

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Конспект лекций для студентов направления подготовки
151000 Технологические машины и оборудование

В.В.Зрюкин, Н.А. Можин

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

А) Основная литература

1. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Под общей ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 564 с.: ил.

2. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т. 2. Производство машин: учебник для вузов / Под общей ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 640 с.: ил.

3. Технология машиностроения [Текст]: учебник для вузов / Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 526 с.: ил.

4. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.: ил.

5. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.: ил.

Б) Дополнительная литература

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов [Текст]. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.: ил.

2. Зуев, А.А. Технология машиностроения: учебник для вузов [Текст]. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – 496 с.: ил.

3. Егоров, М.Е. Технология машиностроения [Текст]: учебник для вузов / М.Е. Егоров, В.И. Дементьев, В.Л. Дмитриев. – М.: Высшая школа, 1976. – 536 с.: ил.

4. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения [Текст]: научная монография / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.: ил.

5. Вяткин, Б.А. Расчёт припусков и межпереходных размеров: учебное пособие [Текст] / Б.А. Вяткин, В.В. Зрюкин, Н.А. Можин. – Иваново: ИГТА, 2003. – 204 с.: ил.

6. Вяткин, Б.А. Расчёт и проектирование станочных приспособлений: учебное пособие [Текст] / Б.А. Вяткин, В.В. Зрюкин, Н.А. Можин. – Иваново: ИГТА, 2005. – 192 с.: ил.

7. Зрюкин, В.В. Сборник лабораторных работ по технологии машиностроения [Текст]: учебное пособие / В.В. Зрюкин, Н.А. Можин. – Иваново: ИГТА, 2008. – 112 с.: ил.

8. Зрюкин, В.В. Точность механической обработки [Текст]: методические указания по курсу «Технология машиностроения» для студентов заочного факультета. – Иваново: ИвТИ, 1973. – 64 с.: ил.

9. Зрюкин, В.В. Размерные цепи [Текст]: учебное пособие. – Иваново: ИХТИ, 1985. – 80 с.: ил.

10. Зрюкин, В.В. Проектирование технологических процессов сборки изделий в машиностроении [Текст]. – Иваново: ИвТИ, 1973. – 44 с.: ил.

11. Можин, Н.А. Оформление технологической документации и технологических наладок / Н.А. Можин, Д.А. Бекташов. – Иваново: ИГТА, 2011. – 64 с.

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения – это научная дисциплина, изучающая закономерности протекания технологических процессов на конечных этапах производства машин, а именно: в механической обработке деталей и сборке машин, а также пути использования этих закономерностей для обеспечения требуемого качества машин и наименьшей себестоимости их.

В технологии машиностроения комплексно изучаются вопросы взаимодействия станка, установочного приспособления, рабочего инструмента и обрабатываемой заготовки, а также пути построения рациональных технологических процессов механической обработки деталей и сборки машин.

Технология машиностроения как самостоятельная отрасль науки прошла в своём развитии за сравнительно короткий период времени путь от простой систематизации и описания производственного опыта механической обработки деталей и сборки машин до создания научно обоснованных методик, разработанных на базе теоретических и экспериментальных исследований и обобщения передового производственного опыта машиностроительных предприятий.

Научная дисциплина «Технология машиностроения» создана российскими учёными: профессорами В.М. Кованом, А.Б. Яхиным, Б.С. Балакшиным, А.П. Соколовским, А.И. Кашириным, М.Е. Егоровым, В.С. Корсаковым и другими.

Начало формирования этой дисциплины относится к 30-м годам 20-го века, когда в учебные планы советских вузов впервые были включены новые научные дисциплины «Технология автомобилестроения», «Технология тракторостроения» (1930 год), «Технология самолётостроения» (1931 год) и другие подобные дисциплины.

Первым фундаментальным научным трудом в области технологии машиностроения была книга В.М. Кована «Технология автотракторостроения» (1938 год).

Текстильное машиностроение имеет свои специфические особенности по сравнению с другими отраслями машиностроения:

1) очень большое конструктивное разнообразие текстильных машин;

2) сравнительно высокая сложность конструкций многих текстильных машин (по кинематической сложности текстильное оборудование занимает 2-е место после полиграфического, а автоматические станочные линии и агрегатные станки – только 5-е место);

3) наличие большого количества нежёстких и специфических деталей;

4) большая номенклатура выпускаемой продукции и мелкосерийный характер производства большинства текстильных маш

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Производственный и технологический процессы в машиностроении

1.1.1. Производственный процесс и его структура

Производственный процесс (по ГОСТ 14.004-83) представляет собой совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции.

Производственный процесс включает в себя следующие этапы:

1) подготовка производства,

2) материально-техническое обеспечение производства,

- 3) изготовление деталей,
- 4) сборка узлов и изделий в целом,
- 5) испытание готовых изделий и их упаковка,
- 6) другие действия, связанные с изготовлением выпускаемых предприятием изделий (окраска, консервация и т.п.).

Подготовка производства, в свою очередь, включает в себя следующие этапы:

- 1) разработка технической документации на изделие (чертежей общих видов, сборочных чертежей, рабочих чертежей, технических условий, спецификаций и т.п.);

- 2) проектирование и изготовление технологической оснастки (установочных приспособлений, рабочих инструментов, вспомогательных инструментов, измерительных инструментов и приспособлений);

- 3) подготовка и наладка средств технологического оснащения (технологического оборудования и технологической оснастки);

- 4) организация обслуживания рабочих мест.

Материально-техническое обеспечение производства включает в себя получение, контроль, хранение и транспортировку материалов и заготовок, используемых для изготовления изделия.

1.1.2. Технологический процесс и его структура

Технологический процесс (по ГОСТ 3.1109-82) – 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.

Согласно ГОСТ 3.1109-82 технологический процесс делится на следующие составные элементы: технологические операции, установы,

технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные хода, позиции и приёмы.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Рабочее место (по ГОСТ 14.004-83) – это элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, а также на ограниченное время оснастка и предметы труда.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

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

Вспомогательный переход – это законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предмета труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Примерами вспомогательных переходов являются установка и закрепление заготовки, смена инструмента и т.д.

Рабочий ход – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

В технологической документации рабочий ход называют проходом.

Вспомогательный ход – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закреплённой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определённой части операции.

Приём – это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединённых одним целевым назначением.

Примерами приёмов являются: взять заготовку, установить заготовку в приспособление, закрепить заготовку, подвести режущий инструмент к заготовке, включить станок и т.д.

1.2. Типы производства в машиностроении

Тип производства (по ГОСТ 14.004-83) – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска продукции.

В машиностроении различают 3 типа производства: единичное, серийное, массовое.

Единичное производство – это производство, характеризующееся малым объёмом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается.

В единичном производстве изделия изготавливают по специальным заказам, в которых заказчики имеют право оговаривать определённые требования к изделию.

Серийное производство – это производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями.

Массовое производство – это производство, характеризуемое большим объёмом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о.}$.

Коэффициентом закрепления операций (по ГОСТ 14.004-83) называется отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ определяется по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

где O – число различных операций,

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

Для массового производства принимают коэффициент закрепления операций $K_{з.о.} = 1$.

Серийное производство в зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$ разделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Примечание. Термин «партия» обычно применяют при обработке деталей, а термин «серия» - при сборке изделий.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 и ГОСТ 14.004-83 коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ принимают равным:

для крупносерийного производства – свыше 1 до 10 включительно;

для среднесерийного производства – свыше 10 до 20 включительно;

для мелкосерийного производства – свыше 20 до 40 включительно.

При единичном производстве коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ не регламентируется.

Главным отличительным признаком единичного производства является выполнение на рабочих местах разнообразных операций без их периодического повторения.

Другими характерными признаками единичного производства являются:

1) оснащённость универсальным технологическим оборудованием, позволяющим выполнять разнообразные задания;

2) расположение технологического оборудования в цехах – по типам оборудования;

3) использование высококвалифицированной рабочей силы;

4) использование, в основном, универсальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов;

5) получение исходных заготовок упрощёнными методами (литьё в разовые земляные формы, свободнаяковка, стандартный прокат);

6) сборка изделий с большим объёмом пригоночных работ, что приводит к повышению трудоёмкости сборки до 50 ÷ 60 % от общей трудоёмкости изготовления изделия;

7) технологические процессы разрабатываются, в основном, укрупнено, а тщательно – только для наиболее крупных и ответственных изделий.

Главным отличительным признаком серийного производства является выполнение на большинстве рабочих мест по несколько периодически повторяющихся операций.

Другими характерными признаками серийного производства являются:

1) оснащённость как универсальным, так и специальным, технологическим оборудованием (универсального оборудования – меньше, чем в единичном производстве, а специального оборудования – меньше, чем в массовом производстве);

2) расположение технологического оборудования в цехах – обычно по группам обрабатываемых деталей;

3) использование рабочей силы более низкой квалификации, чем в единичном производстве, но более высокой квалификации, чем в массовом производстве;

4) использование как универсальных, так и специальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов;

5) получение исходных заготовок более совершенными методами, чем в единичном производстве, но менее совершенными и производительными, чем в массовом производстве;

6) сборка изделий выполняется с небольшим объёмом пригоночных работ, что приводит к снижению трудоёмкости сборки до 30 ÷ 50 % от общей трудоёмкости изготовления изделия;

7) технологические процессы разрабатываются более подробно и тщательно, чем в единичном производстве, но менее подробно и тщательно, чем в массовом производстве.

Главным отличительным признаком массового производства является выполнение на большинстве рабочих мест только одной закреплённой за ними постоянно повторяющейся операции.

Другими характерными признаками массового производства являются:

1) оснащённость преимущественно специальным высокопроизводительным технологическим оборудованием и в меньшей степени – универсальным оборудованием;

2) расположение технологического оборудования в цехах – по ходу технологического процесса (по поточному принципу);

3) использование рабочей силы низкой квалификации;

4) использование специальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов, позволяющих значительно повысить производительность труда;

5) получение исходных заготовок прогрессивными высокопроизводительными методами (литьё в кокиль, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, литьё под давлением, штамповка и т.д.);

6) сборка изделий выполняется по методу полной взаимозаменяемости без пригоночных работ, что приводит к снижению трудоёмкости сборки до 20 ÷ 30 % от общей трудоёмкости изготовления изделия;

7) технологические процессы разрабатываются подробно и тщательно.

В условиях массового производства обычно изготавливаются стандартные изделия, предназначенные для большого количества потребителей.

Деление на 3 типа производства – весьма условное. Можно говорить лишь о преобладании того или иного типа производства на данном предприятии.

Раздел 2. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ

2.1. Методы установки заготовок на станках

Термины и определения основных понятий, применяемых при установке заготовок и изделий в машиностроении, стандартизованы (ГОСТ 21495-76*).

Установкой называется базирование и закрепление заготовки или изделия.

Базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Закреплением называется приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании.

Установка заготовок на станках осуществляется двумя методами:

- 1) установка заготовки с выверкой её положения относительно рабочих элементов станка,
- 2) установка заготовки без выверки её положения относительно рабочих элементов станка.

При установке заготовки с выверкой она устанавливается непосредственно на столе станка или в универсальное станочное приспособление, не обеспечивающее без выверки заготовки высокую точность её положения на станке (машинные тиски, кулачковые патроны, планшайбы без угольников и с угольниками и т.п.).

При установке заготовки без выверки она устанавливается в специальное станочное приспособление, обеспечивающее без выверки заготовки высокую точность её положения на станке.

Специальным станочным приспособлением называется устройство, служащее для осуществления базирования и закрепления заготовки на станке без выверки её положения благодаря наличию опор, зажимов и направляющих частей.

Выверка положения заготовки выполняется двумя способами:

- 1) выверка заготовки непосредственно по обрабатываемой поверхности,
- 2) выверка заготовки по разметочным линиям (рискам), указывающим положение обрабатываемых поверхностей (границы обработки).

При выверке заготовки положение её обрабатываемых поверхностей контролируют с помощью рейсмасов, линеек, уровней, индикаторных устройств, сообщающихся сосудов с жидкостью, оптических устройств и других средств измерения.

Регулирование положения выверяемой заготовки осуществляется путём применения подкладок, установочных винтов, простых и сдвоенных клиньев и другими средствами.

После закрепления заготовки проводят проверку положения заготовки (повторную выверку), так как заготовка может изменить своё положение под действием сил зажима.

Целью разметки является обеспечение необходимых припусков на обработку всех обрабатываемых поверхностей путём указания границ обработки, а также проверка пригодности заготовки для обработки. Разметка заготовок применяется в основном для отливок сложной формы и крупных поковок.

Установка заготовки на станке с выверкой её положения занимает много времени, а точность установки заготовки зависит от квалификации исполнителей, вида применяемого при выверке измерительного инструмента и состояния поверхности, по которой осуществляется проверка положения заготовки. Поэтому квалификация рабочих-станочников здесь должна быть высокой.

Установку заготовок на станках с выверкой применяют в единичном и мелкосерийном производствах, когда по экономическим

соображениям нецелесообразно изготавливать специальные станочные приспособления.

При установке заготовок без выверки в специальные станочные приспособления во много раз сокращается время, затрачиваемое на установку заготовки, и не требуется высокая квалификация от рабочих-станочников, так как устраняется выверка заготовки, а процесс установки заготовки сводится к доведению технологических баз заготовки до соприкосновения с опорами приспособления и к последующему закреплению заготовки с помощью зажимных устройств. Поэтому точность установки заготовки без выверки не зависит от квалификации рабочих-станочников, особенно в станочных приспособлениях с пневматическим и гидравлическим приводом зажима.

2.2. Базы в машиностроении

Термины и определения понятий баз стандартизованы (ГОСТ 21495-76*).

Базой называется поверхность или выполняющие ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Совокупность трёх баз, образующих систему координат заготовки или изделия, называется **комплексом баз** (рис.2.1).

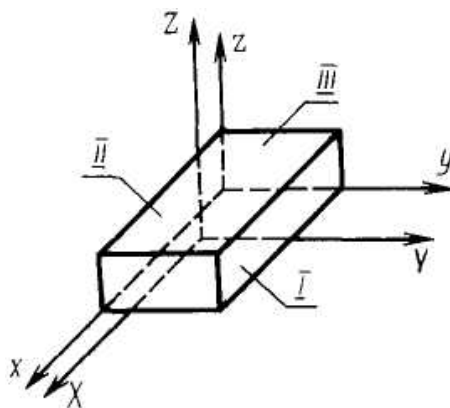


Рис. 2.1. Комплект баз призматической заготовки:
I, II, III – базы заготовки

Базирование необходимо для всех стадий создания изделия: конструирования, изготовления, измерения и при рассмотрении изделия в сборе. Законы базирования являются общими для всех стадий создания изделия.

Базы делятся на виды по 3-м признакам классификации: по назначению, по лишаемым базой степеням свободы и по характеру проявления.

По назначению базы делятся на 3 вида: конструкторские, технологические и измерительные.

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

Технологической базой называется база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

Измерительной базой называется база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

Конструкторские базы, в свою очередь, делятся на 2 вида: основные и вспомогательные.

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

Вспомогательной базой называется конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения **положения присоединяемого к ним изделия**.

По лишаемым базой степеням свободы базы делятся на 5 видов: установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие, двойные опорные.

Установочной базой называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их трёх степеней свободы –

перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей (рис. 2.2).

К установочным базам относятся плоскости, имеющие большую площадь, например, длинные широкие плоскости заготовок призматической формы.

Направляющей базой называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси (рис. 2.2).

К направляющим базам относятся длинные узкие плоскости заготовок призматической формы или близкой к ней формы.

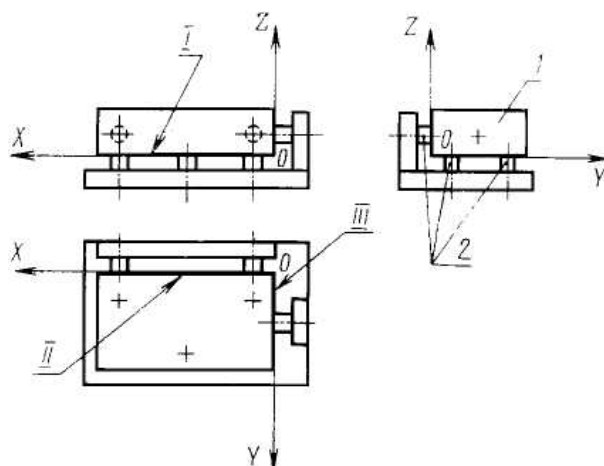


Рис. 2.2. Установочная, направляющая и опорная базы заготовки:
I – установочная база заготовки, лишающая её перемещения вдоль оси Z и поворотов вокруг осей X и Y; II – направляющая база заготовки, лишающая её перемещения вдоль оси Y и поворота вокруг оси Z; III – опорная база заготовки, лишающая её перемещения вдоль оси X; 1 – заготовка; 2 – опоры приспособления

Опорной базой называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси (рис. 2.2).

К опорным базам относятся поверхности с малой площадью контакта с опорами приспособления, например, короткие узкие плоскости заготовок призматической формы.

Двойной направляющей базой называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырёх степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей (рис. 2.3).

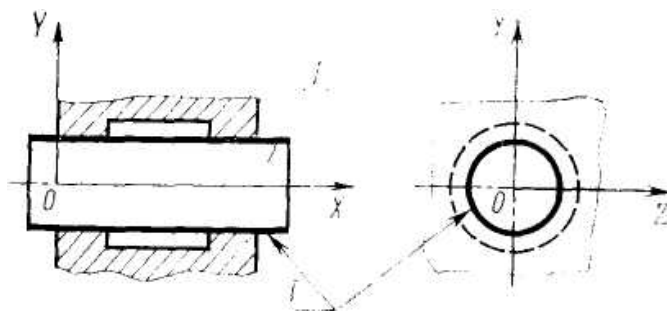


Рис. 2.3. Двойная направляющая база:

I – двойная направляющая база детали, лишаящая её перемещений вдоль осей Y и Z и поворотов вокруг осей Y и Z ; 1 - деталь

К двойным направляющим базам относятся длинные поверхности вращения, например, длинная наружная цилиндрическая поверхность детали типа оси, вала, штока.

Двойной опорной базой называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей (рис. 2.4).

К двойным опорным базам относятся короткие поверхности вращения, например, короткая наружная цилиндрическая поверхность центрирующего выступа детали типа диска.

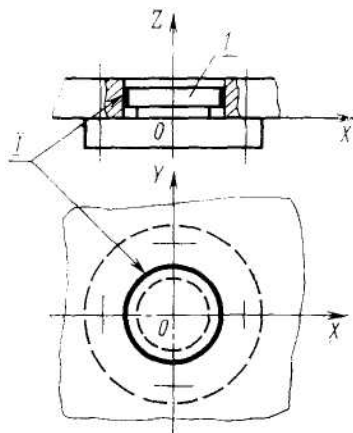


Рис. 2.4. Двойная опорная база:

I – двойная опорная база детали, лишаящая её перемещений вдоль осей X и Y ; 1 - деталь

По характеру проявления базы делятся на два вида: скрытые и явные.

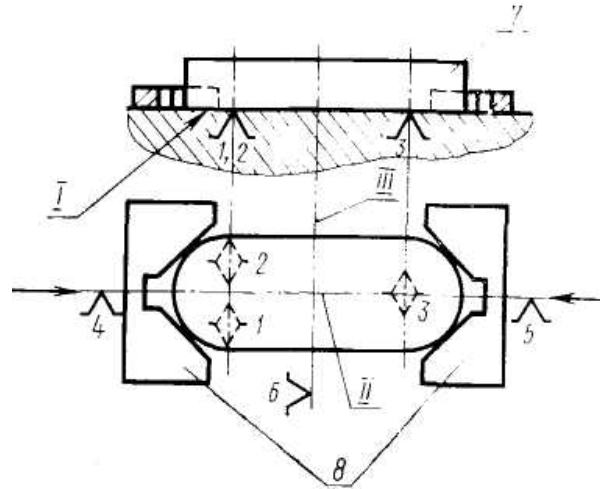


Рис. 2.5. Явные и скрытые базы:

*I – установочная явная база заготовки; II – направляющая скрытая база заготовки;
III – опорная скрытая база заготовки; 1 – 6 – опорные точки; 7 – заготовка;
8 – губки самоцентрирующих тисков*

Скрытой базой называется база в виде воображаемой плоскости, оси или точки (рис. 2.5).

Явной базой называется база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок (рис. 2.5).

При образовании терминов баз признаки должны располагаться в следующей последовательности: по назначению, по лишаемым степеням свободы, по характеру проявления, например: «Основная установочная явная база», «Технологическая направляющая скрытая база», «Измерительная опорная явная база» и т.д.

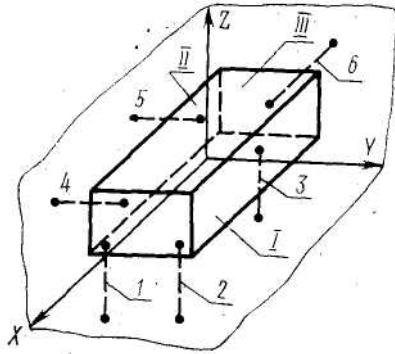
2.3. Теоретические основы базирования заготовок при механической обработке

Обрабатываемая заготовка представляет собой свободное твёрдое тело, которое может занимать в пространстве различные положения.

Из теоретической механики известно, что любое свободное твёрдое тело имеет 6 степеней свободы: 3 прямолинейных перемещения вдоль 3-

х произвольно выбранных взаимно перпендикулярных осей координат и 3 угловых перемещения (вращения) относительно тех же осей.

Для полного определения положения заготовки в пространстве необходимо лишить её всех 6-ти степеней свободы путём соединения 6-ти её точек жёсткими удерживающими связями с 3-мя плоскостями



координат (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Двухсторонние связи заготовки с плоскостями координат:
1 – 6 – двухсторонние связи; I, II, III – базы заготовки

В реальных условиях базирования заготовки на столе станка или в установочном приспособлении жёсткие удерживающие связи заменяются неподвижными опорными точками и прижимными устройствами, обеспечивающими плотное и непрерывное соприкосновение технологических баз заготовки с опорными точками.

Опорной точкой (по ГОСТ 21495-76*) называется точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат.

На схемах базирования заготовок и изделий все опорные точки изображают условными знаками (рис. 2.7) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек (рис. 2.8).



Рис. 2.7. Условное изображение опорных точек:

a – на виде спереди и сбоку, б – на виде сверху

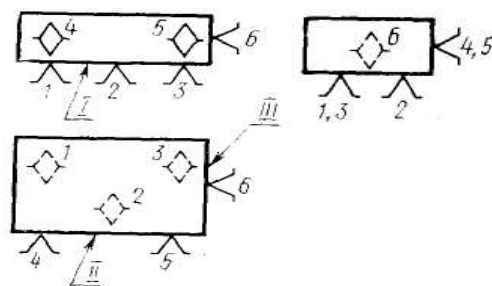


Рис. 2.8. Изображение опорных точек на схеме базирования призматической заготовки:

I, II, III – базы заготовки; 1 – 6 – опорные точки

При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображается одна точка и около неё проставляют номера совмещённых точек.

Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть достаточным для чёткого представления о размещении опорных точек.

При проектировании технологических процессов руководствуются так называемым **правилом шести точек**, согласно которому для полного определения положения заготовки в пространстве (в установочном приспособлении или на столе станка) необходимо и достаточно иметь 6 опорных точек, расположенных в 3-х взаимно перпендикулярных плоскостях.

При числе неподвижных опорных точек свыше 6 заготовка будет опираться не на все опорные точки. Если же в таком случае прижать заготовку ко всем неподвижным опорным точкам, то она будет деформирована.

Для обеспечения устойчивости положения заготовки на станке при её обработке опорные точки располагают достаточно далеко друг от друга.

При базировании призматических заготовок (рис. 2.8) 3 опорные точки располагают на плоскости с наибольшими размерами (установочная база), 2 опорные точки – на длинной узкой плоскости (направляющая база) и 1 опорную точку - на плоскости с наименьшими размерами (опорная база).

При базировании заготовок цилиндрической формы большой длины (типа вала) 4 опорные точки располагают на наружной цилиндрической поверхности (двойная направляющая база), 1 опорную точку – на торце (опорная база), 1 опорную точку – на боковой поверхности шпоночного паза, поперечного отверстия или выреза (опорная база).

При базировании заготовок цилиндрической формы небольшой длины (типа диска) 3 опорные точки располагают на торце (установочная база), 2 опорные точки – на наружной цилиндрической поверхности (двойная опорная база), 1 опорную точку – на боковой поверхности шпоночного паза, поперечного отверстия или выреза (опорная база).

При базировании заготовок корпусных деталей с лапами, в которых имеются крепёжные отверстия малого диаметра (рис. 2.9), 3 опорные точки располагают на подошве лап или базовой плоскости (установочная база), 2 опорные точки – в крепёжном отверстии малого диаметра одной из лап (двойная опорная база), 1 опорную точку – в отверстии малого диаметра другой лапы (опорная база).

При базировании таких заготовок первым отверстием заготовка одевается на цилиндрический установочный палец, а вторым отверстием – на срезанный (ромбический) установочный палец (рис. 2.10).

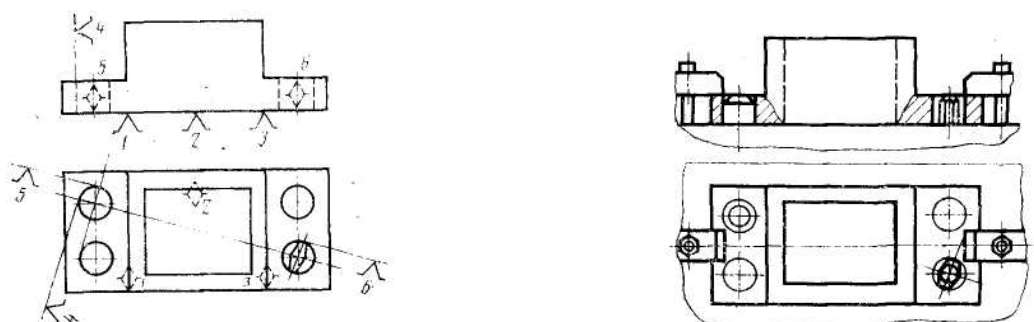


Рис. 2.9. Схема базирования заготовки по плоскости и двум отверстиям в лапах

Рис. 2.10. Схема установки заготовки по плоскости и двум отверстиям в лапах

При базировании заготовок корпусных деталей, имеющих круглый фланец, центрирующий выступ или выточку и крепёжные отверстия малого диаметра во фланце (рис. 2.11), 3 опорные точки располагают на плоскости торца фланца 1 (установочная база), 2 опорные точки – на круглом центрирующем выступе 3 или круглой центрирующей выточке 4 во фланце (двойная опорная база), 1 опорную точку – в отверстии малого диаметра 2 во фланце (опорная база).

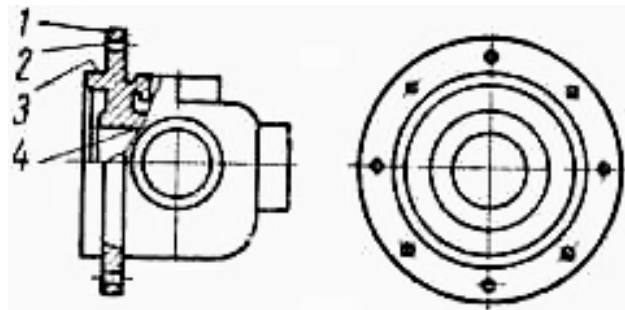


Рис. 2.11. Корпус, имеющий круглый фланец и центрирующий выступ

В реальных условиях базирования опорные точки заменяют опорами, имеющими ограниченную площадь контакта с технологическими базами заготовки (рис. 2.12, 2.13, 2.14).

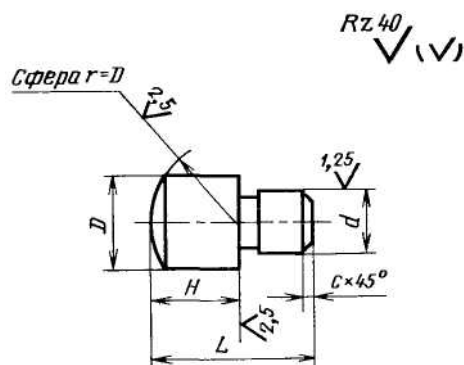


Рис. 2.12. Опоры постоянные со сферической головкой по ГОСТ 13441-68* (* с Изменениями № 1 и 2, утверждёнными в июне 1980 г. и мае 1989 г., – ИУС 9-80 и 8-89)

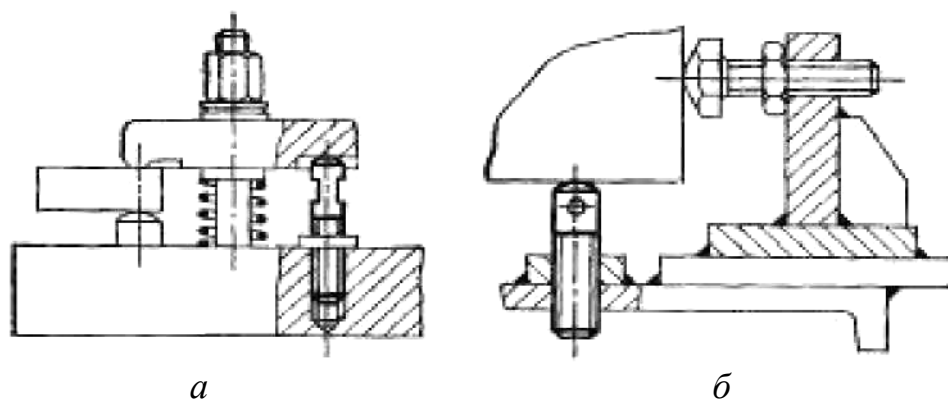


Рис. 2.13. Примеры применения постоянной (а) и регулируемых (б) опор

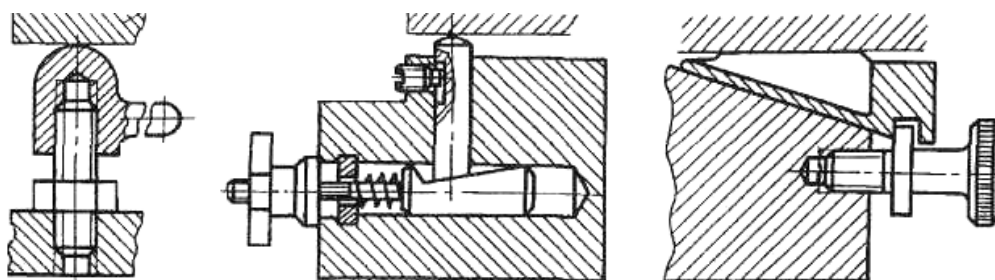


Рис. 2.14. Примеры конструкций и применения подводимых опор

Раздел 3. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

3.1. Понятия точности изделия и точности механической обработки

Под **точностью** в машиностроении понимают степень соответствия производимых изделий их заранее установленному прототипу (например, чертежу) или образцу. Чем больше это соответствие, тем выше точность, и наоборот. Достижение абсолютного соответствия практически невозможно, так как на всех этапах технологического процесса изготовления изделий неизбежны те или иные отклонения от идеальных условий осуществления технологического процесса. Эти отклонения вызывают появление погрешностей размеров деталей, искажений формы поверхностей деталей, погрешностей взаимного расположения поверхностей деталей и самих деталей в собранном изделии, отклонения параметров качества поверхностей деталей и их соединений от заданных параметров, неуравновешенность и другие погрешности собранных изделий.

Точность изготовления изделия в значительной степени определяет его надёжность. Например, зубчатые колёса, изготовленные с невысокой точностью, не могут работать при высоких скоростях вращения, поскольку в этом случае в зубчатой передаче возникают дополнительные ударные нагрузки, вызывающие большой шум и катастрофический износ зубьев зубчатых колёс.

Особое значение точность имеет при автоматизации производства. В условиях автоматизации технологическое оборудование не может работать с высокой производительностью, если не обеспечивается стабильная заранее установленная точность материалов, заготовок, технологического оборудования и технологической оснастки (приспособлений и инструментов).

По мере развития техники и технологии требования к точности изготовления изделий постоянно повышаются.

Погрешности, возникающие на различных этапах технологического процесса изготовления изделия (изготовление заготовок, изготовление деталей, сборка изделий), взаимосвязаны. Поэтому вопросы точности должны решаться комплексно для всего технологического процесса изготовления изделия. Например, повышение точности механической обработки деталей сокращает трудоёмкость сборки изделия и обеспечивает взаимозаменяемость деталей и узлов машин, а снижение трудоёмкости механической обработки деталей зависит от повышения точности изготовления заготовок.

Под **точностью механической обработки детали** понимается степень соответствия обработанной детали требованиям её рабочего чертежа.

Точность механической обработки деталей обычно характеризуется четырьмя основными параметрами:

- 1) точностью размеров детали,
- 2) точностью формы поверхностей детали,
- 3) точностью взаимного расположения поверхностей детали,
- 4) точностью обеспечения заданной шероховатости поверхностей детали.

Точность размеров детали представляет собой степень соответствия полученных после обработки детали её размеров их номинальным величинам, записанным на рабочем чертеже детали. Точность размеров детали ограничивается допусками размеров, указанными на рабочем чертеже детали. Допуск размера характеризуется предельными отклонениями размера от его номинального значения, полем допуска, координатой середины поля допуска и другими числовыми

параметрами. Предельные отклонения размеров деталей устанавливаются соответствующими стандартами.

Точность формы поверхностей детали представляет собой степень соответствия полученных после обработки поверхностей геометрически правильным поверхностям, с которыми они отождествляются. Точность формы поверхностей детали ограничивается предельными отклонениями формы поверхностей (конусность, овальность, огранка, искривление оси – для цилиндрических поверхностей; выпуклость, вогнутость, спиралеобразная скрученность – для плоскостей и другие отклонения). Предельные отклонения формы типовых поверхностей устанавливаются соответствующими стандартами.

Точность взаимного расположения поверхностей детали ограничивается предельными отклонениями взаимного расположения поверхностей (непараллельность, неперпендикулярность, радиальное и торцовое биение, отклонения расстояний от осей отверстий до базовых поверхностей, отклонения расстояний между осями отверстий и т. п.). Предельные значения отклонений взаимного расположения поверхностей деталей устанавливаются соответствующими стандартами.

Шероховатость поверхности представляет собой совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в пределах заданной базовой длины. Для количественной оценки шероховатости поверхности применяются 6 критериев:

- 1) среднее арифметическое отклонение профиля R_a ,
- 2) высота неровностей профиля по 10 точкам R_z ,
- 3) наибольшая высота неровностей профиля R_{max} ,
- 4) средний шаг неровностей S_m ,
- 5) средний шаг неровностей по вершинам S ,
- 6) относительная опорная длина профиля t_p .

Существует определённое соответствие между требованиями точности размеров и требованиями шероховатости поверхностей деталей в зависимости от качества допуска размера и уровня относительной геометрической точности.

Для нормального уровня относительной геометрической точности поверхности *A* параметры её шероховатости должны выбираться из условий:

$$R_a \leq 0,05 IT; \quad (3.1)$$

$$R_z \leq 0,2 IT, \quad (3.2)$$

где *IT* – допуск соответствующего размера.

Для повышенного уровня относительной геометрической точности поверхности *B* параметры её шероховатости должны выбираться из условий:

$$R_a \leq 0,025 IT; \quad (3.3)$$

$$R_z \leq 0,1 IT. \quad (3.4)$$

Для высокого уровня относительной геометрической точности поверхности *C* параметры её шероховатости должны выбираться из условий:

$$R_a \leq 0,012 IT; \quad (3.5)$$

$$R_z \leq 0,05 IT. \quad (3.6)$$

3.2. Технологические методы получения заданных размеров после механической обработки заготовок

Точность размеров заготовки после механической обработки, заданная рабочим чертежам детали, может быть получена четырьмя технологическими методами:

- 1) методом индивидуального получения заданных размеров (методом пробных проходов и промеров),
- 2) методом автоматического получения заданных размеров,

3) методом получения заданных размеров с помощью лимбов станков,

4) методом получения заданных размеров с помощью автоматических подналадчиков.

Методом индивидуального получения заданных размеров называется такой метод обработки заготовок, при котором требуемая точность заданных размеров обеспечивается индивидуальной выверкой каждой заготовки, устанавливаемой на станок, и последовательным приближением к заданному размеру путём снятия стружек пробными проходами с последующими пробными промерами.

Время настройки станка на заданный размер при этом методе получается большим.

Точность обработки заготовок методом индивидуального получения заданных размеров зависит от квалификации рабочего – станочника. Поэтому метод индивидуального получения заданных размеров применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

Методом автоматического получения заданных размеров называется такой метод обработки заготовок, при котором требуемая точность заданных размеров обеспечивается автоматически при однопроходной обработке путём предварительной настройки станка на заданные размеры.

При обработке заготовок методом автоматического получения заданных размеров заготовки устанавливают на станок без выверки в специальные станочные приспособления на заранее выбранные технологические базы, а режущий инструмент и установочное приспособление устанавливают в такое взаимное положение, при котором обеспечивается выдерживание заданного размера с требуемой точностью в партии заготовок при однопроходной обработке. Это положение режущего инструмента и станочного приспособления остаётся неизменным до очередной поднастройки, требующейся в

результате размерного износа режущего инструмента, или новой настройки в связи со сменой затупившегося режущего инструмента.

При достаточно большом размере партии обрабатываемых заготовок метод автоматического получения заданных размеров обеспечивает повышение производительности, так как обработка ведётся за один проход, а затраты времени на предварительную настройку станка раскладываются на большое число заготовок.

Точность обработки заготовок методом автоматического получения заданных размеров зависит от квалификации наладчика, а при ручном закреплении заготовок в станочном приспособлении зависит ещё и от основного рабочего – станочника из-за значительной неравномерности сил ручного зажима (в последнем случае точность обработки заготовок зависит от схемы приложения сил зажима).

Влияние субъективного фактора (квалификация наладчика и основного рабочего) на точность обработки заготовок устраняется применением «мерных» режущих инструментов (свёрл, зенкеров, развёрток, протяжек, фасонных резцов и подобных инструментов), а также применением станочных приспособлений с механизированным приводом зажима, обладающих высокой стабильностью работы (незначительные колебания сил зажима).

Проверка фактической точности обработки заготовок при методе автоматического получения заданных размеров обычно производится выборочно методами статистического контроля, а в отдельных случаях (при высоких требованиях точности) – методом стопроцентного контроля.

Метод автоматического получения заданных размеров применяется в основном в массовом и крупносерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

Метод получения заданных размеров с помощью лимбов станков является частным случаем метода индивидуального получения

заданных размеров, когда число пробных проходов и промеров равно 1 (при высокой точности обработки – 2).

При методе получения заданных размеров с помощью лимбов станков при обработке каждой заготовки режущий инструмент устанавливается в исходное положение по лимбу станка. Нужное деление лимба определяется пробной обработкой первой заготовки. Точность обработки заготовок при этом методе зависит от квалификации рабочего.

Суммарная погрешность выполняемого размера при методе получения заданных размеров с помощью лимбов станков определяется в основном двумя погрешностями:

1) повторяющейся для каждой заготовки погрешностью установки режущего инструмента на заданный размер при пробной обработке (абсолютно точно установить режущий инструмент практически невозможно),

2) погрешностью установки необходимого деления лимба (найденного при пробной обработке) для последующих после пробной заготовок.

Метод получения заданных размеров с помощью лимбов станков применяется в мелкосерийном и среднесерийном производствах.

Метод получения заданных размеров с помощью автоматических подналадчиков является частным случаем метода автоматического получения заданных размеров, когда в станок встраивается автоматический подналадчик, состоящий из измерительного и регулирующего устройств. При выходе выполняемого размера обрабатываемой заготовки за пределы поля допуска на этот размер подналадчик автоматически подналадживает станок на заданный размер.

Метод получения заданных размеров с помощью автоматических подналадчиков является наиболее прогрессивным. Однако повышенная

сложность и стоимость таких станков ограничили его применение условиями автоматизированного производства при достаточно больших масштабах изготовления деталей.

3.3. Методы определения точности обработки

Точность механической обработки определяется тремя методами:

- 1) методом сравнения выбранного процесса с типовыми процессами,
- 2) расчётно-аналитическим методом,
- 3) методом статистических исследований.

Методом сравнения называется такой метод, при котором точность механической обработки определяется путём сравнения выбранного технологического процесса с аналогичным типовым технологическим процессом по таблицам экономической точности.

Экономической точностью механической обработки называется такая точность, которая достигается в нормальных производственных условиях, при нормальной затрате времени и квалификации рабочих, соответствующей характеру выполняемой работы.

Таблицы экономической точности составляют на основании обобщения и анализа результатов наблюдений за отдельными операциями и целыми технологическими процессами механической обработки. Кроме сведений об экономической точности обработки выбранного метода обработки можно получить и сведения о достижимой (возможной) точности для рассматриваемого метода обработки. Таких сведений по точности механической обработки много опубликовано в литературе по технологии машиностроения.

Таблицы экономической точности обработки дают общее представление о пределах точности, которая может быть получена при различных методах обработки, и позволяют быстро ориентироваться при предварительной разработке технологических процессов. Но для

достоверного и обоснованного определения точности спроектированных технологических процессов они не пригодны, так как дают средние, ориентировочные нормы точности, которые в реальных производственных условиях могут иметь отклонения в ту или иную сторону. Кроме того, таблицы, составленные для одних и тех же условий разными авторами, часто противоречивы и рекомендуют разные по величине нормативы.

Расчётно-аналитическим называется такой метод, при котором точность механической обработки определяется на основе аналитических и экспериментальных исследований погрешностей обработки, вызываемых отдельными технологическими факторами, и последующего суммирования этих погрешностей по определённым правилам. Таким путём находится суммарная погрешность обработки.

При расчётно-аналитическом методе определения точности обработки суммирование элементарных погрешностей выполняется двумя принципиально разными способами: способом максимума-минимума и вероятностным способом.

Способом максимума-минимума называется такой способ суммирования элементарных погрешностей, который учитывает только предельные отклонения элементарных погрешностей и самые неблагоприятные их сочетания.

При расчёте суммарной погрешности способом максимума-минимума элементарные погрешности суммируются без учёта характера распределения величин случайных погрешностей и вероятности их взаимного сочетания.

Расчёт суммарной погрешности способом максимума-минимума прост, но значение ω_{Σ} получается завышенным. Даже при большом количестве обрабатываемых заготовок предельные размеры, соответствующие величине суммарной погрешности ω_{Σ} , определённой способом максимума-минимума, будут встречаться очень редко.

Принятие технологического допуска по такой величине суммарной погрешности ω_{Σ} приводит к увеличению припусков на обработку заготовок.

Вероятностным способом называется такой способ суммирования элементарных погрешностей, который учитывает рассеяние величин погрешностей и вероятность различных сочетаний отклонений суммируемых погрешностей.

Вероятностный способ суммирования элементарных погрешностей трудоёмок. Поэтому он применяется в основном при обработке заготовок по методу автоматического получения заданных размеров, а метод максимума-минимума – при обработке заготовок по методу индивидуального получения заданных размеров.

Расчётно-аналитический метод определения точности обработки наиболее прогрессивен. Он позволяет рассчитать точность проектируемой станочной операции или по заданной точности установить наивыгоднейшие условия её выполнения.

Основным недостатком этого метода определения точности обработки является большая трудоёмкость расчётов. Поэтому его применение оправдывается в основном в массовом и крупносерийном производствах, особенно в автоматизированном производстве, а также в тяжёлом машиностроении.

Методом статистических исследований называется такой метод, при котором точность механической обработки определяется путём статистических исследований точности на основе законов математической статистики.

При статистических исследованиях точности обработки производится наблюдение за выполняемым технологическим процессом и фиксируются результаты его выполнения.

После обработки результатов наблюдения за технологическим процессом строятся и изучаются кривые распределения полученных размеров или погрешностей и точечные диаграммы.

3.4. Виды первичных погрешностей механической обработки

При изготовлении деталей машин нас интересует суммарная (общая) погрешность обработки. Действительная величина суммарной погрешности обработки конкретной детали или партии деталей может быть определена только после изготовления деталей путём замера соответствующих размеров и сравнения их с заданными величинами.

Для того, чтобы обеспечить обработку заготовки с заданной точностью, при проектировании технологического процесса механической обработки технолог должен знать первичные (элементарные) погрешности, возникающие под действием различных технологических факторов, и способы уменьшения этих погрешностей.

Задача технолога состоит в том, чтобы для каждого конкретного случая выявить причины (источники) возникновения первичных погрешностей и определить ожидаемые величины первичных и суммарной погрешностей обработки детали.

К первичным погрешностям механической обработки относятся следующие погрешности:

- 1) погрешность установки обрабатываемой заготовки ε ;
- 2) погрешность обработки $\omega_{y\Sigma}$, вызываемая упругими деформациями технологической системы станок – приспособление – обрабатываемая заготовка – режущий инструмент;
- 3) погрешность обработки ω_u , вызываемая износом режущего инструмента;
- 4) погрешность настройки станка на выполняемый размер ω_n ;
- 5) погрешность обработки Δ_{cm} , вызываемая неточностями станка;

6) погрешность обработки $\Delta_{p.u.}$, вызываемая неточностями режущего инструмента;

7) погрешность обработки ω_T , вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

8) погрешность обработки $\Delta_{ост}$, вызываемая остаточными напряжениями в материале заготовки и готовой детали.

Погрешность установки обрабатываемой заготовки ε возникает из-за несовмещения измерительной и технологической баз заготовки, деформаций заготовки и установочных элементов приспособления под действием сил закрепления, геометрических неточностей приспособления и износа его установочных элементов в процессе обработки партии заготовок.

Погрешность обработки $\omega_{y,\Sigma}$ возникает из-за колебаний упругих деформаций технологической системы при обработке партии заготовок под действием образующихся в процессе обработки нагрузок (сил резания, сил инерции и других сил) вследствие неустойчивости этих нагрузок и неустойчивости жёсткости технологической системы в различных сечениях обрабатываемой заготовки.

Погрешность обработки ω_u возникает из-за размерного износа режущего инструмента в процессе обработки партии заготовок на станке.

Погрешность настройки станка ω_n возникает из-за неточностей регулирования положения режущего инструмента на настроечный размер, неточностей расчёта настроечного размера, неточностей измерения выполняемого размера при настройке станка.

Погрешность обработки $\Delta_{ст}$ возникает из-за геометрических, кинематических и других неточностей станка.

Погрешность обработки $\Delta_{p.u.}$ возникает из-за погрешностей формы и размеров «мерного» режущего инструмента.

Погрешность обработки ω_T возникает из-за колебаний тепловых деформаций технологической системы при обработке партии заготовок на станке.

Погрешность обработки $\Delta_{ост}$ возникает из-за перераспределения остаточных напряжений в материале заготовки и готовой детали при возникновении внешних воздействий (механических, термических, химических и других).

Каждая из первичных погрешностей не зависит одна от другой и для каждого конкретного случая определяется условиями построения технологической операции.

3.5. Характер первичных погрешностей механической обработки

Первичные погрешности механической обработки делятся на две группы: систематические и случайные. Систематические погрешности, в свою очередь, делятся на постоянные и закономерно изменяющиеся.

Систематическими называются погрешности, остающиеся неизменными при обработке партии заготовок или изменяющимися по какому-либо закону.

Постоянные систематические погрешности остаются неизменными при обработке всей партии заготовок. К ним относятся погрешности, вызываемые геометрическими неточностями станка, установочного приспособления и режущего инструмента.

Закономерно изменяющиеся систематические погрешности изменяются при обработке партии заготовок непрерывно или периодически по какому-либо закону. К ним относятся погрешности, вызываемые размерным износом режущего инструмента, а также тепловыми деформациями станка в период его разогрева после пуска.

Случайными называются погрешности, которые в разные моменты времени имеют различные значения. Заранее определить момент

появления и точную величину случайной погрешности для каждой конкретной детали в партии не представляется возможным, так как случайная погрешность возникает в результате действия большого количества независимых факторов. К случайным погрешностям относятся погрешности положения заготовки на станке и погрешности, вызываемые нестабильностью сил резания и сил закрепления.

Хотя случайную погрешность практически нельзя определить для каждой детали в партии, можно установить пределы изменения этой погрешности аналитическим расчётом или экспериментальным путём.

Кроме систематических и случайных погрешностей, при обработке заготовок встречаются **грубые ошибки исполнителей**, вызываемые факторами, не участвующими в технологическом процессе при нормальных условиях его выполнения, например ошибка рабочего при измерении микрометром на 1 мм или на 0,5 мм. Влияние подобных ошибок не учитывается при расчёте погрешностей обработки заготовок.

3.14. Определение суммарной погрешности механической обработки

При обработке заготовок по методу автоматического получения размеров применяются два способа суммирования первичных погрешностей: способ максимума – минимума и вероятностный способ (см. главу 3.3).

Если суммирование первичных погрешностей производят **способом максимума – минимума**, то суммарная погрешность механической обработки детали ω_{Σ} определяется по формуле

$$\omega_{\Sigma} = \sum_{i=1}^3 \Delta_{\phi_i} \pm \frac{1}{2} \sum_{i=1}^5 \omega_{p_i}, \quad (3.33)$$

где $\sum_{i=1}^3 \Delta_{\phi_i} = \Delta_{\phi.y.} + \Delta_{cm} + \Delta_{p.u.}$ – сумма погрешностей формы обработанной

поверхности и её положения относительно технологических базовых поверхностей;

$\sum_{i=1}^5 \omega_{pi} = \varepsilon + \omega_y + \omega_n + \omega_u + \omega_T$ – сумма погрешностей размера обработанной поверхности.

При суммировании первичных погрешностей **вероятностным способом** в случае принятия процента риска $P = 0,27 \%$ суммарная погрешность обработки ω_Σ определяется по формуле

$$\omega_\Sigma = \sum_{i=1}^3 \Delta_{\phi_i} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\varepsilon^2 + \omega_y^2 + \omega_n^2 + 3\omega_u^2 + 3\omega_T^2}. \quad (3.34)$$

При этом для ε , ω_y , ω_n принят нормальный закон распределения, а для ω_u и ω_T – закон равной вероятности.

Суммарная погрешность обработки ω_Σ для диаметра отверстия детали, обработанного сверлением, зенкерованием или развёртыванием (рис. 3.11), определяется с учётом разбивки обрабатываемого отверстия режущим инструментом.

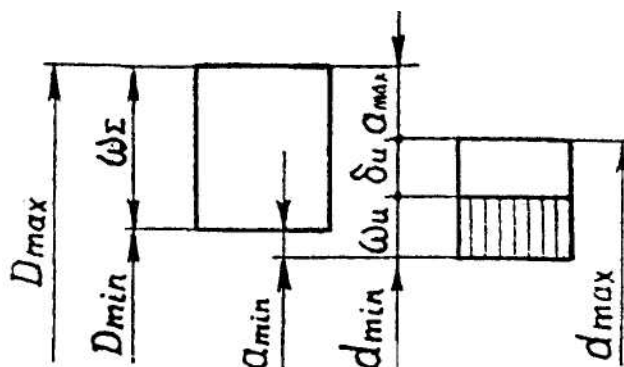


Рис. 3.11. Схема образования суммарной погрешности обработки для диаметра отверстия, обработанного сверлением, зенкерованием и развёртыванием

Суммарная погрешность обработки отверстия, обработанного сверлением, зенкерованием и развёртыванием, определяется по формуле

$$\omega_\Sigma = \delta_u + \omega_u + a_{max} - a_{min}, \quad (3.35)$$

где δ_u – допуск на диаметр на изготовление режущего инструмента;

ω_u – размерный износ режущего инструмента, допустимый при наименьшем предельном диаметре инструмента;

a_{max} – разбивка отверстия при наибольшем допустимом диаметре режущего инструмента d_{max} ;

a_{min} – разбивка отверстия при наименьшем допустимом диаметре режущего инструмента с учётом допустимого износа инструмента d_{min} .

При обработке заготовок по методу индивидуального получения размеров суммарная погрешностей обработки ω_{Σ} определяется суммированием первичных погрешностей способом максимума – минимума. При этом не учитываются величины ω_y и $\Delta_{p.u.}$, то есть

$$\omega_{\Sigma} = \Delta_{ф.у.} + \Delta_{ст} \pm \frac{1}{2}(\varepsilon + \omega_u + \omega_{н.и.} + \omega_T). \quad (3.36)$$

Примечание. В формулах для определения суммарной погрешности механической обработки ω_{Σ} не включена погрешность, вызываемая остаточными напряжениями, так как рассчитать её заранее невозможно.

Раздел 4. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4.1. Понятие о качестве поверхностей

Под качеством поверхности понимают состояние поверхностного слоя заготовки или готовой детали, полученное в результате того или иного метода обработки.

Состояние поверхностного слоя отличается от состояния основного материала (рис. 4.1).

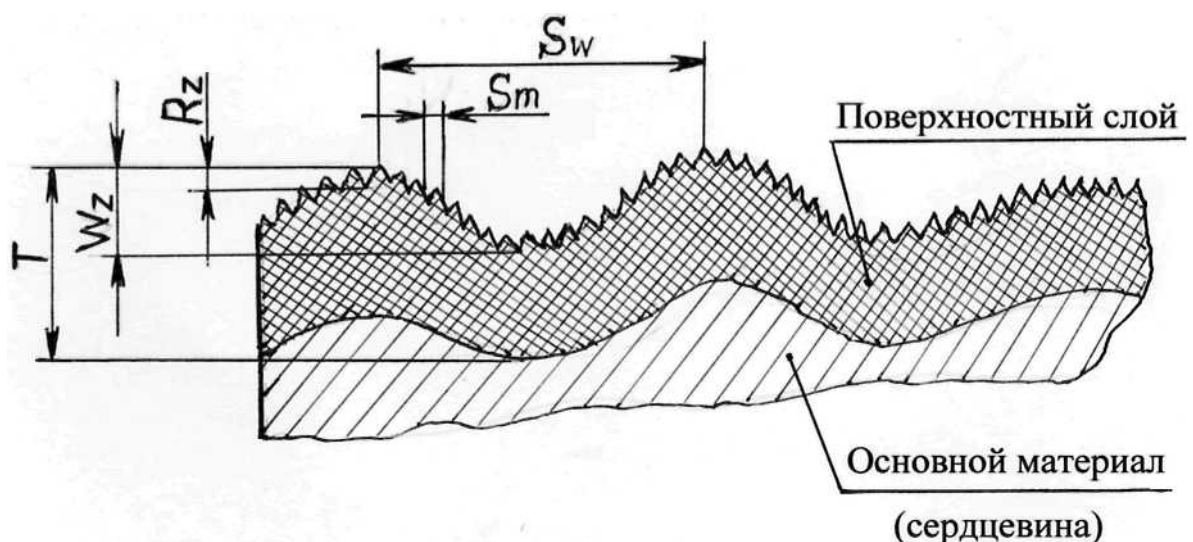


Рис. 4.1. Структура поверхностного слоя

На рис. 4.1 обозначены: W_z – высота волнистости, S_w – шаг волн, R_z – высота микронеровностей (высота неровностей по 10 точкам), S_m – шаг микронеровностей, T – глубина поверхностного слоя.

Качество поверхности характеризуется шероховатостью, волнистостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами (S_m), образующих рельеф поверхности и рассматриваемых на определённой базовой длине (l).

Шероховатость, измеренную в направлении движения подачи, называют поперечной шероховатостью, а шероховатость, измеренную в направлении главного рабочего движения, – продольной шероховатостью. Обычно продольная шероховатость меньше поперечной и при измерении охватывается поперечной шероховатостью.

Волнистостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно большими шагами (S_w), превышающими базовую длину, принимаемую при измерении шероховатости ($S_w > l$).

Неровности, образующие шероховатость, обычно называют микронеровностями, в отличие от макронеровностей, образующих погрешности формы поверхности (овальность, конусность, бочкообразность и т.п.). Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности. Если отношение шага неровностей к их высоте $S/H < 50$, то эти неровности образуют шероховатость. Если отношение $S/H = 50 \div 1000$, то эти неровности образуют волнистость. Если отношение $S/H > 1000$, то эти неровности образуют погрешность формы.

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны с точностью размеров деталей машин, Чем выше точность размеров, тем

меньше должны быть шероховатость и волнистость поверхности (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Наибольшие допускаемые величины параметра шероховатости поверхности детали R_a (мкм) при нормальном уровне относительной геометрической точности в зависимости от качества допуска размера

Номинальные размеры, мм				Параметр R_a (мкм) для качества допуска размера							
До 18	Св.18 до 50	Св.50 до 120	Св.120 до 500	6	7	8	9	10	11	12 и 13	14 и 15
*	*	*	*	0,4	0,8	0,8	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5
				0,8	1,6	1,6	6,3	6,3	12,5	25	50
				0,8	1,6	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50
				1,6	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50

Примечание: Для нормального уровня относительной точности (уровня А) приняты следующие соотношения: $R_a \leq 0,05 IT$; $R_z \leq 0,2 IT$.

Для количественной оценки шероховатости применяются 6 стандартных параметров шероховатости:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} – наибольшая высота профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

S – средний шаг местных выступов профиля;

t_p – относительная опорная длина профиля, где p – значение уровня сечения профиля.

Параметр R_a является предпочтительным.

Числовые значения параметров шероховатости (наибольшие, наименьшие, номинальные или диапазоны значений) выбираются из стандартных рядов чисел. Например, среднее арифметическое отклонение профиля R_a выбираются из следующего стандартного ряда чисел: **100**; 80; 63; **50**; 40; 32; **25**; 20; 16,0; **12,5**; 10,0; 8,0; **6,3**; 5,0; 4,0; **3,2**; 2,5; 2,0; **1,60**; 1,25 и так далее путём последовательного уменьшения первых 10 чисел ряда в 10, 100, 1000, 10000 раз до 0,008 (жирным шрифтом отмечены предпочтительные значения параметров). Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z и наибольшая высота профиля R_{max} выбираются из стандартного ряда чисел от 1600 до 0,025.

На чертежах изделий шероховатость поверхности обозначается в соответствии со структурой, изображённой на рис. 4.2.

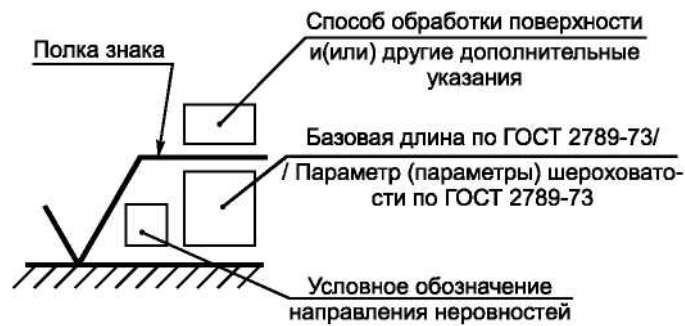


Рис. 4.2. Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображённых на рис. 4.3 (h = высоте цифр размерных чисел; $H = 1,5h \dots 5h$; $S_{\text{линий}} = 0,5S$).

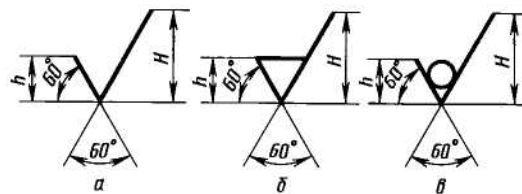


Рис. 4.3. Знаки обозначения шероховатости на чертежах

Знак *а* применяется в обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается.

Знак *б* применяется в обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала.

Знак *в* применяется в обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала.

Значение параметра шероховатости указывается в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например: $R_a 0,4$; $R_z 50$; $S_m 0,63$.

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{R_a 0,4}$.

При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами R_a , R_z , R_{max} базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует стандартной величине для выбранного значения параметра шероховатости.

Примеры нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах показаны на рис. 4.4.

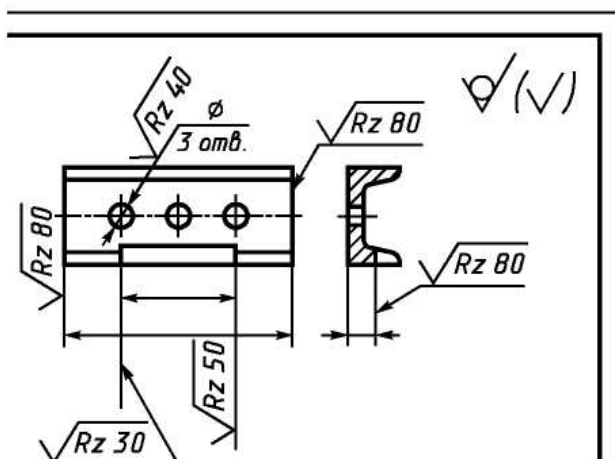


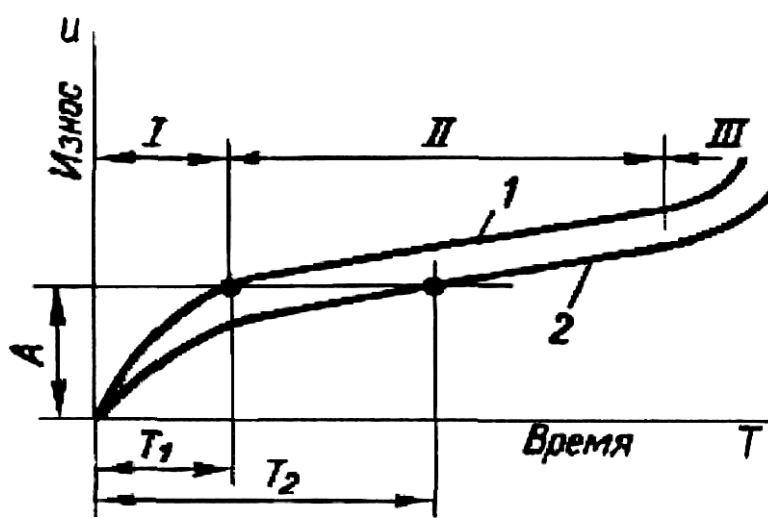
Рис. 4.4. Обозначения шероховатости поверхностей изделия, у которого часть поверхностей, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, образованную без удаления слоя материала

Физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются его твёрдостью, структурой, величиной и знаком остаточных напряжений, химическим составом материала, глубиной деформации кристаллической решётки материала.

4.2. Влияние качества поверхностей на эксплуатационные свойства деталей машин

Основной причиной выхода из нормальной эксплуатации машин является износ рабочих поверхностей сопряжённых деталей сверх допустимых значений.

Износ трущихся поверхностей протекает во времени неравномерно



(рис. 4.5).

Рис. 4.5. Кривые износа трущихся поверхностей с разной шероховатостью

На рис. 4.5 обозначены:

1 – кривая износа поверхности с большей шероховатостью,

2 – кривая износа поверхности с меньшей шероховатостью,

I – участок приработки (первичный износ),

II – участок равномерного износа (нормальный эксплуатационный износ),

III – участок аварийного (катастрофического) износа.

Влияние шероховатости сопряжённых поверхностей деталей машин на их износ проявляется в основном в процессе их приработки. В период нормального эксплуатационного износа на величину износа оказывают влияние в основном физико-механические свойства поверхностного слоя трущихся поверхностей (твёрдость, структура, химический состав материала, величина и знак остаточных напряжений и др.) и режим работы трущейся пары (скорость скольжения, нагрузка, характер и состав смазки).

В процессе приработки из-за шероховатости и волнистости сопрягаемых поверхностей деталей машин фактическая площадь контакта этих поверхностей оказывается значительно меньше номинальной площади контакта, а контакт поверхностей происходит по выступам (гребешкам) микронеровностей. Удельное давление на контактных поверхностях выступающих неровностей достигает такой величины, что происходит местный разрыв масляной плёнки, и гребешки микронеровностей разрушаются.

Действительная площадь контакта трущихся сопряжённых поверхностей при рабочей нагрузке зависит от высоты и формы микронеровностей.

Интенсивность износа трущихся поверхностей деталей машин зависит от высоты и формы неровностей, направления неровностей (следов обработки) относительно направления скольжения поверхностей и физико-механических свойств поверхностного слоя сопряжённых деталей. Острове́ршинные неровности изнашиваются быстрее, чем плоско́вершинные неровности.

Влияние высоты неровностей поверхности на её износ характеризуется сложной зависимостью (рис. 4.6).

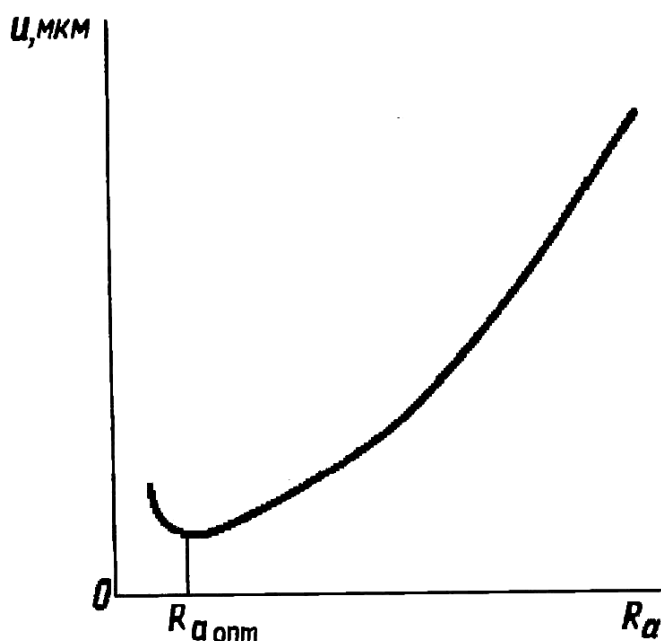


Рис. 4.6. Зависимость износа поверхности от её шероховатости

При очень малой высоте поверхностных неровностей износ возрастает, так как на них плохо удерживается смазка. Поэтому снижение шероховатости поверхностей деталей машин целесообразно проводить только до определённого предела. Например, оптимальные параметры шероховатости поверхности скольжения поршневых колец двигателей внутреннего сгорания составляют: $R_a = 0,63 \div 1,25$ мкм; $R_z = 2,5 \div 5,0$ мкм.

Интенсивность износа трущихся поверхностей меньше, когда направления неровностей (следов обработки) совпадает с направлением скольжения, и выше, когда неровности перпендикулярны к направлению

скольжения. Причём, влияние направления неровностей на износ более значительно при сухом и граничном трении, а при жидкостном трении – только при большой высоте неровностей поверхностей.

С увеличением твёрдости поверхностного слоя износ его уменьшается.

При применении деталей с пористыми покрытиями из хрома или металлокерамических деталей с пористой структурой материала обеспечивается хорошее удержание смазки на контактных поверхностях трущихся деталей и снижение износа таких деталей.

Износостойкость стальных деталей повышают путём применения термической и химико-термической обработки, гальваническим нанесением твёрдых покрытий, наплавкой твёрдых сплавов, а чугунных деталей – созданием на поверхностях трения твёрдой отбелённой корки.

Качество поверхностей оказывает большое влияние не только на износостойкость, но и на прочность, коррозионную стойкость и другие эксплуатационные свойства деталей машин.

Впадины микропрофиля являются своеобразными надрезами на поверхностях деталей. Поэтому с уменьшением шероховатости поверхностей повышаются усталостная прочность деталей, сопротивляемость коррозии в атмосферных условиях, прочность сопряжений с гарантированным натягом, контактная жёсткость стыков деталей и другие характеристики поверхностей деталей и их сопряжений.

4.3. Причины образования шероховатости и волнистости поверхностей деталей машин

Шероховатость поверхностей деталей, обработанных резанием, является следствием движения режущей кромки режущего инструмента в материале заготовки.

Причинами образования шероховатости поверхностей, обработанных резанием, являются:

- 1) копирование формы и размеров режущей кромки режущего инструмента в материале заготовки;
- 2) захват и отрыв слоёв материала, находящихся под режущей кромкой, при обработке стальных заготовок;
- 3) хрупкое выламывание частиц материала при обработке чугуна и твёрдых цветных сплавов;
- 4) образование нароста на режущей кромке режущего инструмента;
- 5) трение задней поверхности режущего инструмента об обрабатываемую поверхность.

Характер и высота микронеровностей поверхности зависят от следующих факторов:

- 1) метода и режимов обработки;
- 2) геометрии и качества доводки режущих кромок режущего инструмента (наличие рисок и зазубрин);
- 3) свойств обрабатываемого материала (твёрдость, пластичность, микроструктура, химический состав и др.);
- 4) условий обработки (способ закрепления заготовки, наличие вибраций в процессе обработки, вид и способ подачи смазочно-охлаждающей жидкостей).

Вибрации элементов технологической системы от сил резания зависят от следующих факторов:

- 1) жёсткости системы СПИД,
- 2) неравномерности припуска на обработку,
- 3) неравномерности механических свойств обрабатываемого материала в разных участках заготовки,
- 4) зазоров в звеньях технологической системы ,
- 5) неуравновешенности вращающихся частей,
- 6) дефектов приводов и др. причин.

Форма и размеры поверхностных неровностей зависят от частоты и амплитуды колебаний элементов технологической системы.

При высокой частоте и малой амплитуде колебаний на обрабатываемой поверхности *образуется шероховатость*, а *при низкой частоте и большой амплитуде колебаний – волнистость*.

Шероховатость и волнистость могут изменяться в различных сечениях детали в зависимости от изменения жёсткости технологической системы в различных сечениях обрабатываемой заготовки.

Шероховатость чёрных (необработанных) поверхностей деталей и заготовок зависит от технологических условий получения заготовок. Например, поверхности отливок в определённой степени копируют поверхности литейных форм, поверхности штампованных заготовок копируют поверхности полостей штампов и т.п.

4.4. Влияние метода обработки и режимов резания на качество обработанных поверхностей деталей машин

Для выбранного материала заготовки на качество обработанной поверхности основное влияние оказывают метод обработки и режимы резания.

Каждому методу обработки присущи определённый диапазон высоты неровностей обработанной поверхности и определённое направление неровностей поверхности. При строгании, долблении, протягивании неровности обработанной поверхности являются прямолинейными и направленными вдоль главного рабочего движения режущего инструмента. При точении неровности обработанной поверхности направлены по спирали при обработке обычными резцами или по окружностям, расположенным в параллельных плоскостях поперёк оси обрабатываемой заготовки, при обработке фасонными

резцами. При хонинговании и суперфинише неровности обработанной поверхности направлены по перекрещивающимся спиральям.

Метод обработки оказывает значительное влияние на формирование поверхностного слоя обработанной детали. Одни методы обработки вызывают упрочнение поверхностного слоя по сравнению со свойствами основного материала, а другие – ослабление поверхностного слоя.

Формирование поверхностных слоёв деталей, обработанных резанием, происходит в результате тепловых и силовых явлений при резании в основном на окончательных операциях механической обработки.

Наличие в поверхностном слое детали остаточных напряжений сжатия повышает износостойкость и предел усталости материала детали, а наличие напряжений растяжения и структурных неоднородностей вредно отражается на качестве поверхностного слоя детали. Например, при шлифовании в поверхностном слое детали возникают остаточные напряжения растяжения и структурные неоднородности материала вследствие сильного нагрева поверхностного слоя обрабатываемой заготовки в местах контакта её со шлифовальным кругом. В результате этого на шлифованной поверхности детали могут образовываться микротрещины. При тонком точении в поверхностном слое обрабатываемой заготовки могут быть получены сжимающие остаточные напряжения.

Методы чистовой и отделочной **обработки без снятия стружки** создают наклёп в поверхностном слое обработанной заготовки. Наклёпанный слой имеет более высокую твёрдость по сравнению с основным материалом (сердцевинной), и в нём возникают сжимающие остаточные напряжения. Это вызывает упрочнение поверхностного слоя детали. При этом повышаются износостойкость и усталостная прочность деталей.

Из элементов режима резания при обработке стандартными резцами и фрезами наиболее значительное влияние на шероховатость обработанной поверхности заготовки оказывают подача S (рис. 4.7) и скорость резания V (рис. 4.8).

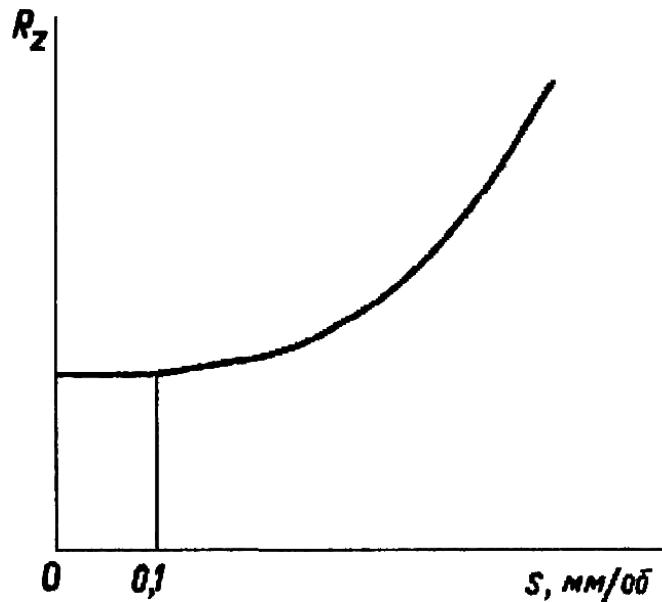


Рис. 4.7. Зависимость высоты неровностей поверхности от величины подачи

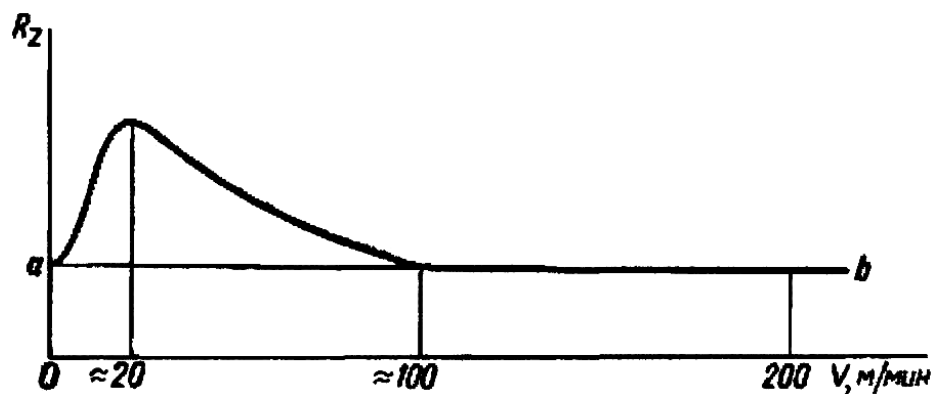


Рис. 4.8. Зависимость высоты неровностей поверхности от величины скорости резания

При обработке стандартными резцами высота неровностей поверхности по десяти точкам R_z с уменьшением подачи сначала снижается очень быстро (рис. 4.7), а затем с уменьшением подачи снижение высоты неровностей замедляется, и при подачах менее 0,1 мм/об высота неровностей обработанной поверхности практически не

изменяется. Поэтому при точении стандартными резцами можно получить высоту неровностей по десяти точкам не ниже 1,25 мкм (при тщательной доводке режущих кромок резца), а экономически выгодно – не ниже 5 мкм.

При малых величинах подачи основную роль в образовании неровностей поверхности, обработанной резанием, играют риски на передней и задней поверхностях режущего инструмента.

Величина подачи практически не влияет на высоту неровностей обработанной поверхности при точении и строгании широкими резцами с дополнительной горизонтальной режущей кромкой.

Высота неровностей поверхности по десяти точкам R_z с увеличением скорости резания сначала увеличивается, затем с увеличением скорости резания увеличение высоты неровностей прекращается, при дальнейшем увеличении скорости резания высота неровностей начинает уменьшаться, а при скоростях резания свыше 100 м/мин высота неровностей обработанной поверхности практически не изменяется.

Глубина резания t при высокой жёсткости обрабатываемых заготовок не влияет на шероховатость обработанной поверхности, а при малой жёсткости обрабатываемых заготовок высота неровностей обработанной поверхности возрастает с увеличением глубины резания и шероховатость может перейти в волнистость (при глубине резания, превышающей вибрационную глубину резания).

Раздел 5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

5.1. Основные требования, предъявляемые к технологическим процессам

Технологические процессы разрабатываются для того, чтобы дать точное и ясное описание рабочих процессов, которые нужно осуществить при изготовлении изделий требуемого качества и служебного назначения с заданной производительностью и наименьшей себестоимостью.

К технологическим процессам предъявляются 2 вида требований: технические и экономические.

В соответствии с техническими требованиями спроектированный технологический процесс должен полностью обеспечить выполнение всех требований рабочих и сборочных чертежей и технических условий на изготовление заданного изделия.

В соответствии с экономическими требованиями спроектированный технологический процесс должен обеспечить изготовление изделия с минимальными затратами труда и издержками производства.

Задача проектирования технологического процесса является многовариантной с точки зрения обеспечения заданного качества изделия, но производительность и рентабельность (прибыльность, доходность) этих вариантов будет разной. При разных производительностях и рентабельностях выбирается наиболее рентабельный вариант при условии, что производительность всех сравниваемых вариантов не ниже заданной.

5.2. Исходные данные для проектирования технологических процессов

В машиностроении различают 4 варианта проектирования технологических процессов:

- 1) при проектировании новых заводов,
- 2) при реконструкции существующих заводов,
- 3) при организации производства новых изделий на действующих заводах,
- 4) при корректировке технологии изготовления освоенных изделий на действующих заводах в связи с внесением конструктивных усовершенствований в объекты производства и необходимостью систематического использования новейших достижений науки и техники в производстве.

При проектировании новых заводов для разработки технологических процессов нужно иметь следующие исходные данные:

- 1) техническую документацию на изделие, подлежащее изготовлению на заводе (рабочие чертежи деталей, чертежи общих видов, сборочные чертежи сборочных единиц, узлов, агрегатов и изделия в целом, технические условия на изготовление деталей и сборочных единиц и сборку узлов и изделия);
- 2) размер программного задания выпуска изделий;
- 3) срок (обычно в годах), на который рассчитан выпуск изделия (если выпуск изделия неравномерен во времени, то программное задание указывается по годам или другим периодам времени).

При проектировании технологических процессов для реконструируемых и действующих заводов кроме указанных исходных данных для новых заводов нужно иметь дополнительно сведения о наличном оборудовании, производственных площадях и других местных производственных условиях. Иногда в этих случаях технологу может

быть задан вид исходной заготовки.

Кроме указанных выше исходных данных во всех вариантах проектирования при разработке технологических процессов механической обработки технолог должен иметь необходимые справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования; альбомы типовых приспособлений; стандарты на режущий, вспомогательный и измерительный инструмент; нормативы по точности, припускам, режимам резания, нормам времени; тарифно-квалификационные справочники.

Для оформления технологических процессов нужно иметь бланки технологической документации.

5.3. Методы построения станочных операций

Построение станочных операций в машиностроении ведут двумя принципиально разными методами: методом концентрации и методом дифференциации технологических операций.

Методом концентрации операций называется такой метод построения станочных операций, при котором несколько технологических переходов объединяются в одну сложную операцию, выполняемую на одном станке.

Методом дифференциации операций называется такой метод построения станочных операций, при котором технологический процесс расчленяется на ряд простых операций, выполняемых на большом числе сравнительно простых операционных станков.

Концентрация станочных операций может осуществляться 3 способами:

- 1) одновременной обработкой нескольких поверхностей заготовки набором инструментов (параллельная схема концентрации);
- 2) последовательной обработкой нескольких поверхностей на

одном станке одним или несколькими инструментами (последовательная схема концентрации);

3) комбинацией последовательной обработки поверхностей на позициях многопозиционных станков с одновременной обработкой нескольких поверхностей набором инструментов на отдельных позициях этих станков (параллельно-последовательная схема концентрации).

Концентрация операций позволяет сократить затраты времени на обработку, число рабочих-станочников, число станков и производственные площади, но усложняет конструкцию станков и увеличивает потребность в высококвалифицированной рабочей силе.

Концентрация операций применяется во всех типах производства. Причём, если в единичном и мелкосерийном производстве концентрацию операций выполняют в основном по последовательной схеме, то в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах широко применяют все 3 схемы концентрации операций.

Метод дифференциации операций делает производство значительно более мобильным, то есть позволяет легко и быстро перевести работу цеха или участка на изменённый объект производства, так как переналадка простых станков значительно проще переналадки сложных станков. Метод дифференциации операций позволяет также использовать большой парк универсальных станков с привлечением малоквалифицированной рабочей силы. Однако дифференциация операций приводит к значительному увеличению числа станков, рабочих – станочников, производственных площадей.

Дифференциация операций чаще всего применяется в крупносерийном и массовом производствах, особенно в слаборазвитых странах. Реже дифференциация операций применяется в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах.

5.4. Последовательность разработки технологических процессов механической обработки

Разработка технологических процессов выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСТД и ЕСТПП (ГОСТ 3.1127-93; ГОСТ 14.004-83 и др.).

Разработка технологических процессов механической обработки представляет собой сложный и трудоёмкий процесс. Она выполняется в несколько последовательных стадий:

- 1) предварительная намётка технологического процесса,
- 2) уточнение и конкретизация предварительной намётки технологического процесса на основе технологических расчётов.

Степень углублённости разработки технологических процессов механической обработки зависит от типа производства детали.

В массовом производстве технологические процессы механической обработки разрабатываются подробно и тщательно для всех деталей изделия.

В единичном и мелкосерийном производствах технологические процессы механической обработки разрабатываются укрупнённо. В этом случае разрабатывается только маршрут обработки детали, так как подробная разработка технологического процесса экономически не оправдана, за исключением сложных дорогих деталей.

В среднесерийном и крупносерийном производствах встречаются оба вида разработки технологических процессов механической обработки: и подробное (для сложных операций) и укрупнённое (для простых операций).

Разработка технологических процессов механической обработки ведётся в несколько этапов в следующей последовательности:

- 1) анализ исходных данных для разработки технологического процесса механической обработки,

- 2) определение типа производства данной детали,
- 3) выбор вида и метода изготовления исходной заготовки,
- 4) выбор технологических баз,
- 5) составление технологического маршрута обработки детали,
- 6) расчёт припусков на обработку и предельных размеров заготовки по технологическим переходам,
- 7) разработка технологических операций,
- 8) нормирование технологического процесса,
- 9) расчёт точности технологического процесса,
- 10) расчёт экономической эффективности вариантов технологического процесса,
- 11) оформление выбранного варианта технологического процесса.

5.5. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

На данном этапе разработки технологического процесса решаются следующие задачи:

- 1) предварительное ознакомление с назначением и конструкцией детали и требованиями к её изготовлению и эксплуатации;
- 2) составление перечня дополнительной справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса;
- 3) подбор справочной информации.

При ознакомлении с конструкцией детали по её рабочему чертежу проверяются достаточность изображений (видов, разрезов, сечений), правильность простановки размеров, требований точности и шероховатости поверхностей, другие технические требования, предъявляемые к детали.

Нередко конструктора завышают требования к точности и шероховатости поверхностей, что приводит к усложнению и удорожанию технологического процесса изготовления детали. В других случаях, наоборот, для высоких качеств точности размеров поверхностей назначаются низкие параметры шероховатости этих поверхностей, не обеспечивающие получение требуемых посадок. В таких случаях технолог должен предложить соответствующие коррективы и на основе консультаций с конструктором найти правильные решения.

При технологическом анализе рабочего чертежа детали выявляются возможности улучшения технологичности конструкции детали. При этом обращается внимание на решение следующих задач:

- 1) уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей с целью снижения трудоёмкости механической обработки детали;
- 2) повышение жёсткости детали с целью повышения режимов обработки и степени концентрации операций;
- 3) удобство подвода в зону обработки и отвода из неё высокопроизводительных режущих инструментов с целью уменьшения времени обработки детали;
- 4) унификация формы и размеров отверстий, канавок, галтелей, шпоночных пазов и других конструктивных элементов детали с целью сокращения номенклатуры используемых при обработке детали режущих, вспомогательных и измерительных инструментов и снижения затрат времени на обработку детали;
- 5) обеспечение надёжного и удобного базирования заготовки при её обработке на станке с целью повышения безопасности труда станочника, удобства обслуживания станка, уменьшения времени обработки детали.

5.6. Определение типа производства детали

Тип производства данной детали определяется в зависимости от программы выпуска и характера детали путём сопоставления такта выпуска детали и ориентировочно установленной средней длительности характерных операций её обработки или на основании ориентировочных статистических сведений.

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определённого наименования, типоразмера и исполнения.

Такт выпуска детали t определяется по формуле

$$t = \frac{60F}{N} \text{ мин/шт,} \quad (5.1)$$

где F – годовой фонд времени работы оборудования в часах,

N – годовая программа выпуска деталей в штуках,

60 – переводной коэффициент часов в минуты.

При односменной работе металлорежущих станков $F = 2030$ ч. с учётом потерь из-за простоев на плановом ремонте 2 % от номинального фонда времени работы станка.

При двухсменной работе $F = 4015$ ч. для простых станков и $F = 3890$ ч. для сложных станков с учётом потерь из-за простоев на плановом ремонте соответственно 3 % и 6 % от номинального фонда времени работы станков.

После определения такта выпуска деталей делается приближённый расчёт длительности наиболее характерных операций её обработки по укрупнённым нормативам.

Если величина такта выпуска деталей окажется близкой к среднему штучно-калькуляционному времени операций или меньше её ($t \leq 1,5 \bar{T}_{ш.к.}$), то производство данной детали принимается массовым.

Если же величина такта выпуска деталей значительно превосходит

среднее штучно-калькуляционное время операций ($t > 1,5 \bar{T}_{ш.к.}$), то при относительно большом выпуске деталей производство данной детали принимается серийным.

5.7. Выбор вида и метода изготовления исходной заготовки

5.7.1. Выбор вида исходной заготовки

Заготовкой называется предмет производства, из которого изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъёмную сборочную единицу.

Исходной заготовкой называется заготовка в том виде, который она имеет перед первой технологической операцией.

В машиностроении различают следующие основные виды исходных заготовок:

- 1) отливки,
- 2) кованные заготовки,
- 3) штампованные заготовки,
- 4) прокат,
- 5) комбинированные заготовки,
- 6) заготовки, получаемые методом порошковой металлургии.

При выборе вида исходной заготовки учитывают технологические свойства материала заготовки (литейные свойства, пластичность, структуру и др.), конструктивные формы и размеры заготовки, требуемую точность размеров и взаимного расположения поверхностей, шероховатость и физико-механические свойства поверхностного слоя, объём выпуска изделий, срок их изготовления, время, отводимое на подготовку технологической оснастки для изготовления заготовок.

При выборе вида исходной заготовки существуют 2 направления:

1) применение точных заготовок, приближающихся по форме и размерам к готовым деталям;

2) применение грубых заготовок, форма и размеры которых значительно отличаются от формы и размеров готовых деталей, причём грубые заготовки упрощены по форме по сравнению с готовыми деталями.

Применение **точных заготовок** требует наличия специального оборудования и технологической оснастки. Поэтому целесообразно в основном в массовом и крупносерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

Грубые заготовки изготавливают на универсальном оборудовании с применением минимального количества технологической оснастки в заготовительном цехе. Поэтому грубые заготовки применяются в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

5.7.2. Выбор метода изготовления отливок

В машиностроении отливки изготавливают следующими методами:

- 1) литьём в разовые земляные (песчано-глинистые) формы,
- 2) литьём в постоянные металлические формы,
- 3) центробежным литьём,
- 4) литьём в оболочковые формы,
- 5) литьём по выплавляемым моделям,
- 6) литьём под давлением.

Литьё в земляные формы применяют для изготовления исходных заготовок с размерами от нескольких миллиметров до нескольких метров для всех материалов, обладающих литейными свойствами, во всех типах производства.

Этот метод литья нашёл наибольшее распространение для изготовления отливок в машиностроении ($\approx 80\%$). Он обладает

универсальностью и дешёвизной.

Требуемая точность и качество поверхностного слоя отливок, полученных литьём в земляные формы, зависят от способа формовки (ручная или машинная), материала модели (деревянная или металлическая), состава формовочной смеси.

Точность размеров отливок, полученных литьём в земляные формы, не превышает 14 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z > 320$ мкм.

Для литья в земляные формы характерны большие припуски на механическую обработку поверхностей. Поэтому коэффициент использования материала исходной заготовки обычно составляет $75 \div 85$ %.

Литьё в постоянные металлические формы (кокили) позволяет получить отливки с точностью размеров до 12 квалитета точности для чёрных металлов и сплавов и до 11 квалитета точности - для цветных металлов и сплавов. Высота неровностей поверхности по 10 точкам таких отливок может быть получена $R_z \geq 40$ мкм.

Стойкость кокилей зависит от температуры заливаемого металла, материала кокиля, размеров, формы и массы отливки, наличия или отсутствия охлаждения кокиля.

При литье в кокиль происходит быстрое охлаждение заливаемого расплава и снижение его текучести. Поэтому толщина стенок отливки должна быть большой (для чёрных металлов и сплавов – не менее 8 мм, а для цветных металлов и сплавов – не менее 3 мм).

Материал отливки, полученной литьём в кокиль, имеет мелкозернистую структуру. Поэтому его физико-механические свойства повышаются на $15 \div 30$ % по сравнению с отливками, полученными литьём в разовые земляные формы. При этом устраняется пригар, и увеличивается выход годных заготовок.

Литьё в кокиль исключает трудоёмкие операции формовки, сборки

и выбивки форм, легче автоматизируется, но стоимость кокилей высокая. Поэтому они применяются в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Центробежное литьё применяют для изготовления отливок типа тел вращения (заготовок втулок, гильз, дисков, труб) из чугуна, стали, цветных металлов, твёрдых литейных сплавов в основном в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах. Точность размеров таких отливок – до 12 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 40$ мкм.

Центробежное литьё позволяет получить отливки высокой плотности, но такие отливки имеют химическую неоднородность и засорены неметаллическими включениями. Это приводит к увеличению припусков на механическую обработку поверхностей на 25 % по сравнению литьём в кокиль.

Литьё в оболочковые формы применяют для изготовления отливок сложной формы: коленчатых и кулачковых валов, крыльчаток центробежных насосов, ребристых цилиндров. Точность размеров таких отливок – до 12 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 10$ мкм. Некоторые поверхности таких отливок не требуют дальнейшей механической обработки.

Расход формовочных материалов при литье в оболочковые формы сокращается в 10 ÷ 20 раз по сравнению с литьём в разовые земляные формы.

Литьё в оболочковые формы применяется в основном в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Литьё по выплавляемым моделям применяют для изготовления отливок сложной формы из труднообрабатываемых и труднодеформируемых сплавов с высокой температурой плавления (турбинные лопатки и другие детали сложной формы) в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах. Точность размеров

таких отливок – до 11 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 10$ мкм.

Литьё по выплавляемым моделям позволяет значительно сократить объём дальнейшей механической обработки (обычно обрабатываются только сопрягаемые поверхности).

Литьё под давлением применяют в основном для изготовления отливок из цветных металлов и сплавов с низкой температурой плавления в массовом и крупносерийном производствах.

Этот метод литья позволяет получить точные заготовки, близкие по форме и размерам к готовой детали. Точность размеров отливок, полученных литьём под давлением, – до 8 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 2,5$ мкм. Поэтому можно исключить механическую обработку большинства поверхностей отливки.

Сочетание в процессе литья под давлением металлической формы и давления на жидкий металл позволяет получить тонкостенные отливки с толщиной стенок менее 1 мм. При этом прочность отливок повышается на $15 \div 20$ % по сравнению с литьём в разовые земляные формы.

5.7.3. Выбор метода изготовления кованных и штампованных заготовок

Кованные заготовки изготавливают свободной ковкой на молотах и прессах с применением универсальных инструментов или ковкой с применением подкладных штампов и подкладных колец.

Свободная ковка с применением универсальных инструментов применяется в единичном и мелкосерийном производствах, а ковка с применением подкладных штампов и подкладных колец – в среднесерийном производстве.

Применение подкладных штампов и подкладных колец позволяет

приблизить форму поковки к форме готовой детали и сократить расход металла на 15 ÷ 20 % по сравнению с ковкой с применением универсальных инструментов.

Ковка позволяет получать крупные заготовки из углеродистой и легированной стали путём последовательного деформирования отдельных участков заготовки и улучшить физико-механические свойства материала заготовки.

Штампованные заготовки изготавливают следующими методами:

- 1) горячей объёмной штамповкой в открытых штампах,
- 2) горячей объёмной штамповкой в закрытых штампах,
- 3) горячей штамповкой на горизонтально-ковочных машинах,
- 4) холодной объёмной штамповкой,
- 5) холодной листовой штамповкой,
- 6) штамповкой с последующей чеканкой.

Горячая объёмная штамповка в открытых штампах применяется в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах для изготовления заготовок, форма которых позволяет извлекать заготовку из полости штампа (с уклонами в одну сторону). Исходными заготовками в этом случае служат катаные и кованные заготовки. При использовании катаных исходных заготовок для штамповки применяют многоручьевые штампы, имеющие заготовительные ручки для придания заготовке переходных форм, и окончательный ручей. При использовании кованных исходных заготовок для штамповки применяют штамп, имеющий только окончательный ручей, а исходную заготовку предварительно изготавливают ковкой на другом оборудовании.

Горячая объёмная штамповка обычно производится на молотах и прессах. При штамповке в открытых штампах значительная часть энергии расходуется на деформирование облоя (заусенца).

Масса заготовок, получаемых горячей объёмной штамповкой в

открытых штампах, обычно составляет от 0,5 до 30 кг. Точность размеров таких заготовок – до 0,4 мм, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 160$ мкм.

Недостатком горячей объёмной штамповки в открытых штампах является наличие облоя и больших штамповых углов.

Горячая объёмная штамповка в закрытых штампах применяется в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах для изготовления заготовок, имеющих форму тел вращения или близкую к ним с уклонами в обе стороны.

При этом методе штамповки исходная заготовка должна иметь тот же объём, что и штампованная заготовка, но с учётом отхода на угар при нагреве.

В этом случае штамп состоит из верхней и нижней половин. Поверхность разъёма половин штампа может быть плоской или криволинейной.

При штамповке в закрытых штампах энергия молота или усилие пресса почти полностью идут на деформирование заготовки.

Штампованные заготовки, полученные в закрытых штампах, имеют более высокое качество микроструктуры, чем у заготовок, полученных в открытых штампах, но закрытые штампы сложнее и дороже открытых штампов, а также имеют более низкую стойкость по сравнению с открытыми штампами.

Горячая штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) обычно применяется для изготовления заготовок простой формы типа стержней, втулок, колец и т. п. массой от 0,1 до 15 кг, изготавливаемых из углеродистой и легированной стали, цветных металлов и сплавов, в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах.

Холодная объёмная штамповка (высадка) применяется для изготовления заготовок, имеющих форму тел вращения в виде стержней

с утолщением на одном конце (заготовки болтов, винтов, заклёпки и т.п.), из углеродистой и легированной стали, цветных металлов и сплавов в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах.

Этот метод штамповки очень энергоёмок.

Холодная листовая штамповка применяется для изготовления из листа или полосы заготовок деталей типа кожухов, крышек, щитков, колпаков, дисков, колец и т.п. из углеродистых, нержавеющей, жаропрочных и высокопрочных сталей, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, неметаллических материалов (пластмассы, картона, фибры, резины и др.).

Чеканка применяется в качестве отделочной операции после штамповки. Чеканка может быть плоской и объёмной. Её часто называют калибровкой. Точность размеров заготовки после чеканки – до 0,05 мм, высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 5$ мкм.

5.7.4. Выбор метода изготовления проката

Прокат разделяется на сортовой и фасонный.

Сортовым называют прокат, у которого касательная к любой точке контура поперечного сечения данное сечение не пересекает. К сортовому прокату относятся круглый, квадратный, шестигранный, листовой, полосовой прокат.

Фасонным называют прокат, у которого касательная хотя бы к одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает. К фасонному прокату относятся горячекатаные двутавровые балки, швеллеры, уголки (равнополочный и неравнополочный) и профили специального назначения.

Сортовой прокат по методам изготовления делится на горячекатаный, калиброванный (холоднотянутый) и со специальной отделкой поверхности.

Горячекатаный сортовой прокат имеет грубую точность размеров поперечного сечения и низкое качество поверхности.

Калиброванный сортовой прокат имеет высокую точность размеров поперечного сечения (до 9 квалитета точности) и повышенное качество поверхности (у него отсутствует прокатная окалина).

Сортовой прокат со специальной отделкой поверхности (серебрянка) производится только круглого сечения. Специальная отделка поверхности проката достигается удалением поверхностного слоя металла обтачиванием или шлифованием.

Горячекатаный прокат применяется в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве для изготовления деталей, форма и размеры которых значительно отличаются от формы и размеров проката.

Калиброванный прокат применяется обычно для изготовления деталей на высокопроизводительных токарных станках – автоматах, а также для изготовления штучных заготовок холодной штамповкой. Высокая точность и качество поверхности калиброванного проката позволяют значительно сократить расход металла при его дальнейшей обработке. Отсутствие прокатной окалины на поверхности калиброванного проката увеличивает срок службы режущего инструмента.

Калиброванный прокат со специальной отделкой поверхности применяется для изготовления длинных цилиндрических деталей типа штоков, скалок, штифтов и т.п. деталей, у которых диаметр и качество наружной поверхности большой длины совпадают с диаметром и качеством поверхности проката.

5.7.5. Выбор метода изготовления комбинированных заготовок

Комбинированные заготовки представляют собой сложные

заготовки, изготовленные из отдельных простых частей (элементов), полученных литьём, штамповкой, прокаткой, обработкой резанием и другими методами, и соединённых сваркой или заливкой в одну сложную заготовку, представляющую собой неразборную сборочную единицу.

К комбинированным заготовкам относятся штампо-сварные заготовки, отливки из легкоплавких металлов и пластмасс с закладными элементами из стали, изготовленными методами резания, и другие виды сложных заготовок.

Комбинированные заготовки применяют для изготовления крупных и сложных стальных заготовок типа станин и корпусов, а также маховичков, рукояток и подобных деталей с закладными элементами из более прочного материала, чем основной материал.

Применение комбинированных методов изготовления заготовок позволяет упростить технологию изготовления сложных заготовок, снизить их массу, уменьшить расход материала на изготовление заготовок, снизить трудоёмкость механической обработки.

5.7.6. Выбор заготовок, получаемых методом порошковой металлургии

Метод порошковой металлургии применяют для изготовления заготовок из тугоплавких материалов, псевдосплавов (медь – вольфрам, железо – графит), пористых материалов для подшипников скольжения.

Технологический процесс получения заготовок методом порошковой металлургии состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка порошков исходных материалов,
- 2) подготовка шихты (смеси порошков исходных материалов),
- 3) прессование заготовки в специальных пресс-формах из

подготовленной шихты,

4) термическая обработка (спекание порошков), обеспечивающая требуемые физико-механические свойства материала заготовки.

Метод порошковой металлургии позволяет изготавливать заготовки с высокой точностью размеров (до 7 квалитета точности), требующие только отделочной механической обработки отдельных поверхностей (заготовки зубчатых колёс, звёздочек, кулачков, храповиков, втулок подшипников скольжения и других деталей).

Из-за высокой стоимости технологической оснастки метод порошковой металлургии экономически выгодно применять только в массовом и крупносерийном производствах.

5.8. Разработка технологического маршрута обработки детали

На данном этапе разработки технологического процесса механической обработки детали решаются следующие задачи:

- 1) выбор методов обработки поверхностей детали,
- 2) выбор технологических баз,
- 3) составление общего маршрута обработки детали.

5.8.1. Выбор методов обработки поверхностей детали

Методы обработки отдельных элементарных поверхностей детали выбирают на основе требований рабочего чертежа детали и принятой исходной заготовки.

Начальный метод обработки определяется видом исходной заготовки, а конечный метод обработки - техническими требованиями, предъявляемыми к готовой детали. Если исходная заготовка грубая, то приходится сначала применять черновую обработку.

Вариантов построения маршрута обработки отдельных элементарных поверхностей детали может быть очень много.

Количество этих вариантов можно значительно сократить, учитывая практические соображения.

В справочной и методической литературе по технологии машиностроения даются рекомендации по типовым технологическим маршрутам для определённых поверхностей деталей при различных требованиях точности размеров и шероховатости поверхности.

При построении маршрута обработки каждой поверхности детали нужно исходить из следующего правила: каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего и должен устранить погрешности предыдущего метода обработки. Обычно каждый последующий метод обработки поверхности повышает точность размеров на 1 ÷ 3 квалитета точности по сравнению с предыдущей обработкой.

Выбранные варианты маршрутов обработки всех поверхностей детали записывают в форме таблицы (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Маршруты обработки поверхностей детали

Наименование обрабатываемой поверхности и маршрут её обработки	Квалитет точности	Допуск, мм	Класс шероховатости	R _a , мкм
1. Отверстие Ø 50 Н8	8	+ 0,039	6	2,5
1) Растачивание однократное	11	+0,16	3	20
2) Развёртывание точное	8	+ 0,039	6	2,5
2. Торец Ø 60 в размер 80_{-0,3}	12	- 0,3	4	10
Подрезание однократное	12	- 0,3	4	10
3.
.....
.....

5.8.2. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз является одним из наиболее важных и сложных этапов разработки технологических процессов. От правильности решения этого вопроса в значительной мере зависят точность обработки деталей, сложность конструкции и эксплуатации

станочного приспособления, производительность обработки.

Выбор технологических баз начинается с выбора технологической базы для выполнения первой операции механической обработки заготовки.

Для первого установка заготовки на первой операции технологического процесса механической обработки технологические базы являются черновыми, так как у заготовки все поверхности ещё не обработаны.

При выборе черновых технологических баз руководствуются следующими принципами:

1) для заготовок, у которых обрабатываются все поверхности, за черновые технологические базы следует принимать поверхности, имеющие наименьшие припуски, чтобы обеспечить наиболее равномерное снятие припусков при последующей обработке заготовки с базированием на обработанные базы и исключить появление «лысин» и «черновин» при обработке поверхности с наименьшим припуском;

2) если у заготовки обрабатываются не все поверхности, то за черновые технологические базы следует принимать поверхности, остающиеся чёрными у готовой детали, чтобы обеспечить наиболее точное взаимное расположение обработанных и необработанных поверхностей готовой детали;

3) поверхности, принимаемые за черновые технологические базы, должны быть, по возможности, ровными, чистыми, точной формы и размеров, чтобы обеспечить правильную ориентацию заготовки в станочном приспособлении;

4) повторная установка заготовки на черновые технологические базы, как правило, не допустима, так как при повторной установке заготовки на черновые базы не удаётся обеспечить такое её положение, которое она занимала при первой установке, вследствие значительной и неравномерной высоты поверхностных неровностей и их деформаций

после первой установки под действием сил зажима.

После смены первого установочных черновые технологические базы заменяют чистовыми базами.

При выборе чистовых технологических баз руководствуются следующими принципами:

1) **принцип совмещения баз**, согласно которому наиболее высокой точности обработки можно достичь в том случае, если технологическая база одновременно является измерительной и конструкторской базами;

2) **принцип постоянства баз**, согласно которому для выполнения большинства операций обработки заготовки по возможности используют одни и те же базы, так как каждая смена баз приводит к дополнительным погрешностям взаимного расположения поверхностей обработанной детали; для соблюдения этого принципа часто на заготовках создают вспомогательные базы, например, центровые гнёзда для обработки валов;

3) **принцип протяжённости баз**, согласно которому размеры и взаимное расположение баз должны позволять осуществление прочного и надёжного закрепления заготовки, обеспечивающего неизменность её положения при обработке;

4) в случае вынужденной смены баз **каждая новая база должна быть более точной и более чистой**, чем предыдущие базы.

При смене технологических и измерительных баз необходимо выполнять перерасчёт размеров и допусков на основе расчёта технологических размерных цепей, связывающих между собой принятые технологические и измерительные базы и размеры, заданные конструктором на рабочем чертеже детали.

5.8.3. Разработка общего маршрута обработки детали

При построении общего маршрута обработки детали учитывают

следующие требования.

1. Сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают остальные поверхности в порядке возрастания точности. В конец маршрута выносят обработку легко повреждаемых поверхностей (например, наружных резьб).

2. Если на каких-то поверхностях не допустимы дефекты материала (газовые раковины, инородные включения и др.), то обработку этих поверхностей выносят в начало маршрута, чтобы выявить пригодность заготовок для дальнейшей обработки.

3. Обработку ответственных поверхностей обычно ведут в 3 последовательные стадии: предварительную, чистовую и отделочную. Предварительную обработку обычно выполняют на изношенных станках рабочие низкой квалификации. Вынесение отделочной обработки в конец маршрута позволяет полнее устранить деформации заготовок и уменьшить риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей.

Однако при жёсткой заготовке и малых размерах обрабатываемых поверхностей окончательная обработка поверхностей может выполняться и в начале маршрута обработки детали без вредных последствий.

4. Если деталь подвергается термической или химико-термической обработке, то технологический процесс механической обработки детали разделяется на две стадии: до термообработки и после термообработки. При этом после термообработки обычно производится отделочная обработка поверхностей.

5. Последовательность обработки в определённой степени зависит от системы простановки размеров. Сначала обрабатывают ту поверхность, относительно которой задано расположение большего числа поверхностей.

6. Операции технического контроля вводят перед сложными и

дорогостоящими операциями, после тех операций, на которых возможно появление большого количества брака (например, после термообработки), и в конце обработки детали.

7. Перед контрольными операциями предусматривают вспомогательные операции, обеспечивающие правильность контроля (зачистка заусенцев, промывка и т.д.).

5.9. Расчёт припусков на механическую обработку

5.9.1. Понятия об общем и промежуточном припусках

Припуском называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности (размеров, формы, твёрдости, шероховатости и т.п.).

Припуски делятся на промежуточные и общие.

Промежуточным припуском называется припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

Для наружных поверхностей номинальный промежуточный припуск Z_i равен разности номинальных размеров заготовки, полученных на предыдущем и выполняемом переходах, то есть

$$Z_i = a_{i-1} - a_i . \quad (5.2)$$

Для внутренних поверхностей промежуточный припуск Z_i равен разности номинальных размеров заготовки, полученных на выполняемом и предыдущем переходах, то есть

$$Z_i = a_i - a_{i-1} . \quad (5.3)$$

Общим припуском называется припуск, удаляемый при выполнении всех переходов обработки данной поверхности от исходной заготовки до готовой детали.

Для наружных поверхностей общий номинальный припуск Z_o равен разности номинальных размеров исходной заготовки и готовой детали,

то есть

$$Z_o = a_{заг} - a_{дет} . \quad (5.4)$$

Для внутренних поверхностей общий номинальный припуск Z_o равен разности номинальных размеров готовой детали и исходной заготовки, то есть

$$Z_o = a_{дет} - a_{заг} . \quad (5.5)$$

Если поле припуска располагается симметрично относительно тела заготовки, то такой припуск называется **симметричным**. Он имеет место при обработке поверхностей вращения и при параллельной обработке противоположащих плоскостей.

Если поле припуска располагается несимметрично относительно тела заготовки, то такой припуск называется **асимметричным**. Он имеет место при последовательной обработке плоскостей (вне зависимости от их расположения).

Различают понятия припуска для **конкретной детали** и припуска для **партии деталей**. Припуск для конкретной детали имеет какую-то фиксированную величину. Припуск для партии деталей не имеет фиксированной величины и может быть охарактеризован наибольшим и наименьшим значениями размера припуска, как и любой размер детали. При проектировании технологических процессов мы можем вести речь только о наибольшем и наименьшем значениях размера припуска для партии деталей, а не о припуске вообще. Разность между наибольшим и наименьшим значениями размера припуска для партии деталей называется **допуском припуска**.

Наименьшим расчётным припуском на обработку партии заготовок на выполняемом переходе Z_{ip}^{\min} называется такой припуск, снятие которого позволяет устранить погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя заготовки, полученные на предшествующих технологических переходах, а также погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе.

Величина **наибольшего расчётного припуска** на обработку партии заготовок Z_{ip}^{\max} зависит от конкретных условий выполнения каждого технологического перехода, прежде всего, от способа обеспечения заданной точности обработки (индивидуального или автоматического получения заданных размеров).

При **однопроходной обработке** поверхности на предварительно настроенном станке по методу автоматического получения заданных размеров в результате упругих отжатий элементов технологической системы имеет место явление копирования (рис. 5.1).

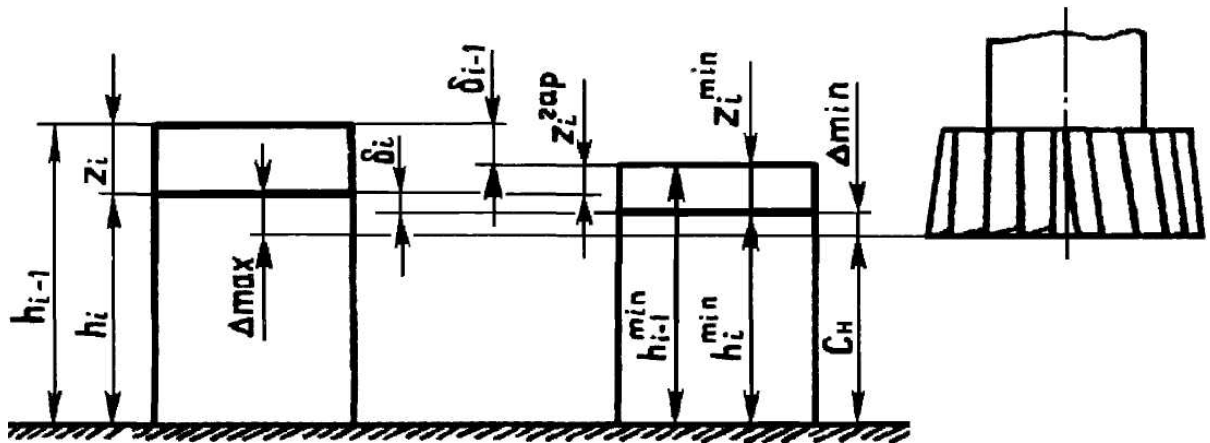


Рис. 5.1. Расположение полей припусков и допусков при фрезеровании наружной плоскости по методу автоматического получения заданных размеров

При однопроходной обработке поверхности на предварительно настроенном станке при обработке заготовки с наименьшим предельным размером H_{i-1}^{\min} получается наименьший выполняемый размер H_i^{\min} , а при обработке заготовки с наибольшим размером H_{i-1}^{\max} получается наибольший выполняемый размер H_i^{\max} . Поэтому получаются следующие уравнения:

$$Z_i^{\min} = H_{i-1}^{\min} - H_i^{\min}, \quad (5.6)$$

$$Z_i^{\max} = H_{i-1}^{\max} - H_i^{\max}, \quad (5.7)$$

$$H_{i-1}^{\max} = H_{i-1}^{\min} + \delta_{H_{i-1}}, \quad (5.8)$$

$$H_i^{\max} = H_i^{\min} + \delta_{H_i}, \quad (5.9)$$

$$Z_i^{\max} = Z_i^{\min} + \delta_{H_{i-1}} - \delta_{H_i}, \quad (5.10)$$

$$C_H^{\min} = H_i^{\min} - \Delta_i^{\min}, \quad (5.11)$$

$$C_H^{\max} = C_H^{\min} + \omega_H. \quad (5.12)$$

На рис. 5.1 и в приведённых выше уравнениях приняты следующие обозначения:

- $\delta_{H_{i-1}}$ – допуск на размер заготовки H_{i-1} , полученный на предшествующем переходе;
- δ_{H_i} – допуск на размер заготовки H_i , получаемый на выполняемом переходе;
- C_H – номинальный настроечный размер;
- ω_H – погрешность настройки станка на номинальный настроечный размер C_H ;
- Δ_i^{\max} – наибольшее смещение режущих кромок фрезы от настроенного положения, возникающее в результате упругих деформаций технологической системы и износа фрезы в процессе обработки партии заготовок;
- Δ_i^{\min} – наименьшее смещение режущих кромок фрезы от настроенного положения, возникающее в результате упругих деформаций технологической системы.

При многопроходной обработке поверхностей по методу индивидуального получения заданных размеров явление копирования отсутствует, так как рабочий – станочник устанавливает режущий инструмент на выполняемый размер для каждой заготовки, стремясь получить наибольший предельный размер для наружных поверхностей и наименьший – для внутренних поверхностей, чтобы в случае ошибки брак можно было исправить (рис. 5.2).

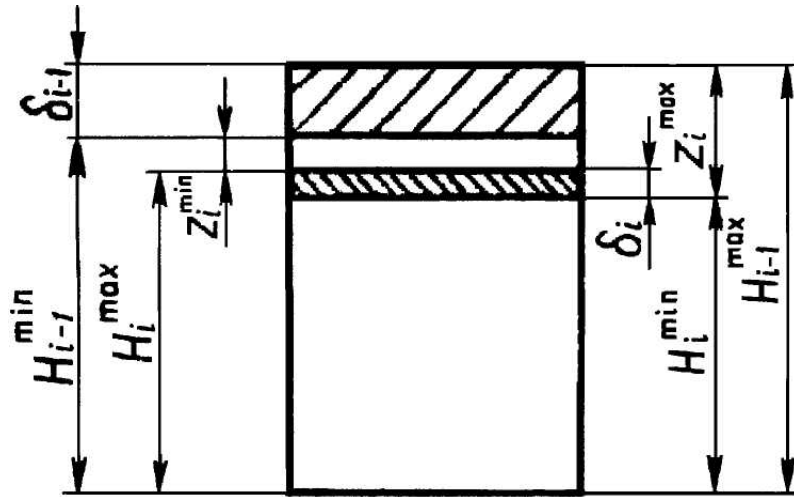


Рис. 5.2. Расположение полей припусков и допусков при обработке наружной плоскости по методу индивидуального получения заданных размеров

Так же выглядит схема расположения полей припусков при последовательном приближении размеров обрабатываемой заготовки к заданному размеру, например, при многопроходном круглом и плоском шлифовании, хонинговании отверстий, суперфинише наружных поверхностей вращения и подобных методах механической обработки заготовок, так как при таких методах обработки упругие отжатия на последних проходах практически отсутствуют из-за малых глубин резания и, соответственно, малых сил резания.

При многопроходной обработке поверхностей по методу индивидуального получения заданных размеров величина наибольшего припуска на обработку партии заготовок на i -тый выполняемый переход определяется по формуле

$$Z_i^{\max} = Z_i^{\min} + \delta_{i-1} + \delta_i . \quad (5.13)$$

5.9.2. Методы расчёта припусков

При проектировании технологических процессов нас интересуют **оптимальные величины припусков**, обеспечивающие наименьшую себестоимость изготовления детали.

Увеличенные припуски не желательно иметь как по экономическим, так и техническим соображениям.

По экономическим соображениям увеличенные припуски не желательно иметь потому, что они повышают трудоёмкость обработки заготовки, расход материала, энергии, инструмента и себестоимость обработки заготовки. Растёт также потребность в рабочей силе, оборудовании, производственных площадях.

По техническим соображениям увеличенные припуски не желательно иметь потому, что при больших припусках снимаются ценные слои материала, например в отливках самый плотный металл находится на периферии, а в сердцевине могут быть газовые раковины.

Уменьшенные припуски также не желательно иметь как по экономическим, так и техническим соображениям. По экономическим соображениям уменьшенные припуски не желательно иметь потому, что может увеличиться расход материала за счёт увеличения процента брака, что приведёт к повышению трудоёмкости и себестоимости обработки заготовки.

По техническим соображениям уменьшенные припуски не желательно иметь потому, что при малых припусках затрудняется работа режущего инструмента (например, при обработке отливок из серого чугуна режущий инструмент будет работать в зоне твёрдой литейной корки), а в ряде случаев (например, при обработке поковок, штампованных заготовок, горячекатаного проката) после обработки заготовки может остаться дефектный поверхностный слой материала («черновины»).

В машиностроении применяют 2 метода расчёта припусков на обработку: таблично-статистический (табличный) и аналитический.

5.9.2.1. Табличный метод расчёта припусков

Табличным называется такой метод расчёта припусков, при

котором общие и промежуточные припуски выбирают по таблицам нормативов, составленным на основе систематизации и обобщения производственных сведений, собранных на передовых машиностроительных заводах.

При расчёте припусков табличным методом сначала выбирают из таблиц нормативов общий припуск на каждую обрабатываемую поверхность детали. Затем выбирают по таблицам нормативов промежуточные припуски, начиная с окончательной обработки данной поверхности, а потом – для других переходов в порядке снижения точности обработки на переходе. Например, сначала выбирают припуск на шлифование, затем – на чистовое обтачивание, а после этого определяют припуск на черновое обтачивание данной поверхности.

Припуск на самую грубую (черновую) обработку поверхности нужно определять не по таблицам нормативов, а расчётом как разность между общим номинальным припуском Z_o и суммой номинальных промежуточных припусков на отделочную $Z_{отд}$ и чистовую $Z_{чист}$ обработку данной поверхности, то есть

$$Z_{черн} = Z_o - (Z_{отд} + Z_{чист}). \quad (5.14)$$

В таблицах нормативов общие припуски обычно даются номинальными, то есть отсчитываемыми от номинального размера исходной заготовки до номинального размера готовой детали.

Промежуточные припуски в разных таблицах нормативов даются по разному: в таблицах нормативов, составленных одними авторами, промежуточные припуски даются номинальными, а в таблицах, составленных другими авторами, промежуточные припуски даются минимальными. Поэтому в том случае, когда в таблицах нормативов промежуточные припуски даются минимальными, для расчёта припусков нужно сначала определить номинальный промежуточный припуск для выполняемого перехода путём прибавления к минимальному табличному промежуточному припуску на выполняемый

переход допуска на размер заготовки, полученный на предшествующем переходе.

При расчёте припусков табличным методом нужно учитывать, что в таблицах нормативов в большинстве случаев и общие, и промежуточные припуски даются на сторону.

Расчёт припусков табличным методом обычно ведут в табличной форме (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Расчёт припусков табличным методом

Наименование обрабатываемой поверхности и маршрут её обработки	Номинальный размер, мм	Допуск δ_i , мм	Размер припуска, мм		
			номин.	max	min
Поверхность 1 0. Исходная заготовка 1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание чистовое 3. Шлифование однократное Поверхность 2 0. Исходная заготовка 1. Сверление 2. Зенкерование Поверхность 3 0. Исходная заготовка 1. Фрезерование однократное					

Табличный метод расчёта припусков прост, но не даёт обоснованных величин припусков, так как не учитывает конкретные условия построения технологического процесса (метод получения заданных размеров заготовки на каждом переходе обработки поверхности, схему базирования и закрепления заготовки на станке на каждой операции обработки поверхности и другие условия).

Общие припуски при табличном методе расчёта припусков назначаются без учёта структуры процесса обработки каждой поверхности, погрешностей предшествующей обработки и погрешностей установки на выполняемых технологических переходах.

Табличные припуски в большинстве случаев завышены, так как они рассчитаны на самые худшие условия обработки поверхности заготовки.

Применение табличного метода расчёта припусков на обработку не способствует изысканию путей экономии материалов и других материальных ценностей.

Отмеченные достоинства и недостатки табличного метода расчёта припусков на обработку обусловили его применение в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве при изготовлении небольших и сравнительно дешёвых деталей.

5.9.2.2. Аналитический метод расчёта припусков

Аналитическим называется такой метод расчёта припусков на обработку, при котором общие и промежуточные припуски рассчитывают с учётом конкретных условий выполнения технологического процесса обработки каждой поверхности детали.

При аналитическом методе расчёта припусков на обработку можно выявить возможности экономии материалов и снижения трудоёмкости механической обработки как при проектировании новых заводов, так и при анализе существующих на действующем заводе технологических процессов.

При аналитическом методе расчёта припусков на обработку величину минимального промежуточного припуска на выполняемый переход Z_i^{\min} определяют 4 фактора:

- 1) высота микронеровностей $R_{Z_{i-1}}$, полученная на предшествующем переходе обработки данной поверхности;
- 2) глубина дефектной части поверхностного слоя T_{i-1} , полученная на предшествующем переходе обработки данной поверхности;
- 3) суммарное пространственное отклонение обрабатываемой

поверхности относительно технологической базы заготовки ρ_{i-1} , полученное на предшествующем переходе обработки данной поверхности;

4) погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе ε_i .

Величина $R_{Z_{i-1}}$ зависит от метода, режимов и условий выполнения предшествующей обработки.

Величина T_{i-1} зависит от вида и метода изготовления исходной заготовки и характера её предшествующей обработки. Например, у отливок из серого чугуна, полученных литьём в разовые земляные формы, T_{i-1} представляет собой глубину наружной зоны, имеющей следы формовочного песка и отбелённую перлитную корку; у стальных поковок и штампованных заготовок, полученных методами горячей штамповки, а также у горячекатаного проката T_{i-1} представляет собой глубину наружной зоны, имеющей окалину (обезуглероженный слой). Во многих случаях оказывается целесообразным сохранение части или всего поверхностного слоя, обладающего полезными свойствами (повышенная твёрдость, плотность и др.).

Суммарное значение ρ_{i-1} определяется как векторная сумма пространственных отклонений разных видов. Например, при обработке наружных поверхностей вращения заготовок из проката в центрах $\rho_{заг}$ равно векторной сумме кривизны заготовки ρ_k и погрешности зацентровки ρ_u ; при консольной обработке наружных поверхностей вращения штампованных заготовок типа тел вращения $\rho_{заг}$ равно векторной сумме погрешности $\rho_{см}$, вызванной смещением осей поверхностей, штампуемых в разных половинах штампа, и погрешности $\rho_{кор}$, вызванной короблением (кривизной) штампованной заготовки; при обработке круглого отверстия отливки, положение которого задано относительно наружной цилиндрической базовой поверхности, $\rho_{заг}$

равно векторной сумме погрешности $\rho_{см}$, вызванной смещением оси стержня, с помощью которого образуется отверстие в отливке, и погрешности $\rho_{кор}$, вызванной короблением отливки.

Величина ρ_{i-1} составляет большую часть в величине припуска.

Вследствие явления копирования (технологической наследственности) полностью удалить $\rho_{заг}$ за один проход нельзя. Остаточное суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности относительно технологической базы заготовки после выполняемого перехода $\rho_{ост} = \rho_{пред} \cdot K_{ум}$,

где $\rho_{пред}$ - суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности относительно технологической базы заготовки, которое заготовка имела перед выполняемым переходом;

$K_{ум}$ - коэффициент уточнения заготовки после выполнения технологического перехода.

Для первого перехода обработки каждой поверхности $\rho_{пред} = \rho_{заг}$, для второго перехода $\rho_{пред} = \rho_1$ и так далее.

Погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе ε_i , как рассматривалось ранее, зависит от метода установки заготовки на станке.

При установке заготовки на станке с выверкой погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе равна погрешности проверки положения заготовки после выверки и закрепления заготовки (погрешности повторной выверки), то есть

$$\varepsilon_i = \varepsilon_n. \quad (5.15)$$

При установке заготовки без выверки в специальное установочное приспособление погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{\delta i}^2 + \varepsilon_{\delta i}^2 + \varepsilon_{\delta i}^2}. \quad (5.16)$$

Если обработка поверхности выполняется за несколько переходов при неизменном установе, то для последующих после первого перехода обработки той же поверхности погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{\text{ост}} = \varepsilon_{\text{пред}} \cdot K_{\text{ум}}. \quad (5.17)$$

Общая величина минимального промежуточного припуска на выполняемый переход $Z_i^{\text{мин}}$ определяется суммированием величин $R_{Z_{i-1}}$, T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i . При этом учитывают, что ρ_{i-1} и ε_i являются векторами. Поэтому их сумму определяют по правилу суммирования векторов.

При обработке плоскостей векторы $\bar{\rho}_{i-1}$ и $\bar{\varepsilon}_i$ параллельны или направлены по одной прямой линии. Поэтому модуль их векторной суммы равен их алгебраической сумме:

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = (\rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (5.18)$$

При обработке поверхностей вращения векторы $\bar{\rho}_{i-1}$ и $\bar{\varepsilon}_i$ могут быть расположены под любым углом, предсказать который невозможно. Наиболее вероятное их суммарное значение определяется вероятностным методом суммирования:

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (5.19)$$

На основании указанных соображений получают следующие формулы для определения минимального расчётного промежуточного припуска на выполняемый переход обработки поверхности:

- 1) припуск на сторону при последовательной обработке плоскостей

$$Z_{ip}^{\text{мин}} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (5.20)$$

- 2) припуск на две стороны при параллельной обработке плоскостей

$$2Z_{ip}^{\text{мин}} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (5.21)$$

- 3) припуск на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{ip}^{\text{мин}} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right). \quad (5.22)$$

В зависимости от условий выполнения технологического перехода в указанных формулах могут быть исключены те или иные элементы припуска.

При обработке наружной цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах можно принять $\varepsilon_i = 0$, так как погрешность центровки ρ_y входит в ρ_{i-1} .

При развёртывании плавающей развёрткой и протягивании отверстий не учитывают ρ_{i-1} и ε_i , так как смещение и увод оси отверстия при этих методах обработки не исправляются, а $\varepsilon_i = 0$, так как режущий инструмент направляется обрабатываемой поверхностью.

При суперфинише и полировании, когда преследуется цель только снижения шероховатости обработанной поверхности, учитывают только $R_{Z_{i-1}}$.

При обработке чёрной поверхности заготовки без выдерживания размера («как чисто») не учитывают ε_i , а ρ_{i-1} принимают равной $\rho_{i-1} = 0,25\delta_{заг}$, где $\delta_{заг}$ - допуск на размер обрабатываемой поверхности исходной заготовки.

При шлифовании после термообработки не учитывают T_{i-1} , так как поверхностный слой заготовки имеет высокую твёрдость и должен быть сохранён.

При обработке отливок из серого чугуна считается, что дефектная часть поверхностного слоя полностью удаляется за первый переход. Поэтому для второго и последующих переходов обработки таких поверхностей принимают $T_{i-1} = 0$.

Величины $R_{Z_{i-1}}$, T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i выбираются по справочным данным.

Аналитический метод расчёта припусков трудоёмок. Поэтому его применяют в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

5.9.3. Порядок расчёта припусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам

При расчёте припусков нас в конечном итоге интересуют не размеры припусков, а промежуточные предельные размеры заготовки по переходам. Эти размеры нужны для контроля и для конструирования технологической оснастки. Конечным этапом определения промежуточных размеров заготовки является определение предельных размеров исходной заготовки.

Промежуточные размеры заготовки удобнее начинать рассчитывать с конца обработки каждой поверхности, где мы имеем размеры готовой детали, заданные конструктором на рабочем чертеже детали.

Для того, чтобы определить промежуточные размеры заготовки, нужно знать маршрут обработки каждой поверхности детали, методы получения заданных размеров для всех переходов, промежуточные припуски и допуски на промежуточные размеры.

Допуски на промежуточные размеры можно определить по таблицам нормативов или рассчитать по теории точности механической обработки.

В качестве примера покажем методику определения промежуточных размеров заготовки на базе построения схем расположения полей промежуточных припусков и предельных размеров заготовки, наружная поверхность вращения которой обрабатывается по следующему технологическому маршруту:

- 1) черновое обтачивание на предварительно настроенном станке,
- 2) чистовое обтачивание на предварительно настроенном станке,
- 3) шлифование методом продольной подачи (путём последовательного приближения к заданному размеру за несколько проходов).

Сначала построим схему расположения припусков и допусков на промежуточные и исходные размеры заготовки, обработанной по указанному технологическому маршруту (рис. 5.3).

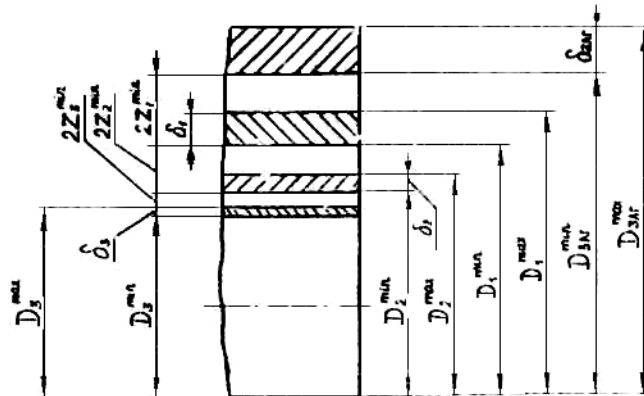


Рис. 5.3. Расположение припусков и допусков при обработке наружной цилиндрической поверхности по маршруту: черновое и чистовое обтачивание на настроенном станке и шлифование методом продольной подачи

С целью сокращения построений на рис. 5.3 поля припусков и допусков смещены в одну сторону, как принято при изображении полей допусков в системе допусков и посадок.

На рис. 5.3 приняты следующие обозначения:

$D_{заг}^{max}$ — наибольший предельный размер исходной (чёрной) заготовки;

$D_{заг}^{min}$ — наименьший предельный размер исходной (чёрной) заготовки;

D_1^{max} — наибольший предельный размер заготовки после 1-го перехода (чернового обтачивания);

D_1^{min} — наименьший предельный размер заготовки после 1-го перехода;

D_2^{max} — наибольший предельный размер заготовки после 2-го перехода (чистового обтачивания);

D_2^{min} — наименьший предельный размер заготовки после 2-го перехода;

D_3^{max} — наибольший предельный размер заготовки после 3-го

перехода (шлифования), равный наибольшему предельному размеру готовой детали;

D_3^{\min} – наименьший предельный размер заготовки после 3-го перехода, равный наименьшему предельному размеру готовой детали;

$2Z_1^{\min}$ – минимальный предельный припуск на 1-ый переход (черновое обтачивание);

$2Z_2^{\min}$ – минимальный предельный припуск на 2-ый переход (чистовое обтачивание);

$2Z_3^{\min}$ – минимальный предельный припуск на 3-ий переход (шлифование);

$\delta_{заг}$ – допуск на диаметр цилиндрической поверхности исходной (чёрной) заготовки;

δ_1 – допуск на диаметр на 1-ый переход (черновое обтачивание);

δ_2 – допуск на диаметр на 2-ый переход (чистовое обтачивание);

δ_3 – допуск на диаметр на 3-ий переход (шлифование), равный допуску на диаметр цилиндрической поверхности готовой детали.

Расчёт предельных размеров заготовки по переходам начинаем с 3-го перехода, для которого номинальный размер и допуск заданы на рабочем чертеже детали. Исходя из расположения поля допуска у готовой детали, определяем предельные размеры D_3^{\max} и D_3^{\min} .

Затем, прибавляя к D_3^{\max} минимальный припуск на шлифование, получим минимальный предельный размер после чистового обтачивания, то есть

$$D_2^{\min} = D_3^{\max} + 2Z_3^{\min}. \quad (5.23)$$

Максимальный предельный размер после чистового обтачивания получим прибавлением к D_2^{\min} допуска на чистовое обтачивание δ_2 , то

есть

$$D_2^{\max} = D_2^{\min} + \delta_2. \quad (5.24)$$

Аналогично рассчитываем:

$$D_1^{\min} = D_2^{\min} + 2Z_2^{\min}; \quad (5.25)$$

$$D_1^{\max} = D_1^{\min} + \delta_1; \quad (5.26)$$

$$D_{заг}^{\min} = D_1^{\min} + 2Z_1^{\min}; \quad (5.27)$$

$$D_{заг}^{\max} = D_{заг}^{\min} + \delta_{заг}. \quad (5.28)$$

Расчитанные промежуточные и исходные размеры заготовки необходимо округлять до последнего точного знака десятичной дроби, с каким задан допуск на размер каждого перехода в таблицах нормативов (для грубых размеров – до десятых долей миллиметра, для размеров средней точности – до сотых долей миллиметра, для точных размеров – до тысячных долей миллиметра). Округление промежуточных размеров заготовки следует производить в большую сторону для наружных и в меньшую – для внутренних поверхностей, чтобы округлённые значения минимальных предельных припусков были не меньше минимальных расчётных припусков.

После расчёта припусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам разрабатывается чертёж исходной заготовки, на котором указываются припуски на обработку, исходные размеры, допуски на них, качество поверхностей, характер термообработки, методы очистки поверхностей исходной заготовки, методы предварительной обработки заготовки, методы контроля качества заготовки и другие технические требования.

При изготовлении деталей из сортового проката необходимо определить профиль и размеры проката. При этом выбирают ближайший больший размер поперечного сечения сортового проката по соответствующему ГОСТу на сортовой прокат.

5.10. Разработка технологических операций механической обработки

На данном этапе разработки технологического процесса механической обработки детали решаются следующие задачи:

- 1) уточнение содержания и степени концентрации технологических операций обработки детали;
- 2) выбор оборудования, режущих и измерительных инструментов и станочных приспособлений;
- 3) расчёт режимов обработки и уточнение моделей станков;
- 4) корректировка режимов обработки.

5.10.1. Уточнение содержания технологических операций

На данном этапе разработки технологического процесса механической обработки детали выбираются схемы построения технологических операций: одноместная или многоместная, одноинструментная или многоинструментная; с последовательным, параллельным или параллельно-последовательным порядком обработки.

При сопоставлении возможных вариантов построения технологических операций необходимо производить экономические расчёты эффективности этих вариантов. На данном этапе проектирования сопоставление возможных вариантов построения технологических операций обычно ограничивается сопоставлением оперативного времени, равного сумме основного и вспомогательного времени ($T_{on} = T_o + T_s$). Выбирается тот вариант, у которого оперативное время наименьшее.

5.10.2. Выбор оборудования

Уточнённое содержание технологических операций позволяет

выбрать для каждой операции станок из имеющегося на заводе парка станков или по каталогам и справочникам.

При выборе оборудования нужно определить группу, основные размеры, тип и модель станка.

Группу станка (токарная, фрезерная, шлифовальная и т.д.) определяют характер операции и принятые методы обработки поверхностей детали на этой операции.

Основные размеры станка определяют габаритные размеры заготовки и размеры её обрабатываемых поверхностей.

Тип станка (токарно-винторезный, токарно-револьверный станок, многошпиндельный токарный автомат и т.п.) определяют выбранная степень концентрации технологических операций и тип производства данной детали. При высокой степени концентрации и больших масштабах выпуска деталей выбирают многосуппортные и многошпиндельные станки, на которых в процессе обработки одновременно участвует много режущих инструментов.

Решающим фактором при выборе того или иного типа станка является рентабельность процесса обработки. Экономическую оценку возможных вариантов проводят по трудоёмкости и себестоимости обработки деталей на станках разных типов. Выбирается тот тип станка, для которого себестоимость обработки деталей будет наименьшей. Точный расчёт себестоимости обработки особенно необходим при сравнении операций, выполняемых на станках, требующих сложной наладки (станки - автоматы, полуавтоматы, агрегатные станки и т.п.).

Модель станка определяют выбранные размеры и тип станка. Если какую-либо операцию можно по техническим соображениям выполнить на станках разных моделей, то ту или иную модель станка для выполнения данной операции выбирают на основании следующих факторов:

- 1) наиболее полное использование станка по точности обработки,

- 2) наиболее полное использование станка по мощности и времени,
- 3) наименьшая трудоёмкость и себестоимость обработки,
- 4) наименьшая отпускная цена станка,
- 5) реальная возможность приобретения или изготовления того или иного станка.
- б) необходимость использования имеющихся на заводе станков.

5.10.3. Выбор режущего инструмента

При выборе режущего инструмента нужно определить его тип, размеры и материал режущей части.

Тип режущего инструмента (резец, фреза, сверло и т.п.) определяется принятым методом обработки, выбранной моделью станка и типом производства данной детали.

Размеры мерного режущего инструмента (сверла, зенкера, развёртки, протяжки и т.п.) определяются на основании результатов проведённого ранее расчёта предельных промежуточных размеров заготовки по переходам.

Если применяются режущие инструменты неразмержного типа (токарные, строгальные и долбёжные резцы и т.п.), то нужно определить форму и размеры сечения державки резца в зависимости от вида и размера обрабатываемой поверхности, применяемого метода обработки и типа станка.

Материал режущей части режущего инструмента выбирают в зависимости от принятого метода обработки, свойств материала обрабатываемой заготовки и условий работы режущего инструмента (наличие ударной нагрузки, степень равномерности припуска, состав и способ подачи в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости и т.п.).

Режущая часть режущих инструментов изготавливается в основном из следующих видов инструментальных материалов:

- 1) твёрдых спечённых сплавов,
- 2) быстрорежущих сталей,
- 3) легированных инструментальных сталей,
- 4) углеродистых инструментальных сталей,
- 5) минералокерамических сплавов,
- 6) природных и синтетических алмазов и других сверхтвёрдых материалов.

Твёрдые спечённые сплавы обычно изготавливают методом порошковой металлургии (спеканием при температуре около 1500°C).

Основными компонентами твёрдых спечённых сплавов являются карбиды вольфрама, титана и тантала, которые связываются кобальтом.

ГОСТ 3882-74* (* с изменениями № 1 ÷ 6) устанавливает 3 группы твёрдых спечённых сплавов:

- 1) вольфрамовую, содержащую карбиды вольфрама (марки ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10);
- 2) титановольфрамовую, содержащую карбиды вольфрама и карбиды титана (марки Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10);
- 3) титанотанталовольфрамовую, содержащую карбиды вольфрама, карбиды титана и карбиды тантала (марки ТТ7К12, ТТ10К8Б, ТТ20К9).

В марках твёрдых спечённых сплавов цифры после буквы К обозначают приблизительное количество кобальта в процентах. В сплавах группы ВК остальное – карбиды вольфрама; в сплавах группы ТК после буквы Т указано приблизительное количество карбидов титана в процентах, а остальное – карбиды вольфрама; в сплавах группы ТТК после двух букв Т указано приблизительное общее количество карбидов титана и тантала в процентах, а остальное – карбиды вольфрама.

Основной особенностью режущего инструмента, оснащённого твёрдыми спечёнными сплавами, является высокая теплостойкость (температура в зоне резания, при которой сохраняются режущие свойства): до $950 \div 1000^{\circ}\text{C}$ – сплавы группы ВК и $1100 \div 1150^{\circ}\text{C}$ –

сплавы групп ТК и ТТК. Это позволяет вести обработку заготовок при скоростях резания $V = 120 \div 250$ м/мин. Поэтому режущие инструменты, оснащённые твёрдыми спечёнными сплавами, применяются при обработке высокопрочных металлов, включая закалённые стали, и неметаллических материалов (стекла, фарфора, пластмасс и др.).

Недостатком твёрдых спечённых сплавов является их хрупкость. Хрупкость твёрдых сплавов зависит от содержания в них кобальта. Сплавы, содержащие небольшое количество кобальта, обладают большей хрупкостью. Поэтому их применяют при чистовой обработке. Сплавы, содержащие большое количество кобальта, обладают меньшей хрупкостью. Поэтому такие сплавы применяют при черновой обработке.

Твёрдые сплавы группы ВК, как менее хрупкие, применяют при резании чугуна и других хрупких материалов.

Твёрдые сплавы группы ТК применяют при резании конструкционных углеродистых сталей.

Твёрдые сплавы группы ТТК обладают повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью. Поэтому их применяют при резании труднообрабатываемых сталей.

Твёрдые спечённые сплавы используют преимущественно в виде пластинок для оснащения резцов, свёрл, зенкеров, развёрток, фрез, а также в виде мелкогабаритного фасонного режущего инструмента (свёрла малого диаметра и др.).

Быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73) маркируются буквой Р: Р18, Р18К5Ф2, Р12Ф3, Р9К5, Р6М5 и др. Цифры, следующие за буквой Р, обозначают процентное содержание вольфрама. Буква М обозначает молибден, Ф – ванадий, К – кобальт. Цифры, следующие за этими буквами, обозначают процентное содержание указанных легирующих элементов. Содержание углерода – приблизительно 1 %.

Быстрорежущие стали имеют высокую твёрдость после закалки,

высокую прочность и износостойкость. Теплостойкость быстрорежущих сталей составляет $620 \div 650^0$ С. Поэтому они применяются в основном для изготовления сложных фасонных режущих инструментов (протяжек, метчиков, плашек, свёрл, развёрток, фасонных фрез и др.), работающих при средних и повышенных скоростях резания ($30 \div 60$ м/мин).

Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950-2000) имеют пониженную теплостойкость: $250 \div 300^0$ С.

Низколегированные стали (X, 13X и др.) применяются для изготовления слесарных инструментов.

Высоколегированные стали (9ХС, ХВГ и др.) применяются для изготовления развёрток, фасонных резцов, свёрл малого диаметра, концевых фрез, протяжек, метчиков и других инструментов, работающих при пониженных скоростях резания ($15 \div 20$ м/мин).

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435-74) маркируются буквой У: У7, У7А, У8, У8А, ..., У10, У10А и т.д. до У13. Цифры, следующие за буквой У, обозначают содержание углерода в десятых долях процента. Буква А обозначает высококачественные стали, содержащие меньше примесей серы и фосфора.

Углеродистые инструментальные стали имеют низкую теплостойкость: $200 \div 220^0$ С. Поэтому их применяют для изготовления режущих инструментов, предназначенных для ручных операций с малыми скоростями резания (напильники, зубила, шаберы, ручные метчики, плашки, ножовочные полотна и др.).

Минералокерамические сплавы (марки ЦМ-332, ЦВ-14, ВОК-60 и др.) обладают высокой твёрдостью и теплостойкостью (около 1200^0 С), но уступают твёрдым спечённым сплавам по прочности на изгиб. Поэтому их применяют в основном при чистовой обработке стальных и чугунных заготовок с высокими скоростями резания.

Природные и синтетические алмазы (марки А1, А2, А3, ..., АС2, АС4, АС6 и др.) обладают очень высокой твёрдостью, высокой

износостойкостью, высокой теплостойкостью (около 700°C), но имеют повышенную хрупкость и очень высокую стоимость. Алмазы применяют при чистовой обработке заготовок из цветных металлов и сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов. Алмазы используются в виде коронок для оснащения резцов и в виде порошков для оснащения шлифовальных кругов, брусков, лент и других режущих инструментов.

В качестве заменителей алмазов применяют сверхтвёрдые искусственные материалы эльбор (кубический нитрид бора) и кубонит. Эльбор (химическое соединение бора и азота) обладает очень высокой теплостойкостью (около 1300°C) и применяется для обработки закалённой стали, стеклопластика и др. высокопрочных материалов.

5.10.4. Выбор измерительного инструмента

Выбор измерительного инструмента зависит от вида измеряемой поверхности, требуемой точности измерения и типа производства детали. В единичном и мелкосерийном производствах применяют универсальные измерительные инструменты общего назначения (линейки, кронциркули, штангенциркули, микрометры и т.д.), а в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах применяют в основном специальные жёсткие измерительные инструменты в виде калибров и шаблонов, а также измерительные приборы, приспособления и контрольные автоматы.

5.10.5. Выбор станочных приспособлений

Выбор типа станочного приспособления зависит от типа производства детали.

В единичном и мелкосерийном производствах применяют простые универсальные станочные приспособления (2-х и 3-х кулачковые самоцентрирующие патроны, 4-х кулачковые патроны с индивидуальным приводом кулачков, планшайбы без угольников и с угольниками, машинные тиски, оправки и др.).

В среднесерийном производстве применяют специализированные станочные приспособления, переналаживаемые на обработку других деталей.

В крупносерийном и массовом производствах применяют специальные станочные приспособления.

В мелкосерийном производстве, кроме универсальных станочных приспособлений, часто применяют универсально-наладочные приспособления (УНП) и универсально-сборные приспособления (УСП). В УНП база – постоянная, а меняются при переналадке опоры. В УСП все детали и узлы являются стандартными и могут собираться в различных сочетаниях. Из комплекта деталей и узлов УСП, состоящего из 20 тысяч деталей, можно собрать одновременно до 250 различных приспособлений.

В массовом и крупносерийном производствах экономически оправдано применение механизированных станочных приспособлений с быстродействующими зажимами с пневматическими, гидравлическими, электромагнитными, вакуумными и другими приводами.

5.10.6. Расчёт режимов резания и уточнение моделей станков

Под режимом резания понимают совокупность 3-х параметров: глубина резания t , подача S и скорость резания V . В таком порядке они и устанавливаются.

При одноинструментной обработке за 1 проход глубина резания t определяется величиной промежуточного припуска, а при многопроходной обработке назначают максимально допустимую

глубину резания t . На последнем проходе глубину резания выбирают по нормативам в зависимости от заданной точности обработки детали.

Подачу S назначают в зависимости от вида обработки (предварительная, чистовая, отделочная). При предварительной обработке подачу назначают максимально возможную. При этом величина подачи ограничивается прочностью и жёсткостью наиболее слабого звена технологической системы и мощностью привода станка. При чистовой и отделочной обработке величина подачи выбирается по нормативам в зависимости от заданной шероховатости обработанной поверхности. Назначенную из указанных соображений величину подачи сверяют с паспортом станка и выбирают ближайшую меньшую паспортную величину подачи.

Скорость резания V зависит от экономической стойкости режущего инструмента T , глубины резания t и подачи S .

Расчёт скорости резания ведётся расчётно-аналитическим методом по формулам теории резания или табличным методом по таблицам нормативов. Первый метод – трудоёмкий. Поэтому чаще применяется табличный метод расчёта скорости резания.

По расчётной величине скорости резания V определяется расчётная величина частоты вращения или частоты ходов рабочего органа станка n , которую затем сверяют с паспортом станка и выбирают ближайшую меньшую паспортную величину частоты вращения или частоты ходов.

При многоинструментной обработке выбор режимов резания представляет собой сложную задачу. При этом последовательность выбора параметров режима резания глубины резания t , подачи S и скорости резания V – та же, что и при одноинструментной обработке, но здесь подача инструментов или заготовки должна быть одинаковой для всех режущих инструментов, входящих в блок, а величину подачи назначают по наиболее слабому режущему инструменту.

Стойкость режущих инструментов при многоинструментной обработке принимают большей, чем при одноинструментной обработке, так как время, затрачиваемое на смену и подналадку режущего инструмента и подналадку станка при многоинструментной обработке - значительно больше.

Расчёт скорости резания V при многоинструментной обработке ведут по специальным методикам.

По результатам расчёта режимов резания уточняется модель станка, исходя из условия наиболее полного использования его технических возможностей.

5.10.7. Корректировка режимов резания

Корректировка режимов резания преследует 2 цели:

- 1) обеспечение заданной точности обработки,
- 2) снижение вспомогательного времени, затрачиваемого на операции на переключения механизмов станка на другие режимы обработки при выполнении различных переходов.

Расчёт ожидаемой точности обработки обычно проводят только в наиболее ответственных случаях, а в других случаях ограничиваются проверкой режимов резания по таблицам достижимой точности для различных методов обработки.

Ожидаемую точность обработки рассчитывают по принятой схеме базирования и закрепления заготовки и силам резания, определённым при расчёте режимов резания.

Если принятая схема базирования и закрепления заготовки и принятые режимы резания не обеспечивают заданную точность обработки, то изменяется схема базирования и закрепления заготовки или снижаются режимы резания.

При корректировке режимов резания с целью снижения вспомогательного времени, затрачиваемого на переключения механизмов станка на другие режимы обработки, определённые расчётом подачи и частоты вращения (ходов) сводят к минимуму, сгруппировав их в группы с неизменными в пределах группы подачами или частотами вращения (ходов). В результате такой корректировки для некоторых переходов выбранные ранее режимы резания снижают, но зато получают экономию по вспомогательному времени, затрачиваемому на операции на переключения механизмов станка на другие режимы обработки.

Режимы резания корректируют **только в сторону снижения их.**

Принятые после корректировки режимы резания являются окончательными. По ним затем определяют нормы времени на выполнение переходов и операций.

5.11. Нормирование технологических операций

5.11.1. Задачи нормирования труда и виды норм времени

Основными задачами нормирования труда на предприятии являются:

- 1) изучение организации производственных процессов и затрат рабочего времени с целью разработки и внедрения в производство мероприятий, направленных на повышение производительности труда, улучшение его условий и снижение себестоимости продукции;
- 2) определение затрат времени или норм выработки продукции, соответствующих современному уровню развития техники и организации производства;
- 3) создание условий для осуществления принципа оплаты труда по количеству и качеству затраченного труда;

4) изучение передовых методов труда и создание условий, способствующих их широкому распространению.

В машиностроении применяют опытно-статистические и технически обоснованные нормы времени.

Опытно-статистической называется такая норма времени, которая установлена **суммарным методом**, основанным на личном опыте нормировщика и данных статистического учёта выпуска аналогичной продукции. Такие нормы времени устанавливаются путём сравнения нормируемых деталей с ранее обрабатывавшимися аналогичными деталями. Такой метод нормирования исключает тщательное изучение и анализ затрат рабочего времени, выявление эксплуатационных возможностей оборудования, не учитывает в должной мере опыт работы новаторов производства, поэтому не способствует использованию в полной мере резервов повышения производительности труда. Опытно-статистические нормы не вскрывают производственные неполадки и отсталые методы работы. Они обычно легко перевыполняются и не создают ни у рабочих, ни у ИТР стимулов к борьбе с производственными неполадками, повышению квалификации, лучшему освоению оборудования и внедрению более совершенных методов труда и технологических процессов.

Технически обоснованной называется такая норма времени, которая установлена при определённых организационно-технических условиях, исходя из полного и рационального использования эксплуатационных возможностей оборудования и технологической оснастки с учётом передового производственного опыта. В технически обоснованную норму времени не включаются затраты времени, вызванные отклонениями от условий, предусмотренных технологическим процессом (излишний припуск на обработку, повышенная твёрдость поверхностного слоя заготовки, исправление

брака и т.п.), а также простои из-за организационно-технических неполадок.

Нормы времени устанавливаются на определённый срок, а затем пересматриваются в связи с развитием техники и оснащённости производства, улучшением организации труда, ростом технического уровня рабочих.

5.11.2. Методы определения технически обоснованных норм времени

В зависимости от масштабов производства технически обоснованные нормы времени определяют 3-мя методами:

- 1) расчётно-аналитическим,
- 2) аналитически-исследовательским,
- 3) методом сравнения.

Расчётно-аналитическим методом называется такой метод определения норм времени, при котором технически обоснованная норма времени определяется расчётом по элементам работы, продолжительность выполнения которых определяется по нормативам. Этот метод определения норм времени наиболее правильный и обоснованный. Он применяется в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Аналитически-исследовательским методом называется такой метод определения норм времени, при котором технически обоснованная норма времени определяется расчётом по элементам работы, продолжительность выполнения которых определяется на основе изучения затрат рабочего времени с помощью наблюдения и хронометража (многократных замеров с помощью секундомера) на рабочем месте или в технологической лаборатории. Этот метод определения норм времени применяется там, где нет нормативов (например, для нормирования сборочных работ по сборке оригинальных

изделий), а также при составлении нормативов. При наблюдении ориентируются на рабочих, выполняющих нормы времени, но не на рекордсменов.

Методом сравнения называется такой метод определения норм времени, при котором технически обоснованная норма времени определяется путём сравнения конкретной нормируемой операции с аналогичной операцией типовой детали, схожей с нормируемой по конфигурации и технологии изготовления, и расчёта по укрупнённым типовым нормам. Сравнение нормируемой детали с типовыми деталями проводится по соотношению главных параметров, характеризующих размеры обработки. Укрупнённые типовые нормы определяются расчётно-аналитическим методом. При методе сравнения нормы времени определяются более приближённо, чем при первых двух методах. Метод сравнения применяется в единичном и мелкосерийном производствах. По мере создания укрупнённых нормативов метод сравнения должен заменить суммарный метод, применяемый при определении опытно-статистических норм времени.

5.11.3. Виды технически обоснованных норм времени и их структура

При нормировании труда в машиностроении различают 3 вида технически обоснованных норм времени:

- 1) норма времени на обработку партии деталей на операции T_{part} ,
- 2) норма штучного времени на операцию $T_{ш}$,
- 3) норма штучно-калькуляционного времени на операцию $T_{ш.к}$.

Норма времени на обработку партии деталей на операции T_{part} определяется по формуле

$$T_{part} = T_{н.з.} + T_{ш} \cdot n, \quad (5.29)$$

где $T_{н.з.}$ – норма подготовительно-заключительного времени на партию обрабатываемых деталей,

$T_{ш}$ – норма штучного времени на операцию,

n – число деталей в партии.

Нормой подготовительно-заключительного времени называется норма времени на подготовку рабочих и средств производства к выполнению технологической операции и приведение их в первоначальное состояние после её окончания для партии предметов труда.

Нормой штучного времени называется норма времени на выполнение объёма работы, затрачиваемой на один предмет труда, при выполнении технологической операции.

Норма штучного времени на операцию $T_{ш}$ определяется по формуле

$$T_{ш} = T_o + T_в + T_{обсл} + T_{л.п.}, \quad (5.30)$$

где T_o – норма основного времени на операцию,

$T_в$ – норма вспомогательного времени на операцию,

$T_{обсл}$ – норма времени обслуживания рабочего места на операцию,

$T_{л.п.}$ – норма времени на личные потребности на операцию.

Нормой основного времени на операцию называется норма времени на достижение непосредственной цели данной технологической операции по качественному и (или) количественному изменению предмета труда.

Нормой вспомогательного времени на операцию называется норма времени на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы, являющейся целью технологической операции.

Нормой времени обслуживания рабочего места на операцию называется часть норма штучного времени, затрачиваемая исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом.

Нормой времени на личные потребности на операцию называется часть норма штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых.

Составная часть нормы штучного времени, состоящая из суммы норм основного и неперекрываемого им вспомогательного времени, называется нормой оперативного времени: $T_{on} = T_o + T_e$.

Нормой штучно-калькуляционного времени называется норма времени на выполнение объёма работы, затрачиваемой на один предмет труда, при выполнении технологической операции с учётом доли подготовительно-заключительного времени, приходящегося на 1 предмет труда:

$$T_{ш.к.} = \frac{T_{напр}}{n} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{ш.} \quad (5.31)$$

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{н.з.}$ зависит от оборудования, на котором выполняется операция, характера операции, степени сложности наладки и не зависит от размера партии предметов труда.

Как самостоятельная часть нормы времени величина $T_{н.з.}$ определяется в единичном и мелкосерийном производствах и для машинных операций в среднесерийном производстве.

Для ручных и машинно-ручных операций обычно $T_{н.з.}$ отдельно не нормируют, а включают в процентах от T_{on} в состав $T_{ш.к.}$.

В крупносерийном и массовом производствах $T_{н.з.}$ в норму времени станочника не входит, так как в этом случае подготовку рабочего места проводят наладчики и вспомогательные рабочие до начала работы станочника.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{н.з.}$ определяется по нормативам.

При определении нормы основного времени T_o различают машинные, машинно-ручные и ручные операции.

В машинных операциях движение рабочего инструмента относительно обрабатываемого изделия является равномерным. Поэтому основное время, необходимое для выполнения перехода, можно определить по законам теоретической механики как отношение пути перемещения рабочего инструмента относительно обрабатываемого изделия в процессе его обработки к скорости этого перемещения, то есть

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_m} \text{ (мин)}, \quad (5.32)$$

где L – длина прохода в мм,

i – число проходов (рабочих ходов) в переходе,

S_m – минутная подача рабочего инструмента или обрабатываемого изделия в процессе обработки в мм/мин.

Длина прохода L представляет собой расчётную длину обработки в направлении подачи рабочего инструмента или обрабатываемого изделия. Она определяется по формуле

$$L = l_{ер} + l_o + l_{вых}, \quad (5.33)$$

где $l_{ер}$ – длина пути врезания режущего инструмента на полную глубину резания,

l_o – основная длина обработки (длина обрабатываемой поверхности),

$l_{вых}$ – длина пути выхода (перебега) режущего инструмента с целью предотвращения образования заусенца в конце обработанной поверхности.

Если на станке подача задана на оборот, то минутная подача определяется по формуле

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (5.34)$$

где S_o – подача на оборот в мм/об,

n – частота вращения режущего инструмента или обрабатываемого изделия в об/мин.

Если на станке подача задана на зуб, то минутная подача определяется по формуле

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n, \quad (5.35)$$

где S_z – подача рабочего инструмента или обрабатываемого изделия в процессе обработки в мм/зуб.

В **машинно-ручных операциях** величина подачи зависит от производственных навыков и квалификации рабочих. Расчётные значения ручных подач принимают на основе производственных и экспериментальных сведений. Например, для зенкования и цекования отверстий ручную подачу принимают $S_o \text{ руч} = 0,05 \div 0,20$ мм/об в зависимости от диаметра отверстия (для больших диаметров подачу выбирают большой, для малых диаметров – небольшой).

Для **ручных операций** (слесарных, сборочных и др.) норму основного времени T_o определяют по нормативам на такие операции, Причём, в этом случае нормируется сразу оперативное время T_{op} .

Норма вспомогательного времени на операцию T_e для машинных операций определяется по нормативам или путём непосредственного измерения на рабочем месте.

В массовом производстве T_e нормируется по отдельным приёмам, в крупносерийном и среднесерийном производствах – по комплексам приёмов для отдельных переходов или обрабатываемых поверхностей, а в единичном и мелкосерийном производствах – по переходам и операциям для типовых поверхностей и деталей.

При нормировании T_e учитывают возможность выполнения некоторых вспомогательных приёмов во время автоматической работы оборудования, то есть частичное перекрытие вспомогательного времени основным временем. Нормируется только та часть вспомогательного времени, которая не перекрывается основным временем.

Норма вспомогательного времени на операцию T_e учитывает затраты времени на установку и снятие детали $T_{уст}$, выполнение

приёмов, связанных с выполнением переходов $T_{пер}$ (подвод режущего инструмента к обрабатываемой заготовке, включение и выключение подачи, изменение частоты вращения шпинделя станка и подачи, пробные проходы и промеры и др.), а также контрольные измерения обработанных поверхностей после окончания обработки $T_{изм}$.

В крупносерийном и среднесерийном производствах норма вспомогательного времени на операцию $T_{в}$ определяется по формуле

$$T_{в} = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}.$$

Норма времени обслуживания рабочего места $T_{обсл}$ учитывает затраты времени на смену затупившегося режущего инструмента, подналадку станка, подготовку рабочего места к работе в начале смены, чистку и смазку станка в течение смены и уборку рабочего места в конце смены.

$T_{обсл}$ определяется в процентах от $T_{он}$ по нормативам.

Для станочных работ $T_{обсл}$ равно от 1,6 до 10,5 % от $T_{он}$.

Норма времени на личные потребности на операцию $T_{л.п.}$ определяется в процентах от $T_{он}$ по нормативам. Причём, время на физические потребности для всех видов работ равно 2 % от $T_{он}$, а время на отдых равно от 2 до 12 % от $T_{он}$ в зависимости от вида выполняемых работ, применяемого оборудования и наличия факторов, влияющих на утомляемость рабочих.

5.12. Экономическая оценка технологических процессов

При проектировании технологических процессов выполняют полную или частичную экономическую оценку вариантов технологического процесса.

Полная экономическая оценка вариантов технологического процесса выполняется по себестоимости изготовления изделий и сроку

окупаемости дополнительных капитальных вложений.

При сравнении вариантов технологического процесса обычно определяют технологическую себестоимость, представляющую собой часть себестоимости, которая зависит от технологического процесса, а затраты, не зависящие от технологического процесса, не учитывают, так как они остаются неизменными в сравниваемых вариантах технологического процесса.

Определение технологической себестоимости выполняют 2-мя методами: методом прямого калькулирования (поэлементным методом) и нормативным методом. Более точен метод прямого калькулирования, менее точен нормативный метод.

При методе прямого калькулирования технологическая себестоимость C_T определяется по формуле

$$C_T = M + З + Э + А + О + Р + И + П, \quad (5.36)$$

где M – затраты на материалы или заготовки, приходящиеся на 1 изделие, за вычетом возвращаемой суммы за сдачу отходов;

$З$ – зарплата производственных рабочих с начислениями (на оплату отпусков, социальное страхование, в пенсионный фонд и др.) в расчёте на 1 изделие;

$Э$ – расходы на энергию, потребляемую оборудованием, приходящиеся на 1 изделие;

$А$ – расходы на амортизацию оборудования, приходящиеся на 1 изделие;

$О$ – расходы на содержание оборудования, приходящиеся на 1 изделие;

$Р$ – расходы на текущий ремонт оборудования, приходящиеся на 1 изделие;

$И$ – расходы на эксплуатацию и амортизацию инструмента, приходящиеся на 1 изделие;

$П$ – расходы на эксплуатацию и амортизацию приспособлений,

приходящиеся на 1 изделие.

Расходы по каждой статье себестоимости определяются расчётом с использованием нормативов (см. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова).

Метод прямого калькулирования обладает большой трудоёмкостью расчётов себестоимости.

Трудоёмкость расчётов себестоимости можно значительно сократить, если использовать **нормативный метод** определения себестоимости (см. там же). Сущность этого метода заключается в определении косвенных затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией оборудования, по удельным затратам, приходящимся на 1 машино-час или на 1 станко-минуту работы соответствующего станка для выполнения данной операции, с последующим суммированием затрат по операциям технологического процесса.

Для выбора наиболее экономичного варианта сопоставления себестоимости недостаточно. Необходимо определить ещё расчётный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений T_p , который должен быть меньше нормативного срока окупаемости дополнительных капитальных вложений T_n :

$$T_p = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} < T_n, \quad (5.37)$$

где K_1 и K_2 – капитальные вложения по 1-му и 2-му вариантам технологического процесса,

C_1 и C_2 – себестоимость годового выпуска изделий по 1-му и 2-му вариантам технологического процесса.

Величина $K_2 - K_1 = \Delta K$ представляет собой дополнительные капитальные вложения, необходимые для осуществления 2-го (более дорогого) варианта технологического процесса, а $C_1 - C_2 = \Delta C$ – годовую экономию от применения 2-го (более дорогого) варианта

технологического процесса.

Для машиностроения $T_n = 8,3$ года.

Полная экономическая оценка вариантов технологического процесса требует больших затрат времени. Поэтому на практике часто выполняют лишь частичную экономическую оценку вариантов технологического процесса.

Частичная экономическая оценка вариантов технологического процесса выполняется с помощью частных показателей:

- 1) трудоёмкость механической обработки,
- 2) трудоёмкость наладки оборудования,
- 3) коэффициент основного времени,
- 4) станкоёмкость,
- 5) коэффициент загрузки станков по мощности,
- 6) коэффициент загрузки станков по времени,
- 7) коэффициент использования материала.

Эти показатели носят частный характер и не характеризуют экономичность изготовления изделия в целом. Поэтому частные показатели в основном применяют для экономической оценки вариантов отдельных операций технологических процессов.

В серийном производстве, когда оборудование переналаживается на обработку каждой партии деталей, сопоставление вариантов операции выполняют не только по трудоёмкости обработки, но и по времени, затрачиваемому на наладку оборудования на выполнение операции, которое учитывается величиной подготовительно-заключительного времени на операцию $T_{н.з.}$ (рис. 5.3).

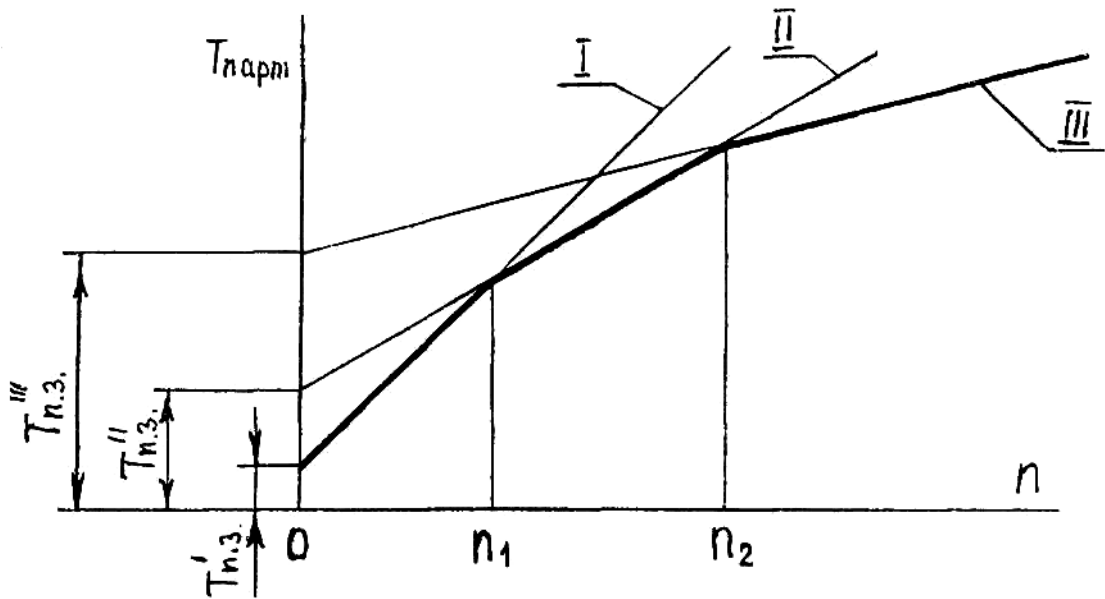


Рис. 5.3. График зависимости времени обработки партии деталей на операции от числа деталей в партии на станках разных типов. При построении графиков зависимости нормы времени на обработку партии деталей на операции $T_{н.п.р.}$ от числа деталей в партии используется формула (5.29) для определения величины $T_{н.п.р.}$.

На рис. 5.3 цифрами *I*, *II*, *III* обозначены варианты выполнения одной и той же операции на станках разных типов, например, *I* – на токарно-винторезном станке, *II* – на токарно-револьверном станке, *III* – на токарном автомате.

Из рис. 5.3 следует:

если $0 < n < n_1$, то выгоден вариант *I*,

если $n = n_1$, то варианты *I* и *II* равноценны и выгоднее варианта *III*,

если $n_1 < n < n_2$, то выгоден вариант *II*,

если $n = n_2$, то варианты *II* и *III* равноценны и выгоднее варианта *I*,

если $n > n_2$, то выгоден вариант *III*.

Коэффициент основного времени η_o характеризует долю основного времени в общем времени выполнения операции. Для серийного производства коэффициент основного времени η_o определяется как отношение нормы основного времени на операции T_o к норме штучно-калькуляционному времени на операцию $T_{ш.к.}$:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ш.к.}}. \quad (5.38)$$

Высокий коэффициент основного времени характеризует рациональное построение операции.

Коэффициент загрузки станка по мощности η_m характеризует степень использования станка по мощности установленного электродвигателя. Он определяется как отношение эффективной мощности резания N_{Δ} к мощности электродвигателя станка N_{δ} :

$$\eta_m = \frac{N_{\Delta}}{N_{\delta}}. \quad (5.39)$$

При этом эффективная мощность резания N_{Δ} определяется по формуле:

$$N_{\Delta} = \frac{N_{рез}}{\eta}, \quad (5.40)$$

где $N_{рез}$ – расчётная мощность, затрачиваемая на процесс резания при выбранных параметрах процесса резания;

η – коэффициент полезного действия станка, который указывается в паспорте станка при определённой частоте вращения шпинделя.

Коэффициент использования материала γ характеризует степень использования материала исходной заготовки:

$$\gamma = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}, \quad (5.41)$$

где $M_{дет}$ – масса готовой детали,

$M_{заг}$ – масса исходной заготовки.

5.13. Оформление технологического процесса

5.13.1. Виды и комплектность технологических документов

Выбранный вариант технологического процесса фиксируется в

технологической документации той или иной формы с большей или меньшей подробностью в зависимости от типа производства и сложности изделия.

Технологическая документация предназначена для планирования и осуществления технологического процесса, а также для контроля соблюдения технологической дисциплины при выполнении указаний, предусмотренных спроектированными технологическими процессами.

В машиностроении правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации определяют межгосударственные стандарты Единой системы технологической документации (ЕСТД): ГОСТ 3.1101-81 и др..

В зависимости от назначения технологические документы подразделяют на основные и вспомогательные.

К **основным** относят 2 вида документов:

1) документы, содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач;

2) документы, полностью и однозначно определяющие технологический процесс или операцию изготовления или ремонта изделия или составных частей изделия.

К **вспомогательным** относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций, например, карта заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др.

Основные технологические документы подразделяют на документы общего и специального назначения.

К документам **общего назначения** относят технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы и операции, независимо от применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий или

составных частей изделий. К документам общего назначения относятся 3 вида документов: титульный лист (условное обозначение – ТЛ), карта эскизов (КЭ), технологическая инструкция (ТИ).

К документам **специального назначения** относят документы, применяемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий или составных частей изделий. К документам специального назначения относятся 26 видов документов: маршрутная карта (МК), карта технологического процесса (КТП), карта типового (группового) технологического процесса (КТТП), операционная карта (ОК), карта типовой (групповой) операции (КТО), комплектовочная карта (КК), карта наладки (КН), ведомость оснастки (ВО), ведомость оборудования (ВОБ) и др.

Состав применяемых видов документов определяется разработчиком документов в зависимости от стадий разработки технологической документации, типа и характера производства.

Формы технологических документов, применяемых для разработки технологических процессов, должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов (см. приложения).

5.13.2. Общие требования к технологическим документам и правила их оформления

Общие требования к формам и бланкам технологических документов, а также правила выполнения технологических документов разных видов устанавливают стандарты ЕСТД.

Формы технологических документов должны соответствовать требованиям стандартов ЕСТД, требованиям отраслевых стандартов и стандартов предприятий, разработанных в развитие и на основании

стандартов ЕСТД.

Формы документов служат основным документом для изготовления бланков документов.

Бланки технологических документов следует изготавливать любым способом размножения (типографским, светокопированием и т.п.). Допускается выполнять бланки на электромеханических печатающих устройствах ЭВМ одновременно с разработкой технологических документов. При этом допускаются реквизиты, которые невозможно напечатать, выполнять любым неавтоматизированным способом (от руки, резиновым штампом и т.п.).

В текстовых документах запись информации следует выполнять машинописным, машинным и рукописным способами чёрным цветом.

При записи информации рукописным способом (чернилами, тушью, пастой) высота букв и цифр должна быть не менее 2,5 мм. Запись должна быть произведена чётким почерком.

В документах должны быть использованы термины и определения, установленные соответствующими нормативными документами. Следует применять допускаемые сокращения слов и словосочетаний, условные обозначения единиц физических величин, характеристик, параметров, графических обозначений, установленные соответствующими нормативными документами.

Общепринятые условные обозначения геометрических параметров и режимов выполнения технологических процессов, установленные соответствующими нормативными документами, следует применять без наименований условного обозначения, а при установленных общих единицах физических величин – без указания размерности.

Значения характеристик, параметров, физических величин следует записывать цифрами с предельными отклонениями. Предельные отклонения следует записывать в строку за цифровым значением с указанием знаков расположения поля допуска.

Запись наименований операций следует выполнять в соответствии с Классификатором технологических операций машиностроения и приборостроения в полной или краткой форме. Форму записи наименования операции определяет разработчик документа.

Нумерацию операций следует выполнять числами ряда арифметической прогрессии (5; 10; 15; 20 и т.д.). Промежуточные цифры, при необходимости, используют для нумерации операций, разрабатываемых дополнительно взамен аннулированных. При проектировании документов с применением средств вычислительной техники нумерацию операций следует выполнять трёхзначным числом (005; 010; 015 и т.д.).

Наименование и модель оборудования записывают по его паспорту, например «*токарно-винторезный станок 1К62*». Допускается применять сокращения слов в наименовании оборудования, например: «*Ток.винторез. ст-к*»; «*Ток. ст-к*». Допускается не указывать наименование оборудования при указании его модели.

Для описания содержания процесса (операций) применяют 3 вида описания: маршрутное, операционное, маршрутно-операционное.

Маршрутное описание технологических процессов, в основном, следует применять в единичном и мелкосерийном производствах.

При маршрутном описании операций в тексте не должна отражаться информация по вспомогательным переходам.

Операционное описание технологических процессов применяют в серийном и массовом производствах. Для описания операций в этих случаях в основном применяют операционные карты.

При операционном описании всю операцию разбивают на технологические (основные) и вспомогательные переходы.

Запись содержания переходов следует выполнять по Классификатору технологических переходов машиностроения и приборостроения.

Для обозначения порядковых номеров технологических переходов следует применять арабские цифры в порядке возрастания (1, 2, 3 и т.д.). После номера перехода нужно ставить точку.

Начало записи перехода следует начинать с прописной буквы. Содержание перехода нужно записывать в краткой форме с применением допускаемых сокращений слов.

Маршрутно-операционное описание технологических процессов применяют в единичном и мелкосерийном производствах, где в документах встречается и маршрутное, и операционное описание технологического процесса. Обычно в этих случаях маршрутное описание применяют для простых операций, а операционное описание – для сложных операций.

Информацию по технологической оснастке указывают после содержания операции при маршрутном описании технологического процесса и после перехода – при операционном описании технологического процесса. При записи информации по технологической оснастке сначала указывают информацию о приспособлении, затем – информацию о вспомогательном инструменте, после этого – о режущем и слесарном инструменте и в конце – о средствах измерения.

Информация по технологической оснастке состоит из наименования, модели, типа, обозначения стандарта и т.п.

Если одна и та же технологическая оснастка применяется в других переходах, то при операционном описании технологического процесса в целях сокращения записи информации допускается после её наименования в том переходе, где её применяют в первый раз, указывать в скобках номера переходов, где она применяется, а в последующих переходах эту информацию не указывать.

Информацию о технологических режимах указывают при операционном описании технологических процессов после записи

информации о технологической оснастке в соответствии с требованиями стандартов ЕСТД с учётом формы применяемых документов.

Графические документы следует применять совместно с текстовыми документами для описания технологических процессов и операций или других технологических действий, связанных с изготовлением изделий, обслуживанием и подготовкой рабочих мест, средств технологического оснащения и т.п.

Графические документы включают в себя:

- эскизы на изделия, разрабатываемые к процессам и операциям с указанием всех необходимых параметров;
- эскизы на технологические установки и позиции;
- эскизы к картам наладки средств технологического оснащения;
- таблицы для указания исходных данных;
- схемы;
- графики и диаграммы, относящиеся к настройке оборудования, указанию режимов термической обработки, выполнению действий при испытании изделий и т.п.

Графические изображения следует выполнять на формах карт эскизов или в соответствующих зонах операционных карт, или в других документах, установленных стандартами или рекомендациями ЕСТД.

При выполнении эскизов необходимо руководствоваться следующими общими требованиями:

- 1) на эскизах изображения заготовок (деталей, сборочных единиц и т.п.) в основном должны быть представлены в их рабочем положении;
- 2) эскизы на изображения изделий и их составные части следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным выдерживанием пропорций (графических элементов, составных частей и т.п.);
- 3) изображение изделия или его составной части на поле документа следует располагать таким образом, чтобы можно было комплексно

разместить размеры и их предельные отклонения, обозначение шероховатости, обозначения опор, зажимов и установочных устройств, допуски формы и расположения поверхностей, таблицы и технические требования к эскизам (при необходимости), обозначения позиций составных частей изделия (для процессов и операций сборки);

4) при выполнении изображений изделий и их составных частей следует указывать соответствующие их виды, разрезы и сечения по ГОСТ 2.305-68. При этом количество видов, разрезов и сечений устанавливает разработчик документов;

5) размеры и их предельные отклонения на эскизах необходимо наносить по ГОСТ 2.307-68. При этом предельные отклонения линейных и угловых размеров указывают в виде числовых значений; размеры фасок и радиусов скруглений в основном приводят без указания предельных отклонений; все размеры и конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей рекомендуется условно номеровать арабскими цифрами, проставленными в окружностях диаметром $6 \div 8$ мм и соединённых с размерной или выносной линией, с нумерацией по часовой стрелке, начиная с левой верхней части эскиза;

6) на эскизах к операциям поверхности деталей, подлежащие обработке, следует выделять линиями толщиной $2S$ по ГОСТ 2.303-68;

7) обозначения шероховатости поверхности на эскизах следует выполнять в соответствии с ГОСТ 2.309-73;

8) в целях сокращения записи текстовой информации на эскизах к операциям следует указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81;

9) допуски формы и расположения поверхностей в эскизах следует указывать в соответствии с ГОСТ 2.308-79;

10) при необходимости в зонах для эскизов следует помещать таблицы и соответствующие технические требования;

11) для обозначения установов следует применять прописные буквы

русского алфавита (Установ *А*, Установ *Б*, и т.д.), а для обозначения позиций – арабские цифры натурального ряда (Позиция 1, Позиция 2 и т.д.).

5.13.3. Правила записи операций и переходов при обработке резанием

Запись операций и переходов при обработке резанием должна выполняться по ГОСТ 3.1702-79* (с Изменением № 1, утверждённым в декабре 1982 г.).

Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже (за исключением операции «Галтовка»).

ГОСТ установил 16 групп операций обработки резанием (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Группы операций обработки резанием

Номер группы операций	Наименование группы операций	Применяемое оборудование (станки)
1	2	3
01	Автоматно-линейная	Автоматические линии
02	Агрегатная	Агрегатные
03	Долбежная	Долбежные
04	Зубообрабатывающая	Зубофрезерные, зубострогальные, зубошлифовальные и др.
05	Комбинированная	Сверлильно-фрезерные и др.

Окончание табл.5.3

1	2	3
06	Отделочная	Хонинговальные, суперфинишные, доводочные, полировальные
07	Отрезная	Отрезные
08	Программная	Станки с программным управлением
09	Протяжная	Протяжные
10	Расточная	Расточные
11	Резьбонарезная	Гайконарезные, резьбофрезерные и др.
12	Сверлильная	Сверлильные
13	Строгальная	Строгальные
14	Токарная	Токарные, токарно-винторезные, многорезцовые и др.

15	Фрезерная	Фрезерные (кроме зубо- и резбофрезерных) Шлифовальные (кроме зубошлифовальных)
16	Шлифовальная	

ГОСТ 3.1702 установил 96 наименований операций обработки резанием (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Наименования операций обработки резанием

Номер		Наименование операции	Номер		Наименование операции
операции по порядку	группы операций		операции по порядку	группы операций	
1	2	3	4	5	6
01	01	Автоматно-линейная	49	11	Резьбонакатная
02	02	Агрегатная	50	12	Вертикально-сверлильная
03	03	Долбежная	51	12	Горизонтально-сверлильная
04	04	Зубодолбежная	52	12	Координатно-сверлильная
05	04	Зубозакругляющая	53	12	Радиально-сверлильная
06	04	Зубонакатная	54	12	Сверлильно-центровальная
07	04	Зубообкатывающая	55	13	Поперечно-строгальная
08	04	Зубоприрабатывающая	56	13	Продольно-строгальная
09	04	Зубопритирочная	57	14	Автоматная токарная
10	04	Зубопротяжная	58	14	Вальцетокарная
11	04	Зубострогальная	59	14	Лоботокарная
12	04	Зуботокарная	60	14	Резьботокарная
13	04	Зубофрезерная	61	14	Специальная токарная
14	04	Зубохонинговальная	62	14	Токарно-бесцентровая
15	04	Зубошевинговальная	63	14	Токарно-винторезная
16	04	Зубошлифовальная	64	14	Токарно-затыловочная
17	04	Специальная зубообрабатывающая	65	14	Токарно-карусельная
18	04	Шлиценакатная	66	14	Токарно-копировальная
19	04	Шлицестрогальная	67	14	Токарно-револьверная
20	04	Шлицефрезерная	68	14	Торцеподрезная центровальная
21	05	Комбинированная	69	15	Барабанно-фрезерная
22	06	Виброабразивная	70	15	Вертикально-фрезерная
23	06	Галтовка	71	15	Горизонтально-фрезерная
24	06	Доводочная	72	15	Гравировально-фрезерная

Окончание табл. 5.4

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

25	06	Опиловочная	73	15	Карусельно-фрезерная
26	06	Полировальная	74	15	Копировально-фрезерная
27	06	Притирочная	75	15	Продольно-фрезерная
28	06	Суперфинишная	76	11	Резьбофрезерная
29	06	Хонинговальная	77	15	Специальная фрезерная
30	07	Абразивно-отрезная	78	15	Универсально-фрезерная
31	07	Ленточно-отрезная	79	15	Фрезерно-центровальная
32	07	Ножовочно-отрезная	80	15	Шпоночно-фрезерная
33	07	Пило-отрезная	81	16	Бесцентрово-шлифовальная
34	07	Токарно-отрезная	82	16	Вальцешлифовальная
35	07	Фрезерно-отрезная	83	16	Внутришлифовальная
36	08	Расточная с ЧПУ	84	16	Заточная
37	08	Сверлильная с ЧПУ	85	16	Карусельно-шлифовальная
38	08	Токарная с ЧПУ	86	16	Координатно-шлифовальная
39	08	Фрезерная с ЧПУ	87	16	Круглошлифовальная
40	08	Шлифовальная с ЧПУ	88	16	Ленточно-шлифовальная
41	09	Вертикально-протяжная	89	16	Обдирочно-шлифовальная
42	09	Горизонтально-протяжная	90	16	Плоскошлифовальная
43	10	Алмазно-расточная	91	16	Резьбошлифовальная
44	10	Вертикально-расточная	92	16	Торцешлифовальная
45	10	Горизонтально-расточная	93	16	Центрошлифовальная
46	10	Координатно-расточная	94	16	Шлифовальная специальная
47	11	Болтонарезная	95	16	Шлифовально-затыловочная
48	11	Гайконарезная	96	16	Шлицешлифовальная

Допускается использовать сокращённую форму записи наименования операции, применяя наименование группы операций.

Допускается вносить код операции по Классификатору технологических операций в машиностроении и приборостроении и не указывать наименование соответствующей операции.

В содержании операции должны быть отражены все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем или исполнителями, по обработке изделия или его составных частей на одном рабочем месте.

В содержание операции должно быть включено 4 вида информации:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределённой форме (например, *точить, сверлить, фрезеровать*);

2) наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (например, *цилиндр, галтель,*

заготовка);

3) информация по размерам или их условным обозначениям;

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей и характер обработки (например, *предварительно, одновременно, по копиру*).

При маршрутном описании запись содержания операции следует начинать с ключевого слова. На втором месте указывают дополнительную информацию, указывающую количество одновременно или последовательно обрабатываемых. На третьем месте указывают дополнительную информацию, характеризующую особенность формы или расположения обрабатываемой поверхности (*внутренняя, глухое, сквозное, наружная, фасонная, T-образный*). На четвертом месте указывают наименование предмета производства, обрабатываемой поверхности или конструктивного элемента (*буртик, галтель, заготовка, канавка, лыска, отверстие, поверхность, цилиндр*). На пятом месте указывают условное обозначение размеров и конструктивных элементов (d – диаметр; l – длина; b – ширина; r – радиус; c – фаска; \angle – угол). В конце записи содержания операции указывают дополнительную информацию, выражающую характер обработки (*«предварительно»; «окончательно»; «одновременно»; «последовательно»; «по копиру»; «согласно чертежу»*).

При записи содержания операции допускается полная или сокращённая форма записи.

Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений и для комплексного отражения всех действий, выполняемых исполнителем или исполнителями. В этом случае следует указывать дополнительную информацию в приведённом выше порядке.

Пример полной записи содержания операции:

«Сверлить 4 сквозных отверстия с последующим зенкованием

фасок, выдерживая $d = 10 + 0,2$; $d = 40 \pm 0,05$; $< 90^\circ \pm 30'$ и $1 \times 45^\circ$ согласно чертежу».

Сокращённую запись содержания операции следует выполнять при наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке резанием (рис. 5.4).

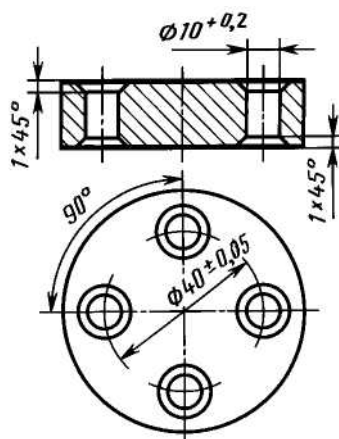


Рис. 5.4. Эскиз обрабатываемой детали

В этом случае в записи содержания операции дополнительную информацию не указывают.

Пример сокращённой записи содержания операции:

«Сверлить 4 отв. $d = 10 + 0,2$, зенковать фаски $1 \times 45^\circ$ согласно чертежу».

В содержание перехода должно быть включено 3 вида информации:

- 1) ключевое слово;
- 2) наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства;
- 3) условное обозначение размеров и конструктивных элементов.

При записи содержания перехода также допускается полная или сокращённая форма записи.

Полную запись следует выполнять при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров. Такая запись характерна для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций.

В этом случае в записи содержания перехода следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями.

Например, «Точить поверхность, выдерживая $d = 40-0,34$ и $l = 100\pm 0,6$ ».

Сокращённую запись содержания перехода следует выполнять при условии ссылки на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Эту запись выполняют при достаточной графической информации.

Например, «Точить поверхность 1» (рис. 5.5).

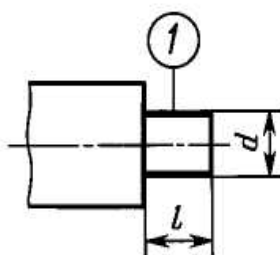


Рис. 5.5. Операционный эскиз обрабатываемой детали

Допускается в записи содержания перехода применять дополнительную информацию, применяемую при маршрутном описании операций.

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с приложением 7 к ГОСТ 3.1702-79 (табл. 5.5).

Запись вспомогательных переходов следует выполнять в соответствии с указанными выше правилами для технологических переходов,

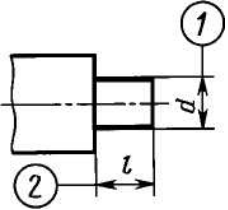
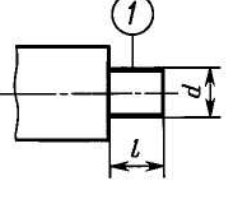
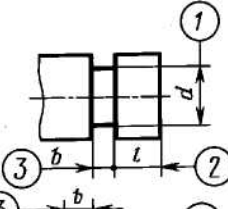
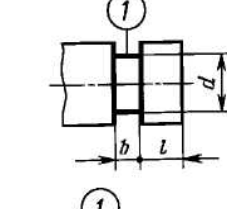
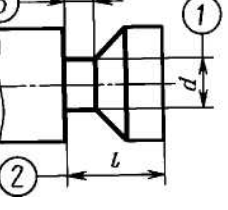
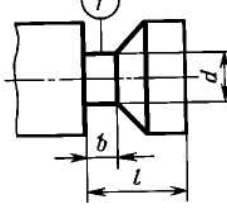
Запись вспомогательных переходов допускается не выполнять при маршрутном описании технологических операций, а также при операционном описании и применении карты эскизов или соответствующих операционных карт, имеющих место для графического изображения обрабатываемой заготовки с указанием условных обозначений применяемых баз и опор.

При соблюдении указанных требований разработчик обязан заполнить соответствующие графы в документах, предусматривающих запись вспомогательного времени.

Указанные требования не распространяются на запись вспомогательных переходов, предусматривающих переустановку заготовок (деталей) при отсутствии соответствующих графических изображений и условных обозначений применяемых баз и опор. В этом случае следует выполнять соответствующую запись. Например, «Переустановить и закрепить деталь».

Таблица 5.5

Примеры полной и сокращённой записи содержания переходов обработки резанием

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращённая
	<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность, выдержи- вая размеры l и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку, выдержи- вая размеры $l-3$</p>		<p>Точить (шлифовать, до- вести, полировать и т. п.) канавку 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку 1</p>		

Установление полной или сокращённой записи содержания операции или перехода для каждого случая определяется разработчиком документов.

В записи операции или перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. Такая информация

используется разработчиком документов при маршрутном описании из рабочего чертежа детали, а при операционном описании указывается на карте эскизов или операционной карте, имеющей зону для графической иллюстрации.

Допускается в тексте указывать информацию о шероховатости поверхности, если она относится к предварительно обрабатываемым поверхностям и не может быть указана на карте эскизов или операционной карте.

При маршрутном описании операции допускается указывать в одном предложении несколько ключевых слов, характеризующих последовательность обработки изделия в данной операции.

5.13.4 Условные графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств в технологической документации

Условные графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств, применяемых в технологической документации, устанавливает ГОСТ 3.1107-81.

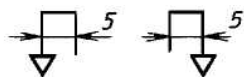
Для изображения обозначения опор, зажимов и установочных устройств следует применять сплошную тонкую линию по ГОСТ 2.308-68.

Условные обозначения опор следует изображать графически таким образом, как показано в табл. 5.6.


Допускается обозначения подвижной, плавающей и регулируемой опор на видах сверху и снизу изображать как обозначение неподвижной опоры на аналогичных видах.

Условные обозначения зажимов следует изображать графически таким образом, как показано в табл. 5.7.

Для двойных зажимов длина плеча устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима:



Условные обозначения установочных устройств следует изображать графически таким образом, как показано в табл. 5.8.

Для цанговых оправок и патронов следует применять обозначение .


Для базовых установочных поверхностей допускается применять следующее обозначение: .

Таблица 5.6

Условные обозначения опор по ГОСТ 3.1107

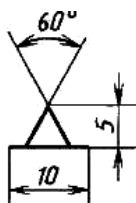


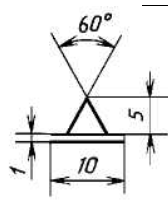
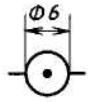

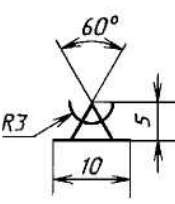


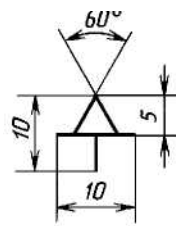


Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			
4. Регулируемая			

Таблица 5.7

Условные обозначения зажимов по ГОСТ 3.1107

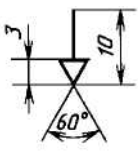


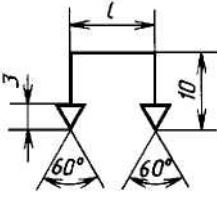
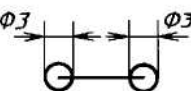
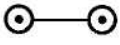
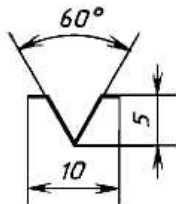

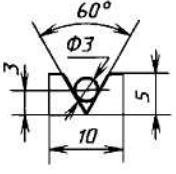


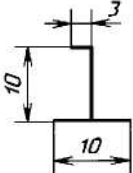


Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Одиночный			
2. Двойной			

Таблица 5.8

Условные обозначения установочных устройств по ГОСТ 3.1107

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	Справа
1. Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
2. Центр вращающийся		То же	То же
3. Центр плавающий		«	«
4. Оправка цилиндрическая			

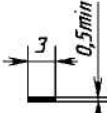
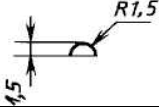

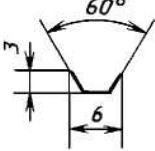
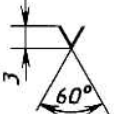
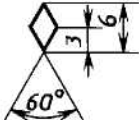
5. Оправка шариковая (роликовая)			
6. Патрон поводковый			

Допускается обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях соответствующих поверхностей.

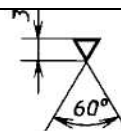
Для указания формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует применять графические обозначения, изображённые в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Условные обозначения формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107

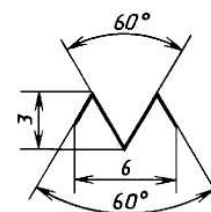
Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности на всех видах
1. Плоская	
2. Сферическая	
3. Цилиндрическая (шариковая)	
4. Призматическая	
5. Коническая	
6. Ромбическая	

7. Трёхгранная



Обозначение форм рабочих поверхностей наносят слева от обозначения опоры, зажима или установочного устройства.

Для указания рельефа рабочих поверхностей опор, зажимов и установочных устройств следует применять следующее обозначение:



Обозначение рельефа рабочей поверхности наносят на обозначение соответствующей опоры, зажима или установочного устройства.

Для указания устройств зажимов следует применять обозначения, приведённые в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Условные обозначения устройств зажимов по ГОСТ 3.1107

Наименование устройства зажима	Обозначение устройства зажима на всех видах
1. Пневматическое	<i>P</i>
2. Гидравлическое	<i>H</i>
3. Электрическое	<i>E</i>
4. Магнитное	<i>M</i>
5. Электромагнитное	<i>EM</i>
6. Прочее	Без обозначения

Обозначения видов устройств зажимов наносят слева от обозначения зажимов.

Для гидропластовых оправок допускается применять обозначение



Количество точек приложения силы зажима к изделию, при необходимости, следует записывать справа от обозначения зажима.

На схемах, имеющих несколько проекций, допускается на отдельных проекциях не указывать обозначения опор, зажимов и


установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно определяется на одной проекции.

На схемах допускается несколько обозначений одноимённых опор на каждом виде заменять одним, с обозначением их количества справа.

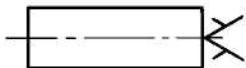


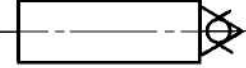
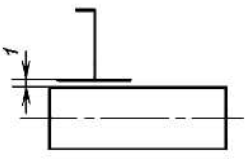
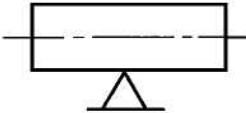
Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемах приведены в табл. 5.11, а примеры схем установки изделий – в табл. 5.12.

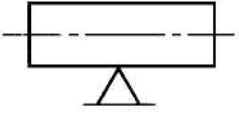
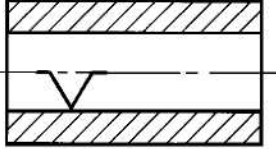
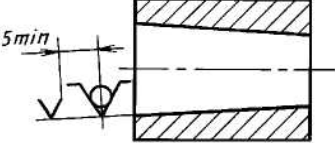
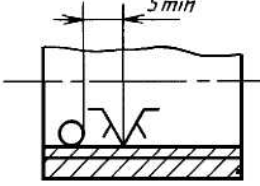
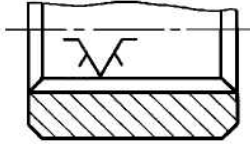
Таблица 5.11

Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемах

Наименование	Пример нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
1	2
1. Центр неподвижный (гладкий)	

Продолжение табл. 5.11

1	2
2. Центр рифлёный	
3. Центр плавающий	
4. Центр вращающийся	
5. Центр обратный вращающийся с рифлёной поверхностью	
6. Патрон поводковый	
7. Люнет подвижный	

8. Люнет неподвижный	
9. Оправка цилиндрическая	
10. Оправка коническая, роликовая	
11. Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой	
12. Оправка шлицевая	

Окончание табл. 5.11

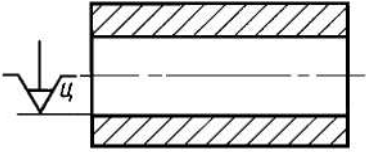
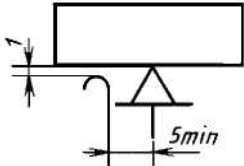
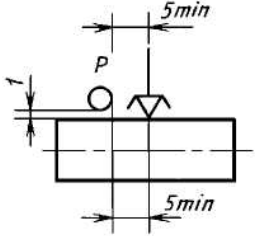
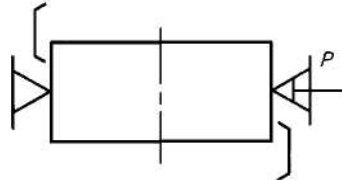
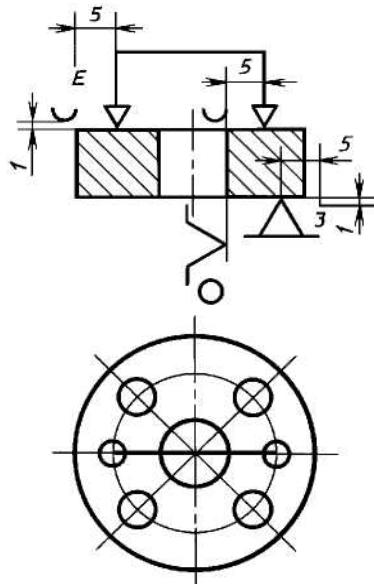
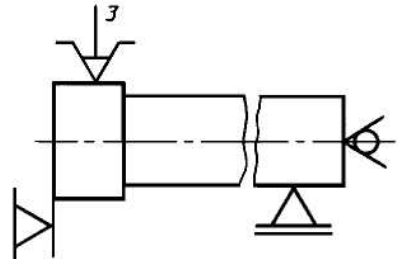
1	2
13. Оправка цанговая	
14. Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
15. Зажим пневматический с цилиндрической рифлёной рабочей поверхностью	

Таблица 5.12

Примеры схем установов изделий

Описание способа установки	Схема обозначения
<p style="text-align: center;">1</p> <p>1. В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом</p>	<p style="text-align: center;">2</p> 
<p>2. В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности</p>	

Окончание табл. 5.12

<p style="text-align: center;">1</p> <p>3. В трёхкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете</p>	<p style="text-align: center;">2</p> 
<p>4. На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифлёную поверхность и с поджимом вращающимся центром</p>	