеры поковки:

длина $247 + (3,2 + 0,4 + 0,5) \cdot 2 = 255,2$ мм, принимаем 255 мм;

ширина $160 + (3,0 + 0,4 + 0,5) \cdot 2 = 167,8$, принимаем 168 мм;

толщина $38 + (2,0 + 0,5) \cdot 2 = 43$ принимаем 43 мм.

Радиус закругления наружных углов поковки принимаем по таблице 4.32 [28, с. 231]: $R_n = 3,0$ мм.

Допускаемые отклонения размеров [32, таблица 8]:

$$\text{длина } 255 \begin{matrix} +3,3 \\ -1,7 \end{matrix}; \quad \text{ширина } 168 \begin{matrix} +3,0 \\ -1,5 \end{matrix}; \quad \text{толщина } 43 \begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$$

Коэффициент использования металла $K_{и.м}$ определяется по формуле

$$K_{и.м} = M_d / M_n, \quad (Н.3)$$

где M_n – номинальная масса поковки, кг.

Номинальная масса поковки M_n определяется по найденным выше размерам поковки и плотности стали $\rho = 7,85 \cdot 10^3$ кг/м³:

$$M_n = LBhp \cdot 10^{-9}, \quad (Н.4)$$

где $L = 255$ мм – длина поковки;

$B = 168$ мм – ширина поковки;

$h = 43$ мм – высота поковки.

$$M_n = 255 \cdot 168 \cdot 43 \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} \approx 14,5 \text{ кг,}$$

$$K_{и.м} = 8,9 / 14,5 = 0,61.$$

Н.1.4 Формирование технологического маршрута изготовления матрицы

Выбор последовательности технологических операций по изготовлению матрицы производим на основании следующих требований.

Обработка должна начинаться с поверхности, которая будет являться технологической базой для установки детали в процессе её изготовления, причём обработка поверхности должна выполняться с такой точностью, которая обеспечила бы необходимую точность установки заготовки в последующих операциях.

Порядок чередования операций механической обработки должен быть обратным их точности, т.е. обработка должна начинаться с операций, в которых выдерживаются наименее точные размеры и наиболее грубая шероховатость обрабатываемых поверхностей, после чего следует переходить к выполнению более точной операции и т.д. до выполнения завершающей доводочной или отделочной операции.

Учитывая приведённые выше требования, формируем следующий технологический маршрут изготовления матрицы (таблица Н.3):

- операция 015 – Фрезерная;
- операция 020 – Сверлильная;
- операция 025 – Фрезерная;
- операция 030 – Фрезерная;
- операция 035 – Термическая;
- операция 040 – Шлифовальная;
- операция 045 – Координатно-шлифовальная;
- операция 050 – Контрольная.

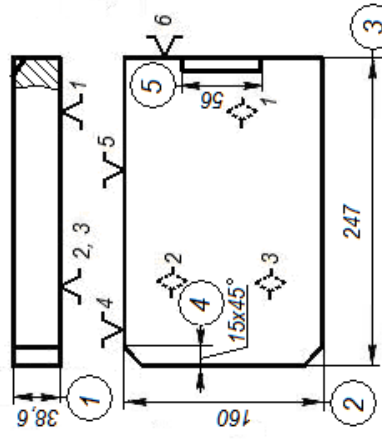
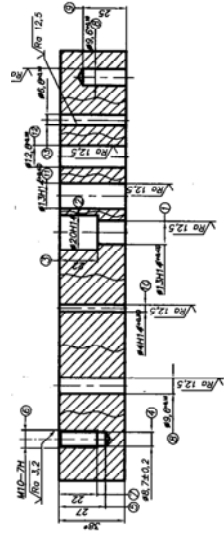
Н.1.4.1 Выбор технологических баз

Для детали «Матрица» назначаем следующие базы:

- установочная база (плоскости);
- направляющая база (боковые поверхности);
- опорная (торцевая поверхность).

На операцию 015 «Фрезерная» заготовка устанавливается в приспособление и базируется по заданной схеме.

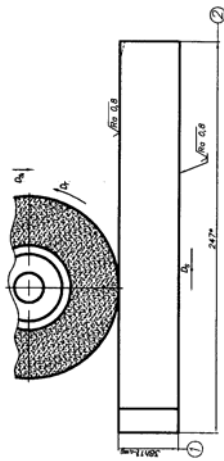
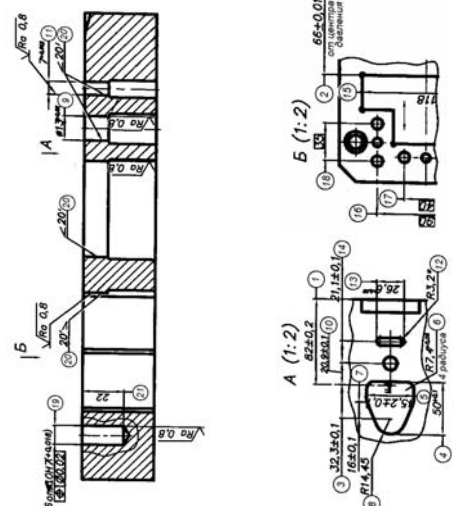
Таблица Н.3 – Технологический маршрут изготовления матрицы

№ операции	Наименование операции и содержание перехода	Эскиз и схема базирования	Группа станков
1	2	3	4
015	<p><u>Фрезерная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Фрезеровать поверхности, выдерживая размер 1 2 Фрезеровать поверхности, выдерживая размер 2 3 Фрезеровать поверхности, выдерживая размер 3 4 Фрезеровать поверхности (две фаски), выдерживая размер 4 5 Фрезеровать поверхности, выдерживая размер 5 		Вертикально-фрезерный станок
020	<p><u>Вертикально-сверлильная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Сверлить 6 отверстий, выдерживая размер 1 2 Зенкеровать отверстия, выдерживая размеры 2, 3 3 Сверлить три отверстия $\varnothing 8,7$ мм под резьбу М10, выдерживая размеры 4 и 5 4 Нарезать резьбу М10 в трёх отверстиях, выдерживая размеры 6 и 7 5 Сверлить отверстия, выдерживая размеры 8 и 9 6 Сверлить отверстия, выдерживая размер 10 7 Сверлить отверстия, выдерживая размер 11 8 Сверлить отверстия, выдерживая размер 12 9 Сверлить отверстия, выдерживая размер 13 	 <p>Примечание – Схемы базирования на данной и последующих операциях аналогичны схеме, приведённой для операции 015</p>	Вертикально-сверлильный станок

Продолжение таблицы Н.3

1	2	3	4
<p>025</p> <p><u>Фрезерная</u></p> <p>1 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4, 5 и уклон 15</p> <p>2 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и уклон 15</p> <p>3 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 13, 14 и уклон 15</p> <p>4 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 16, 17, 18 и уклон 15</p>		<p>Вертикально-фрезерный станок</p>	
<p>030</p> <p><u>Фрезерная</u></p> <p>1 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4, 5 и 19</p> <p>2 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 19</p> <p>3 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 13, 14, 15 и 19</p> <p>4 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 15, 16, 17, 18 и 19</p>		<p>Вертикально-фрезерный станок</p>	

Продолжение таблицы Н.3

1	2	3	4
035	<p><u>Термическая</u></p>		
040	<p><u>Шлифовальная</u> 1 Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 1, 2</p>		Плоскошлифовальный станок
045	<p><u>Координатно-шлифовальная</u> 1 Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 1, 2 и уклон 20 2 Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 3, 4, 5, 6, 7, 8 и уклон 20 3 Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 9, 10 и уклон 20 4 Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 11, 12, 13, 14 и уклон 20 5 Шлифовать отверстия, выдерживая размеры 15, 16, 17, 18, 19 и 21</p>		Координатно-шлифовальный

Н.1.5 Выбор состава технологического оборудования

Модель станка для каждой операции выбираем, учитывая метод обработки, расположение и размеры обрабатываемых поверхностей и габаритные размеры детали.

В соответствии с технологическим маршрутом изготовления детали выбираем следующие станки:

– для операции 015 - "Вертикально-фрезерная" – вертикально-фрезерный станок мод. 6P10;

– для операции 020 "Вертикально-сверлильная" – радиально-сверлильный станок мод. 2M55;

– для операции 025 и 030 "Вертикально-фрезерная" – вертикально-фрезерный станок с числовой индикацией мод. 6P11Ф3-1;

– для операции 040 "Плоскошлифовальная" – плоскошлифовальный станок мод. 3E710A.

– для операций 045 "Координатно-шлифовальная" – координатно-шлифовальный станок мод 2E440A;

– для операции 050 "Контрольная" выбираем контрольно-дефектовочный стенд, состоящий из твердомера модели ТК–2М, и профилограф-профилометр типа А1, модель 252 ГОСТ 19300-86 [14].

Основные параметры станков

Вертикально фрезерный станок модели 6P10

Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина), мм	250x1000
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	500
поперечное	160
вертикальное	300
Число скоростей шпинделя	16
Пределы частоты вращения шпинделя, мин ⁻¹	50–2240

Подача стола, мм/мин	
продольная и поперечная	25–1020
вертикальная	12,5–560
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3

Радиально-сверлильный станок модели 2М55

Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм	50
Наибольшее перемещение, мм:	
вертикальное, рукава на колонне	750
горизонтальное, сверлильной головки по рукаву	1225
вертикальное, шпинделя	400
Конус Морзе отверстия шпинделя	5
Число скоростей шпинделя	21
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20–2000
Подача шпинделя, мм/об	0,056–2,5
Мощность электродвигателя, кВт	5,5

Вертикально-фрезерный станок модели 6Р11Ф3-1

Размеры рабочей поверхности стола, мм	300x630
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	430
поперечное	200
вертикальное	320
Число скоростей шпинделя	16
Пределы частоты вращения шпинделя, мин ⁻¹	80–2500
Подача стола, мм/мин	
продольная	25-1000
поперечная	28-790
вертикальная	14-390
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5

Плоскошлифовальный станок модели 3E710A

Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x125
Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок	400x125x320
Наибольшее перемещение стола и шлифовальной бабки, мм:	
продольное	490
поперечное	170
вертикальное	—
Размеры шлифовального круга, мм:	
наружный диаметр x высота x внутренний диаметр	200x32x76
Скорость продольного перемещения стала, м/мин	2–35
Максимальная скорость резания, м/с	35
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	4

Координатно-шлифовальный станок модели 2E440A

Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x710
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	320
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	630
поперечное	400
Наибольший диаметр, мм:	
сверления в стали	25
расточивания (или шлифования)	250
Частота вращения шпинделя (или шлифовального круга), мин ⁻¹	50–2 000
Подача, мм/мин(мм/об):	
шпинделя	0,03–0,16
стола	20–315
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,5

Н.1.6 Выбор установочных приспособлений

Установочная оснастка выбирается исходя из вида оборудования, на котором она используется, а также в зависимости от размеров детали и инструмента. Выбираем следующие виды оснастки на каждую операцию:

Для операции 015 «Вертикально-фрезерная»:

тиски станочные ГОСТ 14904-80

Для операции 020 «Вертикально-сверлильная»:

специальное станочное приспособление

Для операций 025, 030 «Вертикально-фрезерная»:

прихваты Г-образные, болты быстросъемные к станочным пазам
ГОСТ 12201-66

Для операции 040 «Плоскошлифовальная»:

плита магнитная ГОСТ 16528-87.

Н.1.7 Выбор режущего инструмента

Режущий инструмент выбираем в зависимости от марки обрабатываемого материала.

Режущий инструмент, используемый при изготовлении детали, представлен в таблице Н.4.

Таблица Н.4 – Режущий инструмент

Наименование инструмента	Размер инструмента или державки, мм	Материал режущей части	ГОСТ
1	2	3	4
015 Вертикально-фрезерная			
Фреза торцевая	$D_{фр} = 200$	T15K6	24359–80
020 Вертикально-сверлильная			
Сверло спиральное	Ø4,0	P6M5	10903– 77
	Ø6,6		
	Ø8,7		
	Ø9,6		

Продолжение таблицы Н.4

1	2	3	4
Сверло спиральное	Ø12,6	P6M5	10903– 77
	Ø13,0		
Зенкер	Ø20,0	T15K6	3231-71
Метчик машинный	M10	P6M5	17931-72
025, 030 Вертикально-фрезерная			
Фреза концевая	$D_{фр} = 4$	P6M5	17025-71
	$D_{фр} = 5$		
	$D_{фр} = 9$		
	$D_{фр} = 16$		
040 Плоскошлифовальная			
Круг 1 300x32x32 63A 80-П СТ К 35м/с А 1кл 92Е			2424-83
045 Координатно-шлифовальная			
Головка шлифовальная AW	$D_r = 3$	—	2447-82
	$D_r = 6$		
	$D_r = 14$		

Н.1.8 Выбор измерительного инструмента

Измерительный инструмент выбирают в зависимости от размеров и точности измеряемой поверхности. Измерительный инструмент, используемый при изготовлении детали, представлен в таблице Н.5.

Таблица Н.5 – Измерительный инструмент

Наименование инструмента	Точность измерения, мм	Предел измерения, мм	ГОСТ
1	2	3	4
015 Вертикально-фрезерная			
Штангенциркуль ШЦ-III	0,1	0-250	166–89
020 Вертикально-сверлильная			
Штангенциркуль ШЦ-I	0,1	0-150	166–89
Калибр резьбовой M10	-	-	17758–82
025 Вертикально-фрезерная			
Штангенциркуль ШЦ-III	0,1	0-160	166–89
030 Вертикально-фрезерная			
Штангенциркуль ШЦ-III	0,1	0-160	166–89
035 Термическая			
Твердомер ТК-2М	-	-	23677–79

Продолжение таблицы Н.5

1	2	3	4
040 Плоскошлифовальная			
Микрометр МК 50-1	0,01	0-50	6507–90
045 Координатно-шлифовальная			
Микроскоп БИМ			8074–82
Образцы шероховатости поверхности (сравнения)			9378–93
050 Контрольная			
Твердомер ТК–2 М	-	-	23677–79
Профилограф–профилометр типа А1, модели 252	профилограф профилометр	0,02 – 250 0,02 – 100	19300–86

Н.1.9 Определение операционных (межпереходных) припусков, допусков и размеров

На механическую обработку предусматриваем основной и дополнительный припуски, учитывающие отклонения формы заготовки. Величины припусков назначаем на одну сторону.

В данном дипломном проекте производим расчёт операционных припусков для поверхности б, обрабатываемой в размер $38h11_{(-0,130)}$. Расчёт межоперационных припусков производим в следующем порядке:

1) шлифование чистовое: припуск $2Z = 0,2$ мм, отклонение $T_i = -0,130$ мм.

$$A_i^{HM} = A^{НОМ} - T_i, \quad (Н.5)$$

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

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

T_i – отклонение на данном переходе, мм.

$$A_1^{HM} = 38 - 0,130 = 37,870 \text{ мм};$$

2) шлифование черновое: припуск $2Z = 0,3$ мм, отклонение $T_i = -0,2$ мм.

$$A_i^{HM} = A_{i-1}^{HM} + 2Z_{i-1}, \quad (Н.6)$$

$$A_i^{H6} = A_{i-1}^{H6} + T_i, \quad (Н.7)$$

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.

$$A_i^{HM} = 37,870 + 0,2 = 38,070 \text{ мм},$$

$$A_i^{H6} = 38,000 + 0,2 = 38,200 \text{ мм};$$

3) фрезерование чистовое: припуск $2Z = 0,9$ мм, отклонение $T_i = -0,3$ мм.

$$A_i^{HM} = 38,070 + 0,3 = 38,370 \text{ мм},$$

$$A_i^{H6} = 38,200 + 0,3 = 39,500 \text{ мм};$$

4) фрезерование черновое: припуск $2Z = 1,5$ мм, отклонение $T_i = -0,4$ мм.

$$A_i^{HM} = 38,370 + 0,9 = 39,270 \text{ мм},$$

$$A_i^{H6} = 39,500 + 0,4 = 39,900 \text{ мм};$$

5) заготовительная: отклонение $T_i = -1,2$ мм.

$$A_i^{HM} = 39,270 + 1,2 = 40,470 \text{ мм},$$

$$A_i^{H6} = 39,900 + 1,2 = 41,100 \text{ мм}.$$

Полученные данные по определению припусков, допусков и предельных размеров сводим в таблицу Н.6.

Н.1.10 Определение режимов обработки

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

В данном дипломном проекте режимы резания определяются табличным методом с последующей их корректировкой на фактические условия резания. Табличные значения режимов обработки принимаем по картам [42].

\Таблица Н.6 – Межоперационные припуски и допуски для рабочей поверхности 38h11_(-0,130) (технологические)

№ перехода	Содержание перехода	Квалитет	Шероховатость Ra, мкм	Припуск, мм	Допуск, мкм	Размеры, мм	
						H _{min}	H _{max}
0	Заготовка	16	12,5	–	1,200	40,470	41,100
1	Фрезерование черновое	11	6,3	1,5	0,400	39,270	39,900
2	Фрезерование чистовое	10	3,2	0,9	0,300	38,370	39,500
3	Шлифование черновое	9	1,6	0,3	0,200	38,070	38,200
4	Шлифование чистовое	8	0,8	0,2	0,130	37,870	38,000

Результаты расчётов помещаем в сводную таблицу Н.7 режимов резания.

Для операции 005 «Фрезерная» определение режимов обработки приводим полностью.

Геометрические параметры и материал режущего инструмента

Фреза торцовая. Диаметр фрезы 200 мм, число зубьев – 10 шт., материал режущей части – Т15К6.

Глубина резания

Глубину резания t , мм, примем равной припуску на обработку.

Продольная подача

По таблице 27, гл. 10 [42] определяем значение подачи, величина которой для обработки стали торцовой фрезой диаметром 200 мм составляет от 0,09 до 0,11 мм/зуб. Примем подачу $S_z = 0,11$ мм/зуб.

Скорость резания

По таблице 27, гл. 10 [42] расчётная скорость резания определяется по формуле

$$V = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3, \quad (\text{H},8)$$

где $v_{\text{табл}}$ – табличное значение скорости резания, м/мин.;

K_1 , K_2 и K_3 – коэффициенты, зависящие соответственно от размеров обрабатываемой поверхности, материала заготовки, периода стойкости и материала инструмента.

По таблице 27, гл. 10 [42]: $K_1 = 1$, по таблице 26, гл. 10 [42]: $K_2 = 0,9$,

По таблице 28, гл. 10 [42]: $K_3 = 0,85$.

Табличное значение скорости резания $v_{\text{табл}}$ определяем по таблице 27. гл. 10 [42]: $v_{\text{табл}} = 280$ м/мин.

Расчётное значение скорости резания

$$V = 280 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 214,2 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя

Расчётное значение частоты вращения шпинделя, n , мин^{-1} , вычисляем по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\phi}}, \quad (\text{H},9)$$

где v – скорость резания, м/мин,

D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм.

Подставляя числовые значения в формулу (H.9), находим:

$$n = \frac{1000 \cdot 214,2}{\pi \cdot 200} = 341,1 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту вертикально-фрезерного станка 6P10 выполняем корректировку и принимаем следующее значение фактической частоты вращения шпинделя:
 $n_{\phi} = 335 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическую скорость резания V_{ϕ} , м/мин, при $n_{\phi} = 335 \text{ мин}^{-1}$ определим по формуле

$$v_{\delta} = \frac{\pi D_{\delta} n_{\delta}}{1000}, \quad (\text{Н.10})$$

$$v_{\delta} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 335}{1000} = 210,5 \text{ м/мин}$$

Для остальных операций режимы обработки определяем аналогичным образом и результаты вычислений сводим в таблицу Н.7.

Таблица Н.7 – Объединённая таблица режимов резания

№ опер	№ пер	Содержание перехода	t, мм	n, мин ⁻¹	S _м , мм/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6	7
015	1	Фрезеровать поверхность 1 и 2, выдерживая размер 38,6 мм	2,5	335	350	210
	2	Фрезеровать поверхность 3 и 4, выдерживая размер 160,1 мм	2,5	335	350	210
	3	Фрезеровать поверхности 5 и 6, выдерживая размер 247,1 мм	2,5	335	350	210
	4	Фрезеровать поверхности 7 и 8, выдерживая размер 15x45 ⁰	2,5	335	350	210
	5	Фрезеровать поверхность 9, выдерживая размер 56 ⁺¹ мм	2,5	335	350	210
020	1	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 1, 4, 5, 6, 7	6,5	540	S, мм/об 0,22	22
	2	Зенкеровать отверстия, выдерживая размеры 2 и 3	3,5	375	S, мм/об 0,25 0,15	35
	3	Сверлить три отверстия Ø8,7 под резьбу М10, выдерживая размеры 8 и 9	4,35	732	0,22 0,15	20
	4	Нарезать резьбу М10 в трёх отв., выдерживая размеры 8, 9 и 10	0,65	255	S, мм/об 1,5	8
	5	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 8, 9, 11, 12, 13 и 14	4,8	657	S, мм/об 0,18	20
	6	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 15, 16, 17, 18, 19	2,0	720	S, мм/об 0,08	9
	7	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 20, 21, 22	6,5	425	S, мм/об 0,22	20
	8	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 23, 24	6,3	515	S, мм/об 0,22	20
	9	Сверлить отверстия, выдерживая размеры 25, 26, 27	3,3	320	S, мм/об 0,15	8

Продолжение таблицы Н.7

1	2	3	4	5	6	7
025	1	Фрезеровать паз, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4, 5, 6,	1,5	625	100	22
	2	Фрезеровать паз, выдерживая размеры 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1,5	320	65	22
	3	Фрезеровать отверстие, выдерживая размеры 15, 16, 13	–	320	65	22
	4	Фрезеровать отверстие, выдерживая размеры 17, 18, 13	1,5	775	155	22
030	1	Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1, 2 и уклон 3	2	300	45	20
	2	Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 4, 5, 6, 7, 8, 9 и уклон 10	1,5	500	100	22
	3	Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 11, 12 и уклон 13	–	635	125	20
	4	Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 14, 15, 16 и уклон 17	1,0	425	45	20
040	1	Шлифовать поверхности, выдерживая размер 1	0,5	35 м/с	S _o = 8 мм/ход S _{верт. р.} = 0,112 мм/ход	
045	1	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 1 и 2	0,01	35 м/с	70	—
	2	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 3, 4, 5, 6, 7 и 8			45	
	3	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 9 и 10			40	
	4	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 11, 12, 13 и 14			35	
	5	Шлифовать отверстия, выдерживая размеры 15, 16, 17 и 18		50– 2 000	35	

Н.1.11 Нормирование технологического процесса

После определения содержания операций, выбора оборудования, инструмента и расчёта режимов резания определяют нормы времени.

Расчёт ведётся в следующей последовательности:

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

2) по содержанию каждого перехода устанавливается необходимый комплекс вспомогательных работ и определяется вспомогательное время T_v , мин, с учётом возможных совмещений и перекрытий;

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

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

Операция 015 «Фрезерная»

Расчёт основного времени

Основное время $T_{o,1}$, мин, первого перехода вычисляется по формуле

$$\dot{O}_{i.1} = 2 \left(\frac{L}{ns_{\dot{\delta}}} + \frac{L}{ns_{\dot{\eta}}} \right), \quad (\text{Н.11})$$

где L – длина обработки, мм.

$s_{чр}$ и $s_{чс}$ – подача при черновом и чистовом фрезеровании, мм/об.

Длина обработки L , мм, вычисляется по формуле

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (\text{Н.12})$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – длина врезания фрезы, мм;

l_2 – длина перебега фрезы, мм.

В соответствии с выбранными в Н.1.10 режимами обработки при черновом фрезеровании подача $s_{чр}=1,0$ мм/об, при чистовом фрезеровании примем $s_{чс}=0,5$ мм/об.

По чертежу детали $l = 247$ мм; по табл. 30, гл. 10 [42] $l_1 = 8$ мм, $l_2 = 26$ мм и, следовательно, по формуле (Н.10) основное время $T_{o,1}$, мин, первого перехода будет

$$\dot{O}_{1.1} = 2 \left(\frac{281}{335 \cdot 1,0} + \frac{281}{335 \cdot 0,5} \right) = 5,04 \text{ и } \dot{e} \dot{i}.$$

Вспомогательное время $T_{в.}$, связанное с переходом (измерение, установка и снятие), определяется по приложению 16 [42]

$$T_{в.1} = 1,47 \text{ мин.}$$

Оперативное время, мин, первого перехода

$$T_{он.1} = T_{о.1} + T_{в.1}, \quad (\text{Н.13})$$

$$T_{он.1} = 5,04 + 1,47 = 6,51 \text{ мин.}$$

Проведя аналогичные вычисления для остальных переходов, находим

$$T_{он.2} = 4,75 \text{ мин, } T_{он.3} = 3,86 \text{ мин, } T_{он.4} = 3,4 \text{ мин, } T_{он.5} = 2,84 \text{ мин.}$$

Оперативное время $T_{он}$ операции 015 составит сумму всех составляющих

$$T_{он} = T_{он.1} + T_{он.2} + T_{он.3} + T_{он.4} + T_{он.5}, \quad (\text{Н.14})$$

$$T_{он} = 6,51 + 4,75 + 3,86 + 3,4 + 2,84 = 21,36 \text{ мин.}$$

Время $T_{отд}$ на отдых и личные надобности принимаем в размере 4 % от оперативного

$$T_{отд.} = 0,04 T_{он.} = 0,04 \cdot 21,36 = 0,85 \text{ мин.}$$

Время $T_{обсл}$ на обслуживание рабочего места определяем по карте 56, лист 1 [16]

$$T_{обсл.} = 0,36 \text{ мин.}$$

Штучное время $T_{шт.}$, мин, операции 015 определяем по формуле

$$T_{шт.} = T_{он.} + T_{обсл.} + T_{отд.}, \quad (\text{Н.15})$$

Числовое значение

$$T_{шт.} = 21,36 + 0,36 + 0,85 = 22,57 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время $T_{шт.к.0}$, мин, вычисляется по формуле

$$T_{шт.к.0} = T_{шт.} + \frac{T_{нз.}}{n}, \quad (\text{Н.16})$$

где $T_{нз.}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин.;

n – количество деталей в партии.

Время $T_{пз.}$, мин, определяется по карте 80, лист 1 [16]: $T_{пз.} = 26$ мин., количество деталей в партии принимается равным $n = 100$ шт. Тогда штучно-калькуляционное время для операции 015 по формуле (Н.16) будет

$$T_{шт.к.} = 22,57 + \frac{26}{100} = 22,83 \text{ мин.}$$

Для остальных операций выполняем аналогичные расчёты и все полученные результаты сводим в таблицу Н.8.

Таблица Н.8 – Нормативы времени на изготовление матрицы

№ опер.	Наименование операции	№ перехода	Время, мин				
			T_0	T_B	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт.к}$
1	2	3	4	5	6	7	8
015	Вертикально-фрезерная	1	5,01	1,47	22,57	26,0	22,83
		2	3,55	1,2			
		3	3,2	0,66			
		4	2,84	0,56			
		5	2,28	0,56			
020	Вертикально-сверлильная	1	16,8	3,2	22	24,0	22,24
		2	5,4	1,5			
		3	6,8	1,7			
		4	8,4	1,9			
		5	9,6	2,2			
		6	5,2	1,4			
		7	1,8	0,8			
		8	3,6	1,2			
025	Вертикально-фрезерная	1	26,5	2,8	24	27,0	24,27
		2	14,5	2,3			
		3	1,2	0,4			
		4	8,6	1,9			
030	Вертикально-фрезерная	1	3,2	1,1	24	28,0	24,28
		2	5,8	1,6			
		3	2,8	0,9			
		4	3,7	1,2			
035	Термическая: - закалка - борирование	1	7,6	2,2	12,6	12	12,72
		2	20,0	5,9	27,6	28	27,88

Продолжение таблицы Н.8

1	2	3	4	5	6	7	8
040	Плоскошлифовальная	1	12,8	2,1	17,2	10	17,3
045	Координатно-шлифовальная	1	3,6	1,2	39,35	20	39,55
		2	10,2	2,2			
		3	2,6	0,8			
		4	3,3	1,2			
		5	9,6	1,6			
050	Контрольная	1	3,8	-	5,12	6	5,18

Н.2 Разработка технологического процесса упрочнения детали «матрица» химико-термической обработкой

В данном дипломном проекте для повышения износостойкости рабочих поверхностей матрицы штампа в качестве метода упрочнения предусматривается борирование. Сущность этого метода заключается в насыщении поверхностных слоёв детали, подверженных действию значительных изнашивающих нагрузок, бором. Борирование повышает износо-, тепло- и коррозионностойкость в различных средах.

В настоящее время существуют следующие способы борирования:

- твёрдое – в закрытых контейнерах с засыпкой порошковыми смесями с боротдающими веществами: бурой или карбидом бора и их смесями с различными добавками или без них;
- жидкостное, или электролизное, с применением тех же веществ в расплавленном состоянии;
- газовое.

Механизм твёрдого борирования в порошке карбида бора заключается в том, что карбид бора восстанавливает борный ангидрид (B_2O_3), содержащийся в техническом карбиде бора в количестве 2 %, до низкого оксида B_2O_2 , парами которого (кислородом) бор переносится к насыщаемой поверхности. При взаимодействии B_2O_2 с железом происходит регенерация B_2O_2 .

Электролизное борирование выполняется в ваннах с бурой ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Деталь из стали подключается в качестве катода в цепь постоянного тока, анодом служит предварительно пропитанный бурой графитовый стержень. Оптимальный режим электролизного борирования в ванне следующий: плотность тока на катоде от $0,15 \text{ А/см}^2$ до $0,20 \text{ А/см}^2$, напряжение от 2 В до 14 В; температура от $930 \text{ }^\circ\text{C}$ до $950 \text{ }^\circ\text{C}$; выдержка от 2 ч до 6 ч, глубина борированного слоя от 0,15 мм до 0,35 мм.

Повышение температуры или увеличение выдержки при постоянной температуре приводит к повышению хрупкости упрочнённого слоя при небольшом увеличении глубины.

В качестве активизатора в расплавленную буру вводится от 30 % до 40% карбида бора, содержащего от 76 % до 78 % бора и от 24 % до 22 % углерода.

Толщина борированного слоя зависит также от состава ванны. В специальной литературе приведены зависимости толщины борированного слоя от массовой доли карбида бора и нейтральных солей.

Данные для построения кривых получены при температуре расплава $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, выдержке 5 ч и глубине борирования от 0,2 мм до 0,4 мм.

При борировании применяют жидкие ванны следующего состава:

– 70 % $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ и 30 % SiC;

– 60 % $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 15 % NaCl и 30 % силикомарганца с 17 % Mn.

Для восстановления бора вместо карбида бора в буру добавляют карбид кремния, силикокальций марки СК-20 ГОСТ 4762–71, ферросилиций марки ФС90 ГОСТ 1415–93, ферромарганец марки ФМн90 ГОСТ 4755–91.

Большое практическое значение имеет низкотемпературное электролизное борирование. Оно проводится при плотности тока на катоде $0,2 \text{ А/см}^2$ в ваннах следующего состава:

- 30 % Na_2SO_4 + 70 % $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ при температуре $600 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 4 ч. При этом образуется слой толщиной 15 мкм. На поверхности образуется борид железа FeB, и α -твёрдый раствор. Твёрдость полученного слоя составляет от 1800 HV до 2000 HV.

Газовое борирование пока не получило большого распространения, однако оно является очень перспективным. Наиболее удобно применение в качестве газо-

вой среды трёххлористого бора (BCl_3). Этот способ применяется мало – вследствие токсичности отходящих газов (HCl и частично остатков BCl_3).

Для нейтрализации отходящих газов их пропускают через воду. При этом образуется раствор смеси соляной (HCl) и борной (H_3BO_3) кислот, которые затем нейтрализуют щелочью.

Н.2.1 Выбор режимов борирования

Учитывая приведённые выше рекомендации, а также производственные условия предприятия-изготовителя штампа (ООО «Орбита», г. Самара) для техпроцесса изготовления матрицы, выбираем следующие режимы борирования:

- способ борирования – электролизный (жидкостный);
- состав ванны – 60 % буры ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) и 20 % карбида кремния (SiC), в качестве активизатора предусматривается использовать 20 % карбида бора (BC);
- температура расплава – от 930°C до 950°C ;
- плотность тока – от 0,15 до 0,20 A/cm^2 ;
- напряжение от 2 до 14 В;
- время выдержки деталей в ванне – 5 ч.

Н.2.2 Нормирование технологического процесса борирования

Основное время T_o , мин, операции определяется исходя из следующего. Время выдержки деталей в ванне составляет $T_e = 5$ ч (см. выше), но так как в ванну для борирования одновременно загружается 12 деталей, то условно можно считать, что на одну деталь затрачивается время

$$\begin{aligned} T_o &= t_e \cdot 60/n_d, \\ T_o &= 5 \cdot 60/12 = 25,0 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (\text{Н.17})$$

Вспомогательное время T_e , мин, связанное с установкой и снятием деталей, определяется по таблице 76 [16]: $T_e = 5,9$ мин.

Оперативное время T_{on} , мин, операции определяется по формуле

$$T_{on} = T_o + T_v, \quad (\text{Н.18})$$

$$T_{on} = 20,0 + 5,9 = 25,9 \text{ мин.}$$

Время $T_{отд}$, мин, на отдых и личные надобности принимаем в размере 4 % от оперативного

$$T_{отд.} = 0,04 T_{on.} = 0,04 \cdot 25,9 = 1,0 \text{ мин.}$$

Время $T_{обсл}$, мин, на обслуживание рабочего места определяем по таблице 86 [16]

$$T_{обсл.} = 0,38 \text{ мин.}$$

Штучное время $T_{шт}$, мин, операции 015 определяем по формуле (Н.15)

$$T_{шт.} = T_{on.} + T_{обсл.} + T_{отд.},$$

$$T_{шт.} = 25,9 + 1,7 + 1,0 = 27,6 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время $T_{шт.к.}$, мин, вычисляется по формуле (Н.16).

Время $T_{пз.}$, мин, определяется по карте 90, лист 1 [16]: $T_{пз.} = 28$ мин, количество деталей в партии принимается равным $n = 100$ шт. Тогда штучно-калькуляционное время для операции по формуле (Н.16) будет

$$T_{шт.к.} = 27,6 + \frac{28}{100} = 27,88 \text{ мин.}$$

Н.3 Проектирование участка

Н.3.1 Назначение участка

Проектируемый участок предназначен для изготовления и упрочнения одной из основных деталей штампа УК1701-4055 – матрицы.

Н.3.2 Исходные данные

Годовой объём ремонтных работ $N_T=1\ 000$ шт./г.

Трудоёмкость обработки детали на всех операциях

$$T_{шт.015} = 22,57 \text{ мин}, T_{шт.020} = 22,0 \text{ мин}, T_{шт.025} + T_{шт.030} = 24,0 + 24,0 = 48,0 \text{ мин}, \\ T_{шт.035} = 40,2 \text{ мин}, T_{шт.040} = 17,2 \text{ мин}, T_{шт.045} = 39,35 \text{ мин}, T_{шт.050} = 5,12 \text{ мин}.$$

Н.3.3 Режим работы и фонд рабочего времени

Работа на участке планируется в одну смену при восьмичасовом рабочем дне и 40-часовой рабочей неделе.

Номинальный годовой фонд рабочего времени оборудования Φ_H , ч, рассчитываем по формуле

$$\Phi_H = (d_k - d_e - d_n)t_{см} - (d_{вн} + d_{пн})t, \quad (\text{Н.19})$$

где $d_k = 365$, $d_e = 104$, $d_n = 8$ – соответственно количество дней в году, количество выходных и праздничных дней.

Выполняем вычисления

$$\Phi_H = (365 - 104 - 8)8 - (8 + 4)1 = 2\ 012 \text{ ч}.$$

Действительный годовой фонд рабочего времени оборудования Φ_{∂} , ч., находим по формуле

$$\Phi_{\partial} = \Phi_H K_{p.m}, \quad (\text{H.20})$$

где $K_{p.m} = 0,91$ – коэффициент использования рабочего времени оборудования.

$$\Phi_{\partial} = 2\,012 \cdot 0,91 = 1\,820 \text{ ч.}$$

Н.3.4 Расчёт необходимого количества оборудования

Количество единиц оборудования $C_{расч}$, шт., для каждой операции рассчитываем по формуле

$$C_{расч} = \frac{T_{шт} \cdot N_{дет}}{\Phi_{\partial} \cdot 60}, \quad (\text{H.21})$$

где $T_{шт}$ – трудоёмкость (штучное время) обработки одной детали на данной операции, мин.,

$N_{дет}$ – годовой объём выпуска деталей с учётом брака на технологические наладки, шт.

Величину $N_{дет}$, шт., рассчитываем по формуле

$$N_{дет} = N_{г} \cdot 100 / (100 - P_{бр}), \quad (\text{H.22})$$

где $P_{бр} = 3\%$ – процент брака на технологические наладки.

$$N_{дет} = 1\,000 \cdot 100 / (100 - 3) = 1\,031 \text{ шт.}$$

В соответствии с разработанным технологическим процессом изготовления матрицы определяем по формуле (H.21):

1) количество вертикально-фрезерных станков 6Р10 при $T_{шт.015} = 22,57$ мин

$$C_{расч} = \frac{22,57 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,21,$$

принимается один станок;

2) количество радиально-сверлильных станков мод. 2М555 при

$$T_{шт.020} = 75,56 \text{ мин}$$

$$C_{расч.п} = \frac{22,0 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,21,$$

принимается один радиально-сверлильный станок;

3) количество вертикально-фрезерных станков 6Р11Ф3-1 при

$$T_{шт.025} + T_{шт.030} = 48,0 \text{ мин}$$

$$C_{расч} = \frac{48,0 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,45,$$

принимается один вертикально-фрезерный станок;

4) количество камерных печей при $T_{шт.з} = 12,6$ мин

$$C_{расч} = \frac{12,6 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,12,$$

принимается одна камерная печь;

5) количество ванн для борирования при $T_{шт.б} = 27,6$ мин

$$C_{расч} = \frac{27,6 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,26,$$

принимается одна ванна;

6) количество плоскошлифовальных станков 3Е710А при $T_{шт.040} = 17,1$ мин

$$C_{расч.п} = \frac{17,1 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,16,$$

принимается один плоскошлифовальный станок.

7) количество координатно-шлифовальных станков 6Р11Ф3-1 при

$$T_{шт.045} = 39,35 \text{ мин}$$

$$C_{расч.п} = \frac{39,35 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,37,$$

принимается один координатно-шлифовальный станок;

8) количество контрольно-дефектовочных стендов при $T_{шт.050} = 5,12$ мин.

$$C_{расч.н} = \frac{5,12 \cdot 1031}{1820 \cdot 60} = 0,04,$$

принимается один контрольно-дефектовочный стенд.

Наряду с основным оборудованием на проектируемом участке учитываем также вспомогательное оборудование в составе:

- 1) заточной станок (для заточки режущего инструмента) – 1 шт.
- 2) верстак слесарный (для дефектовки и контроля) – 2 шт.
- 3) стеллаж (для заготовок и готовых деталей) – 6 шт.

Результаты выполненного расчёта и подбора необходимого оборудования для оснащения проектируемого участка сводим в таблицу Н.9.

Таблица Н.9 – Перечень основного и вспомогательного оборудования

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	К-во, шт.
Вертикально-фрезерный станок 6P10	3,0	2 000x1 125	1
Радиально-сверлильный станок 2M555	5,5	2 665x1 020	1
Вертикально-фрезерный станок 6P11Ф3-1	5,5	4 000x2 000	1
Камерная печь	7,5	2 505x1 190	1
Выпрямитель ВАКР-500	31,5	770x600	1
Ванна для борирования	–	1 000x 1500	1
Плоскошлифовальный станок 3E710A	4	2 560x1 980	1
Координатно-шлифовальный станок	4,5	2 440x2 195	1
Заточной станок	1,5	970x660	1
Верстак слесарный	–	1 500x1 200	2
Стеллаж для деталей	–	2 000x600	6

Н.3.5 Структура и штат участка

Состав рабочих, занятых на проектируемом участке, устанавливаем исходя из необходимости обеспечения нормального выполнения технологического процесса восстановления вала.

Численность основных производственных рабочих на участке определяем по составу основного технологического оборудования

$$R_{осн} = R_{ф} + R_c + R_T + R_{ш} + R_k, \quad (Н.23)$$

где $R_{ф} = 1 + 1 = 2$ чел. – количество фрезеровщиков;

$R_c = 1$ чел. – количество сверловщиков;

$R_T = 1$ чел. – количество термистов;

$R_{ш} = 1 + 1 = 2$ чел. – количество шлифовщиков;

$R_k = 1$ чел. – количество контролёров.

Производим вычисления

$$R_{осн} = 2 + 1 + 1 + 2 + 1 = 7 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих принимаем в пределах от 14 % до 17 % от численности основных производственных рабочих

$$R_{всп} = 7 \cdot 0,17 = 1,19 = 1 \text{ чел.}$$

Всего работающих на участке 8 чел.

Н.3.6 Расчёт производственной и вспомогательной площади участка

К основной (производственной) площади участка относятся площади, занятые технологическим оборудованием (станки, верстаки, ГПН и т.п.).

К вспомогательной площади относятся площади, занятые дополнительным оборудованием.

Основную площадь проектируемого участка $F_{уч.}$, м², рассчитываем по формуле

$$F_{уч} = F_{об} K, \quad (Н.24)$$

где $F_{об}$ – площадь, занятая оборудованием;

$K = 3,5–4,0$ – коэффициент, зависящий от вида выполняемых работ на участке.

Используя данные таблицы Н.9, вычисляем

$$F_{об} = 2,0 \cdot 1,125 + 2,665 \cdot 1,02 + 4,0 \cdot 2,0 + 2,505 \cdot 1,19 + 0,77 \cdot 0,60 + 1,00 \cdot 1,50 + 2,56 \cdot 1,98 + 0,97 \cdot 0,66 + 2,44 \cdot 2,195 + 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2 + 2,0 \cdot 0,6 \cdot 6 = 36,77 \text{ м}^2$$

Выполняем вычисления по формуле (Н.24)

$$F_{уч} = 36,77 \cdot 3,5 = 128,7 \text{ м}^2.$$

Вспомогательные площади составляют от 3 % до 7 % от занимаемой площади

$$F_{всп} = 128,7 \cdot 0,03 = 3,8 \text{ м}^2.$$

Площадь административно-бытовых помещений (учитывается в площади всего производственного корпуса) принимаем в размере 3,5 м² на одного человека

$$F_k = 3,5 \cdot 3 = 10,5 \text{ м}^2.$$

Общая площадь всего участка $F_{об}$, м², рассчитывается по формуле

$$F_{об} = F_{уч} + F_{всп}, \quad (\text{Н.25})$$

$$F_{об} = 128,7 + 3,8 = 132,5 \text{ м}^2.$$

Н.3.7 Складские помещения

Хранение запасов необходимых материалов предусматривается в общецеховых складах, а сменный запас – на стеллажах, расположенных на участке.

Также на стеллажах размещаются заготовки, детали, ожидающие следующую операцию, и готовые детали. Поэтому на проектируемом участке площадь под складские помещения не отводится.

Н.3.8 Размещение оборудования и планировка участка

Оборудование на участке располагаем в соответствии с разработанным технологическим процессом изготовления матрицы: в начале участка установлен вер-

тикально-фрезерный станок 6P10 (поз.1 на рисунке Н.2) и рядом с ним стеллаж (поз.11) для необработанных и обработанных заготовок.

Далее располагается радиально-сверлильный станок 2M555 (поз.2 на рисунке Н.2), а затем вертикально-фрезерный станок с числовым программным управлением 6P11Ф3-1 (поз.3), на котором выполняются две операции по предварительной обработке фигурных отверстий в матрице. Следующая операция – термическая, она выполняется в специальном отделении участка, где установлена камерная печь (поз.6 на рисунке Н.2) и ванна (поз.12) с охлаждающей жидкостью. После закалки детали отправляются на борирование, которое производится в ванне (поз.8). Постоянный ток в ванну подводится от выпрямителя (поз.7). Окончательная обработка матрицы выполняется на станках шлифовальной группы.

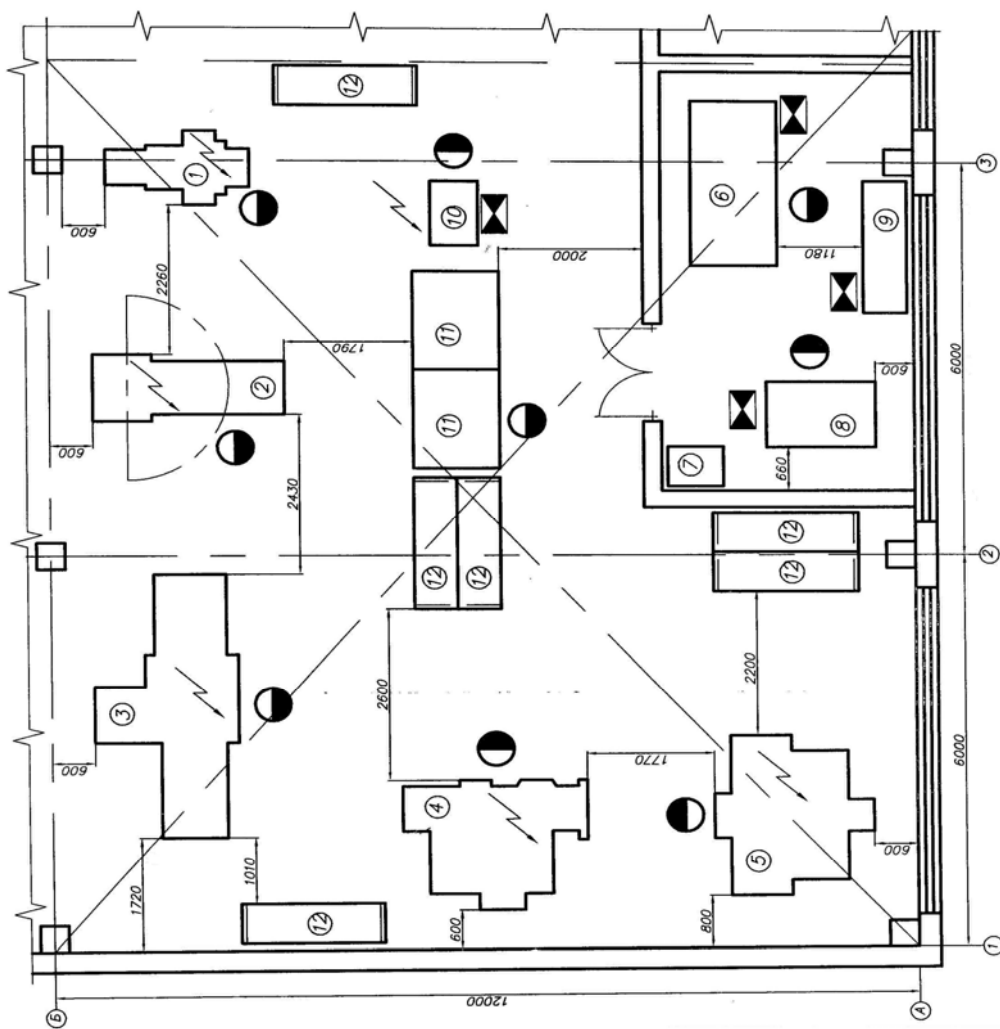
На плоскошлифовальном станке 3E710A (поз. 4) выполняется шлифование в окончательный размер верхней и нижней опорной поверхностей матрицы, а на координатно-шлифовальном станке 2E440A (поз. 5) окончательно шлифуются рабочие отверстия матрицы и режущая кромка отрезной части матрицы.

Проверка готовых деталей на их соответствие чертёжным размерам производится на контрольном стенде, установленном на верстаке (поз. 10). После проведения контрольного осмотра готовые матрицы укладываются на стеллажи для готовых деталей.

На заточном станке (поз.9) производится заточка режущего инструмента и выполняются другие вспомогательные работы.

С учётом размещения оборудования на плане (см. рисунок Н.2) и уточнения его расположения общая площадь проектируемого участка составила 162,0 м².

План на отметке 0.00



Условные обозначения



— вентиляция общеобменная



— местный отсос

Экспликация оборудования

Поз.	Наименование	Мощность кВт	Габаритные размеры, мм	Кол.
1	Вертикально-фрезерный станок ВР-10	3,0	2000х1125	1
2	Радиально-сверлильный станок 2М155	5,5	1665х1020	1
3	Вертикально-фрезерный станок ВР11ФЗ-1	5,5	4000х2000	1
4	Плоскошлифовальный станок ЗЕ710А	4,0	4000х2000	1
5	Координатно-шлифовальный станок ЗЕ440А	4,5	2440х2195	1
6	Камерная печь	7,5	2505х1190	1
7	Выпрямитель ВТ-500	31,5	770х600	1
8	Ванна для оброзования	—	1000х1500	1
9	Ванна для закали	—	2000х600	1
10	Запальной станок	1,5	970х660	1
11	Верстак слесарный	—	1500х1200	2
12	Стеллаж	—	1500х1200	6

ОГУ 150205.65.1216.01 Д5	
Исполн.	Провер.
Дис.	Лист
Ч. лист	Лист
Уч. лист	Лист
Итого	Листов
Планировка участка	
АКИ, 12ТПИ	

Рисунок Н.2 — Планировка

Приложение II *(справочное)*

Пример разработки станочного приспособления

II. Конструкторская часть. Разработка приспособления

II.1 Описание устройства и работы приспособления

В данной части дипломного проекта было разработано приспособление для операции 020. Разработанное приспособление представляет собой скальчатый кондуктор консольного типа с пневматическим приводом. С помощью этого приспособления производится окончательное сверление и зенкерование отверстий под крепёжные винты, отверстий для центрующих штифтов (с припуском под шлифование), сверление и нарезание резьбы М10 в трёх отверстиях для болтов крепления упоров, шести угловых отверстий диаметром 4 мм, предварительное сверление пяти отверстий, облегчающих последующее фрезерование формообразующих отверстий: диаметром 13; 12,6 и 3,8 мм.

Чертёж общего вида разработанного приспособления приведён на демонстрационном листе графической части проекта. Уменьшенный формат ксерокопии этого чертежа приведён на рисунке II.1. В соответствии с данным рисунком в станине 1 во втулках 4 свободно перемещаются две скалки 3, которые в своей верхней части жёстко закреплены в постоянной кондукторной плите 2.

Подъём и опускание плиты 2 осуществляется пневмоцилиндром двустороннего действия, собранным в нижней части станины 1. Он состоит из поршня 6 с манжетами 38, штока 5, направляющих втулок 7, 8 и крышки 9. Верхняя часть штока 5 связана с плитой 2. Подвод сжатого воздуха к пневмоцилиндру и смена направления его потока выполняется через распределительный кран 43.

На нижней поверхности плиты 2 с прямоугольной выемкой установлена сменная кондукторная плита 11 с постоянными (поз. 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25) и быстросменными (поз.18, 22) кондукторными втулками.

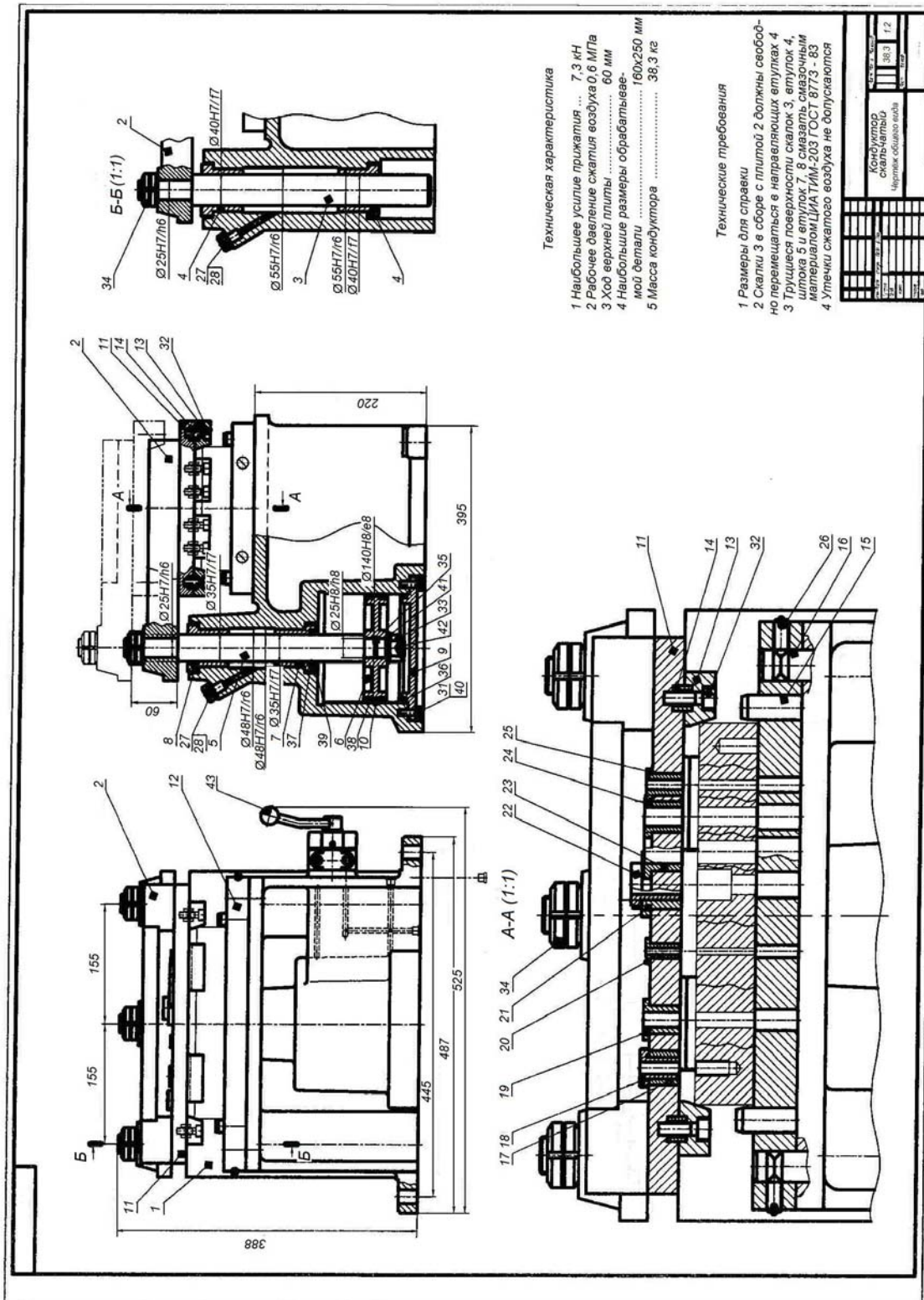


Рисунок П.1 – Общий вид станочного приспособления

Применение быстросменных втулок 18, 22 необходимо для обработки одного отверстия различным режущим инструментом (сверлом, а затем зенкером или метчиком). К сменной кондукторной плите 11 винтами 32 прикреплены призмы 13, которые при опускании кондукторных плит 2 и 11 производят ориентацию и зажим обрабатываемой детали.

На столе станины 1 и установочных пальцах 16 закреплена нижняя кондукторная плита 12. В ней выполнены отверстия для выхода режущего инструмента и установлены пальцы 16 для предварительной ориентации детали.

В операции 020 предлагаемый кондуктор используется следующим образом. Он жёстко закрепляется на столе вертикально-сверлильного станка, а распределительный кран 43 подключается к магистрали сжатого воздуха. На шпиндель станка устанавливается шестишпindelная револьверная головка.

При установке детали плита 2 с помощью пневмоцилиндра переводится в крайнее верхнее положение и обрабатываемая заготовка укладывается между пальцами 15 на нижней кондукторной плите 12. После этого краном 43 сжатый воздух подаётся в штоковую полость пневмоцилиндра, в результате чего верхние плиты 2 и 11 опускаются вниз. При воздействии наклонных поверхностей призм 13 на боковые грани заготовки сначала выполняется её точное ориентирование относительно верхней кондукторной плиты 11, а затем – прижим к нижней плите 12.

После установки заготовки в кондуктор включается главный электродвигатель станка и соответствующим для данного перехода режущим инструментом выполняется обработка отверстий. При последовательной обработке одного отверстия различным режущим инструментом из верхней кондукторной плиты после первых ходов извлекаются быстросменные втулки 18 и 22, которые в начале обработки следующей заготовки устанавливаются на прежние места.

При завершении операции главный электродвигатель станка останавливается, поворотом рукоятки крана 43 сжатый воздух подаётся в поршневую полость пневмоцилиндра, кондукторные плиты 2 и 11 перемещаются в крайнее верхнее положение, обработанная заготовка освобождается и может быть извлечена из кондуктора.

П.2 Определение основных параметров

Величина осевого усилия на штоке P , Н, определяется по формуле [8, с. 79]

$$P = (\pi/4)(D^2 - d^2)p\eta, \quad (\text{П.1})$$

где D – диаметр пневмоцилиндра (поршня), м;

d – диаметр штока, м;

p – давление сжатого воздуха, Па;

η – к.п.д., учитывающий потери в пневмоцилиндре.

В данном случае $D = 0,14$ м, $d = 0,035$ м, $p = 0,6$ МПа. Примем $\eta = 0,85$ (по рекомендациям на [с. 79]) и по формуле (П.1) находим

$$P = (\pi/4)(0,14^2 - 0,035^2) \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,85 = 7\,356,4 \text{ Н} \approx 7,36 \text{ кН.}$$

Общее время срабатывания t_c , с, пневмоцилиндра определяется по формуле [8, с. 80]

$$t_c = DL/(d_0^2 v), \quad (\text{П.2})$$

где L – длина хода поршня, м;

d_0 – диаметр подводящего трубопровода, м;

v – скорость перемещения воздуха, м/с.

В спроектированном приспособлении $L = 0,06$ м, диаметр подводящего трубопровода $d_0 = 0,016$ м. Согласно рекомендациям на [с. 80] скорость перемещения воздуха $v = 180$ м/с при $p = 0,6$ МПа. По формуле (П.2) общее время срабатывания t_c , с, пневмоцилиндра при выбранных числовых значениях будет:

$$t_c = 0,14 \cdot 0,06 / (0,016^2 \cdot 180) = 0,18 \text{ с.}$$

Расход сжатого воздуха W , м³/ч, за час работы пневмоцилиндра вычисляют по формуле [8, с. 81]

$$W = (V + V_l) n, \quad (\text{П.3})$$

где V – рабочий объём полости пневмоцилиндра в бесштоковой полости, м³;

V_1 – рабочий объём полости пневмоцилиндра в штоковой полости, м³;

n – число рабочих ходов поршня пневмоцилиндра в час.

Рабочий объём V , м³, вычисляется по формуле

$$V = (\pi D^2/4)H, \quad (\text{П.4})$$

где $H = 0,075$ м – высота бесштоковой рабочей полости пневмоцилиндра (по чертежу приспособления), м.

$$V = (\pi \cdot 0,14^2/4) \cdot 0,075 = 0,00115 \text{ м}^3$$

Рабочий объём V_1 , м³, вычисляется по формуле

$$V_1 = (\pi D^2/4)H_1, \quad (\text{П.5})$$

где $H_1 = 0,060$ м – высота штоковой рабочей полости пневмоцилиндра (по чертежу приспособления), м.

$$V_1 = (\pi \cdot 0,14^2/4) \cdot 0,060 = 0,0009 \text{ м}^3.$$

Число рабочих ходов пневмоцилиндра n в час определяется исходя из заданного годового объёма выпуска деталей $N_{\text{вып}} = 1\,000$ шт./г., числа рабочих дней в году $F_{\text{ном.дн}} = 284$ и продолжительности рабочей смены $t_{\text{см}} = 8,2$ ч

$$n = N_{\text{вып}} / (F_{\text{ном.дн}} t_{\text{см}}), \quad (\text{П.6})$$

$$n = 1\,000 / (284 \cdot 8,2) = 0,43 \text{ шт./ч.}$$

По формуле (П.3) расход сжатого воздуха W , м³/ч, составит

$$W = (0,00115 + 0,0009) \cdot 0,43 = 0,00088 \text{ м}^3/\text{ч.}$$