

Среднее профессиональное образование

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В. Ю. Новиков, А. И. Ильянков

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В двух частях

Часть 1

Учебник




ACADEMA

В.Ю.НОВИКОВ, А.И.ИЛЬЯНКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УЧЕБНИК

В ДВУХ ЧАСТЯХ

Часть 1

Рекомендовано

*Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»*

в качестве учебника для использования

в учебном процессе образовательных учреждений,

реализующих программы среднего профессионального

образования по специальности 151901 «Технология машиностроения»

*Регистрационный номер рецензии 438
от 28 ноября 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

2-е издание, переработанное



Москва

Издательский центр «Академия»

2012

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723
Н731

Рецензент —

преподаватель ГБОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени
дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», канд. техн. наук Н. М. Твердыгин

Новиков В. Ю.

Н731 Технология машиностроения : в 2 ч. — Ч. 1 : учебник для
студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ю. Новиков,
А. И. Ильянков. — 2-е изд., перераб. — М. : Издательский
центр «Академия», 2012. — 352 с.

ISBN 978-5-7695-8243-1

Изложены основы проектирования технологических процессов механической обработки заготовок, методы получения заготовок, расчета операционных размеров и размеров исходных заготовок, вопросы технического нормирования и разработки операций, базирования заготовок, принципы расчета и пути обеспечения точности при разработке технологических процессов, а также пути обеспечения качества машин, методы повышения производительности труда и пути снижения себестоимости изделий.

Рассмотрены вопросы организации технического контроля на предприятии, особенности технической и технологической подготовки производства, а также методика расчета параметров производственного участка или цеха и требования к размещению оборудования на производственных площадях.

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дисциплины «Технология машиностроения» в соответствии с ФГОС СПО для специальности 151901 «Технология машиностроения».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен студентам высших учебных заведений и специалистам промышленных предприятий.

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-8243-1 (ч. 1)
ISBN 978-5-7695-8244-8

© Новиков В. Ю., Ильянков А. И., 2012
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Уважаемый читатель!

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Технология машиностроения» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Технология машиностроения».

Учебно-методический комплект по специальности — это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить специальность, получить профильные базовые знания. Комплект состоит из модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каждый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учебные издания — лабораторный практикум, курсовое проектирование, плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспечивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную программу. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входящие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-методического обеспечения образовательных программ обучения по смежным специальностям.

При разработке учебно-методического комплекта учитывались требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Жизнь современного человека немыслима без машин, которые оказывают ему помощь в труде, перемещают на близкие и дальние расстояния, способствуют удовлетворению его материальных и духовных запросов. В жизни человека машина служит средством, с помощью которого человек способен выполнить тот или иной технологический процесс, дающий ему необходимые материальные или культурные блага. Любая машина создается для осуществления технологического процесса, в результате выполнения которого получается полезная для человека продукция.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции либо в сокращении затрат труда при производстве освоенной продукции, которые могут быть удовлетворены только с помощью новых технологических процессов и новых машин, необходимых для их выполнения. Следовательно, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс, возможность осуществления которого, однако, зависит от уровня научного и технологического развития человеческого общества.

Машина может быть полезна лишь в том случае, если она обладает надлежащим качеством, т.е. способностью удовлетворить потребности людей, побудившие ее создание. Некачественные машины не могут принести пользы. Наоборот, они наносят ущерб, так как труд, вложенный в их создание, частично или даже полностью оказывается затраченным напрасно.

Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность. Поэтому человек всегда стремился к экономии затрат труда в любом выполняемом им деле.

Создавая машину, человек ставит перед собой следующие задачи:

- сделать машину качественной и тем самым обеспечить экономию труда в получении производимой с ее помощью продукции;
- затратить меньшее количество труда в процессе создания и обеспечения качества самой машины.

Процесс создания машины от формулировки ее служебного назначения до получения в готовом виде четко подразделяют на два этапа: проектирование и изготовление.

Первый этап завершается разработкой конструкции машины и представлением ее в чертежах, второй — реализацией конструкции с помощью производственного процесса.

Построение и осуществление второго этапа составляют основную задачу технологии машиностроения.

Современное представление технологии машиностроения сформировалось на основе трудов многих поколений отечественных и зарубежных ученых и работников промышленности, способствовавших ее становлению как отрасли технической науки, где изучают связи и закономерности в производственных процессах изготовления машин.

Изготовление машины начинается с момента придания исходным материалам формы, близкой к форме готовых деталей (в целях уменьшения расхода дорогостоящего материала при обработке), т.е. с момента получения заготовок для деталей, а завершается сборкой и испытанием готового изделия. В процессе изготовления машины применяют многочисленные процессы обработки: литье, штамповку горячую и холодную, механическую обработку, различные электрофизические методы.

В наиболее общем виде определить дисциплину «Технология машиностроения» можно как учение о технологических процессах изготовления машин.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей и машин ведется в рамках двух строгих требований:

- 1) неукоснительное соблюдение заданных конструктором параметров деталей и изделия в целом;
- 2) достижение первого требования с наименьшими затратами, т.е. наиболее экономичными способами.

Согласно требованиям современного образовательного стандарта студент, изучающий дисциплину «Технология

машиностроения», должен приобрести определенные знания, умения, опыт и в конечном счете определенную компетентность.

Техник-технолог должен быть готов:

- к участию в разработке технологических процессов изготовления деталей машин;
- к участию в организации производственной деятельности структурного подразделения предприятия;
- к участию во внедрении технологических процессов изготовления деталей и сборки машин, а также к осуществлению технического контроля этих процессов.

Специалист по технологии машиностроения должен быть готов к выполнению обязанностей техника-технолога, а также:

- к самостоятельной организации производственной деятельности структурного подразделения предприятия;
- к самостоятельному внедрению технологических процессов изготовления деталей и организации технического контроля.

Основная задача предлагаемого учебника — помочь студенту, готовящемуся стать техником-технологом или специалистом по технологии машиностроения, в приобретении следующих профессиональных навыков:

- грамотное использование конструкторской документации при разработке технологических процессов изготовления деталей;
- грамотный выбор методов получения заготовок для деталей и схем их базирования при обработке;
- составление маршрутов изготовления деталей и проектирование технологических операций по их изготовлению на современном техническом уровне.

Формирование технологических знаний основано на изучении многих дисциплин. К их числу следует отнести изучение свойств материалов и способов их обработки, технологического и производственного оборудования, технологической оснастки, методов и средств измерения, ме-

тодов построения и организации технологических и производственных процессов, управления их ходом, автоматизации и экономики.

В учебнике излагаются основы технологии машиностроения, проектирования технологических процессов механической обработки заготовок, методики разработки различных операций, методы обработки поверхностей при изготовлении основных деталей, процессы отделки деталей в целях получения заданной точности и качества их поверхностного слоя и многое другое, что позволит студенту хорошо подготовиться к самостоятельной работе техником-технологом или специалистом по технологии машиностроения на предприятиях отрасли.

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Под **служебным назначением машины** понимают четко сформулированную конкретную задачу, для решения которой предназначена машина.

Формулировка служебного назначения машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена. Так, формулируя служебное назначение автомобиля, недостаточно сказать, что автомобиль предназначен для перевозки грузов. Необходимо конкретизировать характер грузов, их массу и объем, условия, расстояния и скорость перевозки, состояние дорог, климат, требования к внешнему виду автомобиля и многое другое, с тем, чтобы исчерпывающе определить именно ту задачу, которую должен выполнять создаваемый автомобиль.

Служебное назначение машины описывают не только словесно, но и системой количественных показателей, определяющих ее конкретные функции, условия работы и ряд дополнительных моментов в соответствии с задачей, которую предстоит решать с помощью создаваемой машины. Формулировка служебного назначения машины является важнейшим документом в задании на ее проектирование.

Производство на машиностроительном предприятии осуществляется в результате выполнения **производственного процесса**, под которым понимают совокупность всех этапов, которые проходят исходные продукты на пути их превращения в готовую машину.

Исходные продукты в виде полуфабрикатов машиностроительное предприятие обычно получает от других предприятий; ими являются различные материалы и изделия, такие как подшипники, электродвигатели, крепежные детали и т.д. Производственный процесс изготовления машины включает в себя получение заготовок деталей, различные виды их обработки (механическая, термическая, химическая и др.), контроль качества, транспортирование, хранение на складах, сборку, испытание, регулировку, окраску, отделку и упаковку.

По отношению к объекту производства различные этапы производственного процесса проявляют себя по-разному: одни изменяют его качественное состояние (форму, размеры, структуру и химический состав материала, внешний вид и т.д.), другие, например транспортирование, контроль, хранение на складах, не оказывают такого воздействия, хотя без них производственный процесс не смог бы быть осуществлен.

Этапы производственного процесса, на протяжении которых происходят качественные изменения объекта производства, называются **технологическими процессами**.

Являясь частями производственного процесса, технологические процессы в зависимости от содержания получают уточняющие названия. Например, различают технологические процессы изготовления деталей, сборки, окраски машины или технологические процессы получения заготовок, их механической, термической и других видов обработки, сборки отдельных частей машины и машины в целом и др.

Выполнение однородных технологических процессов часто сосредоточивают в отдельных цехах и на участках цехов, специализируя их, например, для производства заготовок, изготовления различных корпусных деталей и т.п. В других случаях бывает более целесообразным закрепить полностью за цехом или участком технологический процесс изготовления отдельного изделия или ограниченной номенклатуры изделий.

Технологический процесс выполняют рабочие с помощью технологического оборудования, инструментов и различной технологической оснастки. Как сами рабочие, так и используемые ими технологические средства нуждаются в соответствующем размещении в помещении цеха или участка, другими словами — в выделении рабочего места.

Рабочее место представляет собой часть пространства, предназначенную для выполнения производственного задания одним рабочим или группой рабочих, в которой размещены необходи-

мые производственное оборудование, инструмент, технологическая оснастка и устройства для хранения заготовок и изделий, изготовленных на данном рабочем месте.

Технологический процесс состоит из операций.

Операция представляет собой законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте. В организационном смысле операция является основной частью технологического процесса, для которой разрабатывают технологическую документацию и на которую распространяются нормирование, планирование и учет выпуска продукции.

Необходимость подразделения технологического процесса на операции определяется физическими и экономическими причинами. К физическим причинам относится, например, невозможность обработки заготовки с шести сторон на одном рабочем месте или необходимость разделения предварительной и окончательной механической обработки заготовки, поскольку между ними должна быть проведена термическая обработка и т.п. Экономической причиной, например, может быть нецелесообразность создания специального и дорогостоящего станка, позволяющего совмещать на одном рабочем месте проведение многих способов механической обработки.

Примерами операций могут служить обработка плоских поверхностей заготовки корпусной детали на фрезерном станке или растачивание, зенкерование и развертывание отверстий в той же заготовке на горизонтально-расточном станке. Операциями технологического процесса сборки машины могут быть установка передней бабки токарного станка на станине или проверка положения оси вращения шпинделя относительно направляющих станины и т.п.

Для четкого представления структуры операции и учета затрат времени на ее выполнение используют расчленение операции на отдельные части, называемые переходами.

Переход — это часть операции, во время которой одним и тем же инструментом обрабатывается одна и та же поверхность заготовки при неизменном режиме обработки (постоянных частоте вращения шпинделя станка и подаче режущего инструмента).

Переход, непосредственно связанный с осуществлением технологического воздействия, называют **основным**.

Переход, состоящий из действий рабочего или механизмов, необходимых для выполнения основного перехода, называют **вспомогательным**.

Применительно к обработке резанием основной переход представляет собой законченный процесс получения каждой поверх-

ности заготовки (детали) при обработке одним инструментом. Например, основными переходами будут являться получение поверхности сквозного отверстия в детали при обработке спиральным сверлом, получение плоской поверхности детали фрезерованием и т.п. Последовательная обработка одного и того же отверстия в корпусной детали сверлением, зенкером и разверткой будет состоять соответственно из трех основных переходов, поскольку обработка каждым инструментом будет давать новую поверхность. Одновременная обработка трехступенчатого отверстия в корпусной детали блоком резцов будет представлять собой совмещение трех основных переходов, выполняемых с помощью одного комбинированного инструмента, обеспечивающего получение сочетания поверхностей.

На рис. 1.1 показана схема технологической операции обработки заготовки С, включающая в себя три основных перехода:

1-й основной переход — сверление отверстия А сверлом 1;

2-й основной переход — растачивание отверстия А проходным резцом 2;

3-й основной переход — растачивание кольцевой проточки В резцом 3.

К вспомогательным переходам относят такие действия, как установка и закрепление заготовки в приспособлении, смена инструмента, его подвод к заготовке, открепление и снятие детали.

В целях более четкого расклада затрат времени на выполнение технологической операции при проведении расчета переход подразделяют на основные рабочие приемы, вспомогательные рабочие приемы и движения.

Прием представляет собой законченную совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» состоит из следующих приемов: взять за-

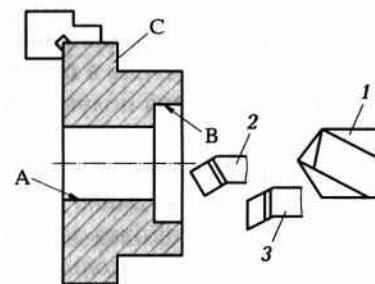


Рис. 1.1. Схема технологической операции:

1 — сверло; 2, 3 — резцы

готовку из тары, переместить к приспособлению, установить в приспособление, закрепить.

Расчленение перехода на отдельные приемы весьма условно и не во всех случаях целесообразно.

К вспомогательным рабочим приемам, т.е. к вспомогательным действиям рабочего, относят пуск и остановку станка, подвод и отвод режущего инструмента и другие действия, необходимые для подготовки и осуществления основного рабочего приема (основного действия) — снятия слоя материала с заготовки.

Рабочим ходом называют однократное относительное движение инструмента и заготовки, в результате которого с ее поверхности удаляется один слой материала. После выполнения каждого рабочего хода на заготовке образуется новая поверхность. Однако переход будет завершен лишь по осуществлении всех рабочих ходов, необходимых для достижения требуемого результата. Например, переход по обработке шейки вала шлифованием с продольной подачей осуществляется в результате выполнения значительного числа рабочих ходов.

Обработка заготовки невозможна без **вспомогательных ходов**, под которыми следует понимать однократное перемещение режущего инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением ее формы, размеров и шероховатости поверхностей. Вспомогательные ходы необходимы для подготовки выполнения последующего рабочего хода.

Примером вспомогательного хода может служить отвод режущего инструмента после обработки определенной поверхности в исходное положение для выполнения последующего рабочего хода. Время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных ходов, входит в состав вспомогательного времени технологической операции.

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

В зависимости от конструктивных особенностей изделия и содержания операции последняя может быть выполнена либо за один, либо за несколько установов объекта производства. Например, полная обработка заготовки вала на токарном станке может быть осуществлена только за два установа заготовки в центрах

станка, так как, обработав заготовку с одной стороны, ее необходимо открепить, перевернуть и установить в новом положении для обработки с другой стороны.

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

Операция, схема которой представлена на рис. 1.2, представляет собой фрезерование поверхностей А, В, С, D заготовки в двух позициях. Установка заготовки в эти позиции обеспечивается поворотным приспособлением 4 с делительным механизмом. Обработав поверхности А и В фрезой 2 в первой позиции (рис. 1.2, а), не открепляя заготовку 1, выводят из отверстия фиксатор 5 делительного устройства и, поворачивая верхнюю часть 3 приспособления на 180° , переводят заготовку во вторую позицию (рис. 1.2, б) для обработки поверхностей С и D той же фрезой 2.

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

Количество времени, затрачиваемого работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического

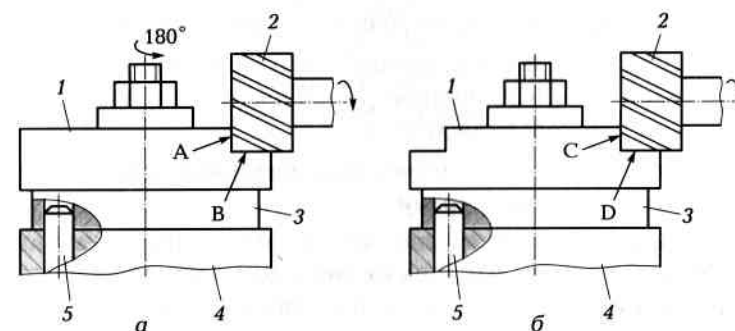


Рис. 1.2. Схемы обработки заготовки в двух позициях (а, б):

1 — заготовка; 2 — фреза; 3 — верхняя часть приспособления; 4 — поворотное приспособление; 5 — фиксатор

процесса или его части, называют **трудоемкостью**. Единицей измерения трудоемкости служит человекочас.

Для планирования затрат труда в производственном процессе используют норму времени. **Нормой времени** называют время, установленное рабочему или группе рабочих соответствующей квалификации на выполнение какой-либо операции или целого технологического процесса в нормальных производственных условиях с нормальной интенсивностью. Норму времени измеряют в единицах времени (часах, минутах) с указанием квалификации работы, например: 10 ч, работа 5-го разряда.

При нормировании малотрудоемких операций, измеряемых долями минуты или даже секунды, более осязаемое представление о затратах времени дает норма выработки — величина, обратная норме времени.

Нормой выработки называют установленное количество изделий, которое должно быть изготовлено в единицу времени (час, минуту). Единицей измерения нормы выработки является количество штук изделий, произведенных в единицу времени, с указанием квалификации работы, например: 1 200 шт. в 1 ч, работа 3-го разряда.

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

Различают следующие виды циклов:

- цикл изготовления машины — отрезок календарного времени от запуска в производство заготовки первой детали до окончания упаковки готовой машины;
- цикл изготовления детали — отрезок календарного времени от начала первой до окончания последней операции изготовления детали;
- цикл операции — отрезок календарного времени от начала до конца операции.

Интенсивность производства одинаковых изделий характеризуется тактом выпуска. **Такт выпуска** представляет собой промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск машин, их сборочных единиц, деталей или заготовок определенного наименования, типоразмеров и исполнения. Если говорят, что машину изготавливают с тактом 5 мин, это значит, что через каждые 5 мин предприятие выпускает машину.

Рассчитывают такт выпуска по формуле

$$\tau = 60\Phi/N, \quad (1.1)$$

где $\Phi = \text{спт}\eta$ — действительный фонд рабочего времени в рассматриваемый период (год, месяц и т.д.), ч; s — число рабочих смен; n — число рабочих недель в году; m — число рабочих часов в неделе; η — коэффициент использования оборудования, $\eta = 0,94 \dots 0,96$; N — программа выпуска изделий за рассматриваемый период (год, месяц), шт.

Величину, обратную такту выпуска, называют **ритмом выпуска**.

Трудоемкость и цикл изготовления изделий, такт их выпуска, являющиеся показателями производственного и технологического процессов, могут иметь номинальные (расчетные), действительные и измеренные значения.

Например, затраты времени на выполнение операции или технологического процесса в действительности отличаются от своих расчетных значений, каковыми являются норма времени или норма выработки. Действительные значения такта выпуска всегда колеблются относительно его расчетного значения.

Случайный характер действительных и измеренных значений показателей производственного и технологического процессов вынуждает рассматривать их во времени с позиций теории случайных функций.

Под производительностью Q понимают объем W годной продукции, выпущенной за время t :

$$Q = W/t. \quad (1.2)$$

Общее понятие производительности может относиться к отдельному станку, труду рабочего, производственному процессу, труду работающих и общественному труду. В каждом из этих направлений понятие о производительности приобретает свою специфическую окраску, а ее значение оказывается зависимым от ряда факторов.

Производительность станка можно оценивать либо объемом удаленного с заготовки материала, либо площадью обработанной поверхности, отнесенными к единице времени. Производительность станка зависит от его мощности, режимов (скорости резания, подачи), на которых можно обрабатывать заготовки. На производительность станка влияет также качество используемого инструмента.

Производительность труда рабочего измеряется количеством годной продукции, произведенной им за определенное ра-

бочее время. Так, производительность труда станочника определяют по количеству деталей в штуках, изготовленных им в течение часа или смены. Производительность труда рабочего зависит от производительности используемого оборудования и удобства управления им, интенсивности и организации труда, условий, в которых рабочему приходится работать.

Одним из показателей эффективности производственной деятельности подразделения предприятия (цеха, отдельного участка) является **производительность производственного процесса**, осуществляемого им. Значение этого показателя зависит не только от уровня организации, планирования производственного процесса и управления. Действительно, возможности высокопроизводительных станков и труд рабочих не будут использованы полностью, если на рабочие места не будут доставляться вовремя заготовки, режущий инструмент и необходимая техническая документация, а также если не будет слаженности в работе всех звеньев подразделения.

Производительность производственного процесса — это интегральный показатель деятельности всего трудового коллектива, непосредственно участвующего в осуществлении производственного процесса. С помощью этого показателя особенно удобно характеризовать эффективность автоматизированного производственного процесса, при выполнении которого непосредственное участие человека минимально, но возрастает роль труда людей, обеспечивающих его функционирование.

Производительность производственного процесса оценивается объемом продукции, измеряемым в штуках, тоннах или рублях, произведенной в единицу времени.

Для отражения деятельности коллектива предприятия используют такое понятие, как **производительность труда работающих**, показателем которой является количество продукции, выпущенной в единицу времени и приходящейся на одного работающего. Данный показатель охватывает все подразделения предприятия и его службы. Зависящее прежде всего от производительности действующих производственных процессов значение этого показателя связано с численностью инженерно-технического, управленческого состава и штатов других категорий, а следовательно, и с производительностью труда всех сотрудников предприятия.

Объем продукции, приходящийся на одного работающего, чаще измеряют в рублях, поскольку другую форму учета разнородной продукции предприятия бывает трудно найти.

Производительность общественного труда оценивают путем сопоставления количества выпущенной продукции за некоторый интервал времени с трудовыми затратами, вложенными в эту продукцию. При этом учитывают затраты прошлого труда, вложенные в создание оборудования, зданий, текущие затраты общественного труда, затрачиваемого на основные и вспомогательные материалы, электроэнергию, инструменты, топливо, смазочные и другие материалы, и текущие затраты живого труда.

Выпущенную годовую продукцию измеряют либо в физических величинах (штуках, единицах массы, объема и др.), либо в стоимостном выражении (рублях). Суммарные трудовые затраты выражают либо в единицах абстрактного труда (человекочасах, человекоднях и др.), либо в денежном выражении (рублях). В соответствии с этим производительность общественного труда может иметь различную размерность: штук на человекочас, штук на рубль затрат в год, рублей на рубль затрат в год.

Известен целый ряд технологических методов повышения производительности труда рабочего при выполнении станочных операций:

- механизация ручных операций;
- обеспечение простой установки заготовки;
- автоматическое получение операционных размеров;
- совмещение переходов (концентрация операций);
- одновременная обработка нескольких деталей;
- перекрытие вспомогательного времени основным временем;
- повышение режимов резания;
- применение специальных станков.

Механизация ручных операций — это превращение ручных операций в машинно-ручные и станочные операции.

К ручным операциям относят:

- снятие заусенцев;
- опилование кромок по радиусу;
- нарезание резьбы;
- точное разворачивание отверстий;
- притирание и полирование;
- шабрение.

При машинно-ручных операциях основное движение выполняется механизмом станка, а деталь или инструмент рабочий удерживает в руках.

Превращение ручных операций в станочные зависит от экономической целесообразности. Например, при большой программе выпуска зубчатых колес целесообразно для закрутки их зубьев применять станки с числовым программным управлением.

Установка заготовки — это создание определенного положения заготовки в рабочей зоне станка относительно корпуса приспособления и режущего инструмента, установленного и закрепленного на столе станка. Различают простую установку заготовки и установку с выверкой.

При **простой установке** требуемое положение заготовки создается автоматически в момент контакта ее установочной поверхности с установочными элементами стола станка или приспособления. При **установке с выверкой** требуется проверка правильности положения заготовки относительно режущего инструмента и регулировка этого положения в целях получения точного ее расположения относительно корпуса приспособления и, следовательно, относительно режущего инструмента, используемого в данной операции.

Одновременная обработка деталей — это один из способов повышения производительности труда, применяемый для операций, состоящих из одного перехода. На станках общего назначения для реализации данного метода применяют многоместные приспособления для деталей и последовательную, параллельную или непрерывную обработку.

При **одновременной последовательной обработке** для получения размера A с помощью режущего инструмента 1 заготовки 2 (рис. 1.3) располагают в приспособлении 3 в ряд по направлению

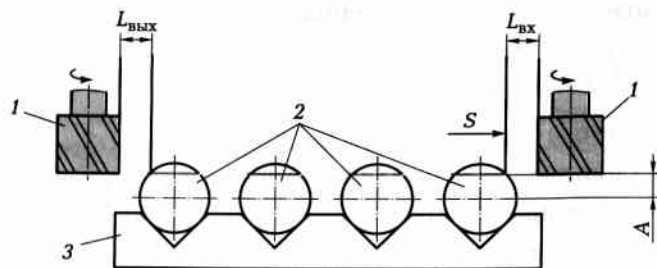
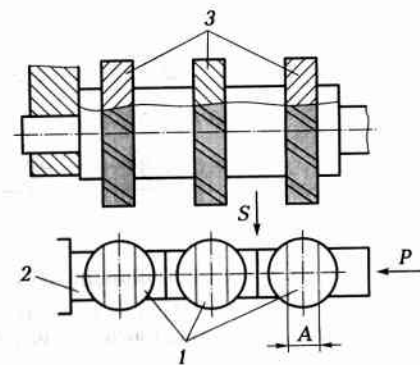


Рис. 1.3. Схема одновременной последовательной обработки заготовки: 1 — режущий инструмент; 2 — заготовки; 3 — приспособление

Рис. 1.4. Схема одновременной параллельной обработки заготовки:

1 — заготовки; 2 — приспособление; 3 — режущий инструмент; P — усилие



продольной подачи S как можно плотнее одна к другой. При этом сокращается вспомогательное время, а при определении величины врезания ($L_{вх}$) и величины выхода ($L_{вых}$) режущего инструмента для одной детали эти значения будут делиться на число одновременно обрабатываемых деталей.

При **одновременной параллельной обработке** заготовки 1 располагают в приспособлении 2 в ряд (рис. 1.4), перпендикулярно направлению подачи S . При этом не только сокращается вспомогательное время, но и уменьшается основное время обработки (в расчете на одну деталь), что заметно снижает стоимость операции.

При **одновременной непрерывной обработке** режущим инструментом 3 (рис. 1.5) на станках с круглым столом 2 заготовки 1 располагают в круговой ряд. При известной минутной подаче S диаметр кругового ряда (число заготовок в ряду) выбирают таким образом, чтобы хватило времени (определяемого углом α поворо-

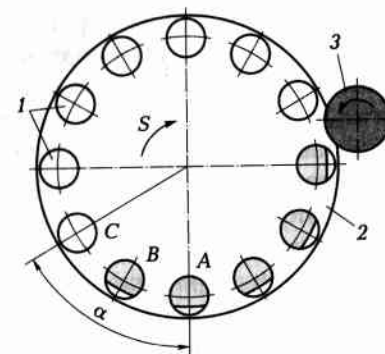


Рис. 1.5. Схема одновременной непрерывной обработки заготовки:

1 — заготовки; 2 — круглый стол станка; 3 — инструмент

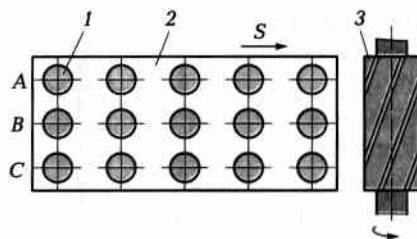


Рис. 1.6. Схема одновременной параллельно-последовательной обработки:

1 — заготовки; 2 — стол станка; 3 — инструмент

та стола) на снятие обработанной детали и установку новой заготовки на позициях A, B, C без остановки вращения стола. В этом случае вспомогательное время полностью перекрывается машинным временем, что снижает стоимость операции.

При **одновременной параллельно-последовательной обработке** заготовок 1 режущим инструментом 3 (рис. 1.6) совмещаются последовательная и параллельная схемы обработки. При таком расположении заготовок сокращение основного времени зависит от числа параллельных рядов (A, B, C) заготовок, установленных на столе 2 станка, а сокращение вспомогательного времени определяется общим числом одновременно обрабатываемых заготовок.

Перекрытие вспомогательного времени — это способ повышения производительности труда, при котором вспомогательное время перекрывается машинным временем. В этом случае вспомогательные переходы по снятию детали и установке следующей заготовки выполняются рабочим во время выполнения основных переходов по обработке других заготовок. Такой вариант возможен при непрерывной круговой обработке (см. рис. 1.5), если число деталей в круговом ряду и минутная подача позволяют станочнику успеть снять деталь, а на ее место установить очередную заготовку. При установке заготовок в круговом ряду вплотную обеспечивается полное перекрытие вспомогательного времени.

Многостаночное обслуживание, т.е. выполнение одним рабочим работы одновременно на нескольких станках, возможно при условии достаточно продолжительного машинного времени обработки (t_{o1} , t_{o2} , t_{o3}) на каждом из станков I—III (рис. 1.7). Во избежание простоев необходимо, чтобы непрерывное машинное время обработки t_{o1} на одном станке превышало сумму вспомога-

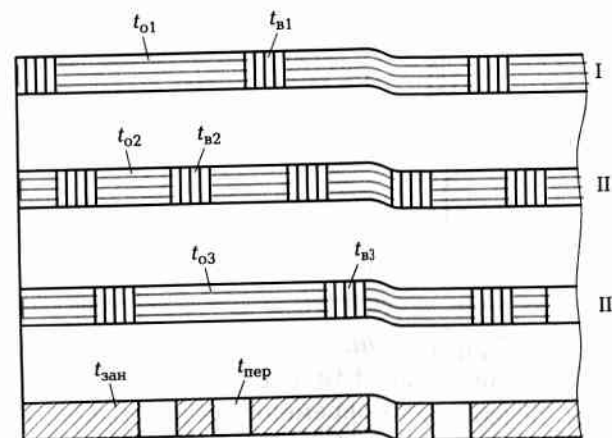


Рис. 1.7. Схема распределения рабочего времени при многостаночном обслуживании

го времени $t_{в2}$ на другом станке и времени $t_{пер}$, необходимого для переходов от одного станка к другому:

$$t_{o1} > t_{в2} + t_{пер}; t_{o2} > t_{в1} + t_{пер}.$$

Совмещение нескольких переходов одной операции в один более сложный переход значительно сокращает основное время обработки и уменьшает число действий по управлению станком, т.е. уменьшает вспомогательное время. Для реализации такого способа обработки необходимо наличие комбинированного режущего инструмента или многоместного приспособления для режущего инструмента.

Объединение нескольких переходов в один более крупный переход или объединение нескольких операций, состоящих из одного-двух переходов, в одну крупную операцию называют **концентрацией операций**. Обратный процесс по расчленению сложных операций, состоящих из нескольких переходов, на более простые операции, в которых обрабатываются одна-две поверхности, называют **дифференциацией операций**. Критерием для оценки степени концентрации или степени дифференциации операций является число переходов, содержащихся в операции. Пределом концентрации операций является сосредоточение обработки всех поверхностей заготовки в одной операции. Пределом дифференциации операций является такое разбиение технологического процесса, при котором каждая операция состоит из одного простого перехода.

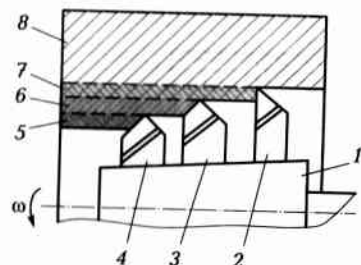


Рис. 1.8. Схема использования много-резцовой державки:

1 — многорезцовая державка; 2—4 — резцы; 5—7 — части общего припуска; 8 — заготовка

Комбинированный режущий инструмент, например сверло-зенкер, ступенчатый зенкер или набор фрез для ступенчатого фрезерования, позволяет одновременно обрабатывать несколько поверхностей одной заготовки. Для обработки одной и той же поверхности при большом операционном припуске комбинированный инструмент может представлять собой несколько резцов, расположенных последовательно друг за другом и закрепленных в многорезцовой оправке.

Многоместное приспособление для режущего инструмента позволяет одновременно закрепить, например, несколько резцов. К таким приспособлениям относят многорезцовые державки 1 (рис. 1.8), в которых резцы 2—4 располагают последовательно друг за другом, чтобы каждый из них снимал часть общего припуска (5—7) с частотой вращения ω при обработке внутренней поверхности заготовки 8. При этом происходит совмещение нескольких переходов операции в один переход, что повышает производительность труда вследствие уменьшения вспомогательного и основного времени обработки.

Повышение режимов резания — это способ повышения производительности труда в основном за счет увеличения скорости резания вследствие применения инструмента с твердосплавными пластинами или с износостойким покрытием.

Существенный выход параметров обработки за пределы режима конкретного метода обработки приводит к выполнению другого процесса обработки. Например, если при чистовом точении резко изменить глубину резания, скорость резания и подачу, то осуществится переход на другой процесс обработки, называемый тонким точением.

Автоматизация производственных процессов приводит к резкому сокращению затрат живого труда. Являясь мощным средством повышения производительности труда, автоматизация производственных процессов лишь в том случае оправдывает себя,

если она обеспечивает сокращение затрат общественного труда и повышает его производительность.

1.2. ВИДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Производственные процессы подразделяют на два вида: поточные и непоточные.

Основными свойствами **поточного** производства являются его непрерывность и равномерность. В поточном производстве заготовка по завершении первой операции без задержки передается на вторую операцию, затем — на третью и т.д., а изготовленная деталь сразу же подается на сборку. Таким образом, изготовление деталей и сборка изделий находятся в постоянном движении, причем скорость этого движения подчинена такту выпуска.

При **непоточном** виде организации производственного процесса движение заготовок, деталей на разных стадиях изготовления прерывается их отправкой на рабочие места или промежуточные склады. Сборку изделий начинают лишь при наличии на складах полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируется графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так, поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный — единичному и мелкосерийному производству.

Принципы поточного вида организации процессов часто используют в крупносерийном производстве при изготовлении заготовок, деталей и машин, близких по своему служебному назначению. Производство близких по служебному назначению машин позволяет объединять изделия в группы и вести их изготовление поточными методами с переналадкой оборудования при переходе от изделия одного наименования к изделию другого наименования и переменным тактом выпуска. Такой вид организации производственного процесса получил название **переменно-поточного**.

1.3. ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА

В зависимости от потребностей экономики различные машины изготавливают в разных количествах, определяемых объемом и программой выпуска.

Объем выпуска характеризует количество машин, деталей, заготовок, подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, квартал, месяц). Понятие «объем выпуска» используют при проектировании предприятия, цеха, технологического процесса и т. п.

Общее число машин, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам, называют **серией**. Размер серии во многом зависит от совершенства конструкции машины и степени соответствия ее запросам потребителей. Переход к новой конструкции машины данного типа связан с изменением ее чертежей и номера серии.

При серийном производстве заготовки на обработку подают партиями, так как это резко снижает затраты на изготовление деталей.

Партией принято называть определенное число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера, одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определенного времени.

Число деталей в партии определяется в основном программой выпуска и числом дней, на которые экономически целесообразно создавать запас (задел) готовых деталей. Число заготовок в партии рассчитывают по следующей формуле:

$$N_{\pi} = Nf/\Delta, \quad (1.3)$$

где N — годовая программа выпуска изделий (или деталей); f — число рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство; Δ — число рабочих дней в году при двух выходных днях в неделю (254).

В зависимости от количества выпускаемых изделий и их размеров по типу организации работы производственного участка (или цеха) различают три вида производства:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

Под **единичным производством** понимают изготовление машин, деталей или заготовок, характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин, деталей или заготовок не повторится по неизменяемым чертежам. Продукция единичного производства — машины, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые прессы, крупные гидротурбины, уникальные металлорежущие станки и т. п.).

Под **серийным производством** понимают периодическое изготовление машин, их деталей или заготовок повторяющимися партиями по неизменяемым чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями, при этом возможна партия из одного изделия. В зависимости от объема выпуска этот тип производства подразделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, компрессоры, судовые дизели и другие изделия, выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под **массовым производством** понимается непрерывное изготовление машин, деталей или заготовок в больших объемах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий. Продукцией массового производства являются тракторы, автомобили, электродвигатели, холодильники, швейные машины, телевизоры и т. п.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук будет представлять единичное производство, поскольку повторное изготовление этих же часов не предполагается. В то же время изготовление тяжелых прессов при объеме выпуска менее одной штуки в год можно считать серийным производством, если их выпуск по неизменяемым чертежам будет повторяться.

Об условности подразделения производства на три типа свидетельствует и то, что обычно на одном и том же предприятии или в одном и том же цехе одни изделия изготавливают единицами, другие — периодически повторяющимися партиями, третьи — непрерывно. Следовательно, на одном и том же предприятии (в цехе) могут быть совмещены три типа производства. Поэтому отнесение производства предприятия или цеха к одному из типов обычно осуществляется по преобладающему типу производства.

В тех случаях, когда нет информации о технической норме времени на изготовление изделия (или техническое нормирование еще не производилось) тип производства можно определить предварительно, используя классификацию деталей по их массе и габаритным размерам (Приложение 1).

Одним из показателей, оказывающих влияние на весь производственный процесс изготовления изделия, является технологич-

ность конструкций этого изделия в целом и его деталей в отдельности.

Под **технологичностью конструкции** понимают совокупность свойств изделия, обеспечивающих его изготовление, ремонт и техническое обслуживание по наиболее экономически эффективной технологии по сравнению с существующими аналогами.

Оценка технологичности конструкции машины в целом и каждой ее детали в отдельности может быть как качественной, так и количественной.

Для количественной оценки технологичности конкретной детали (или машины в целом) используют:

- коэффициент использования материала, показывающий, какая доля от массы материала заготовки уходит в стружку при обработке;
- коэффициент, показывающий отношение себестоимости конкретной операции (или изделия в целом) данного технологического проекта к себестоимости соответствующей операции на родственном предприятии;
- коэффициент, показывающий соотношение трудоемкости выполнения конкретной операции (или изготовления изделия в целом) данного технологического проекта к трудоемкости соответствующей операции на более передовом аналогичном предприятии;
- коэффициент, отражающий использование в процессе изготовления данной машины типовых технологических процессов и типовых технологических операций.

Кроме того, при оценке технологичности проводят анализ использования стандартного режущего инструмента, универсальных станочных приспособлений и универсальных измерительных средств.

1.4. ВИДЫ ОПЕРАЦИЙ И ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для превращения заготовки в готовую деталь с каждой ее поверхности, подлежащей обработке, снимают некоторый слой материала, называемый **общим припуском** на обработку. В отличие от этого слой материала, снимаемый в процессе одной операции, называют **операционным припуском**.

Общий припуск может быть снят за одну или за несколько операций. Если общий припуск снимают в процессе одной операции, то говорят, что поверхность обрабатывают начисто (или окончательно). Если же общий припуск снимают в процессе нескольких операций, то каждая последующая операция отличается от предыдущей меньшим операционным припуском и большей точностью обработки, в связи с чем различают следующие виды операций: обдирочная, черновая, чистовая и окончательная.

Обдирочная операция (обдирка) — это первая операция обработки грубой поверхности, при которой снимают больше половины общего припуска на обработку. Для этой операции характерны низкая точность обработки, большие усилия резания и образование большого количества стружки.

Черновая операция — это любая операция по обработке поверхности, за которой следует аналогичная по методу обработки, но более точная операция, называемая чистовой.

Чистовая операция — это операция, следующая за черновой операцией, целью которой является или завершение обработки поверхности, или подготовка этой поверхности к более точной обработке.

Окончательная операция — это последняя операция обработки поверхности, в результате которой обеспечивается выполнение требований к ней рабочего чертежа детали.

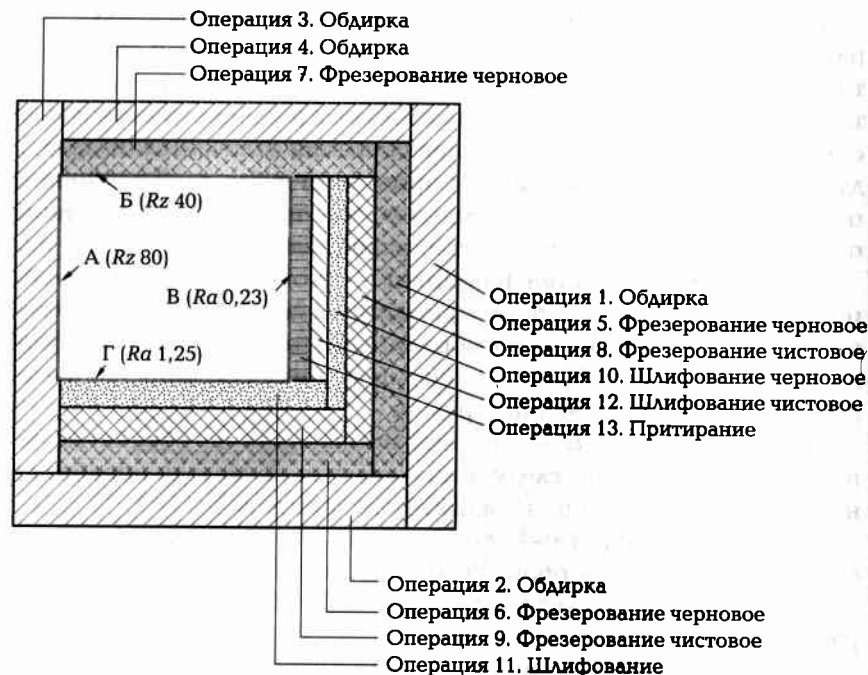
Отделочная операция — это окончательная операция обработки поверхности детали, в процессе которой снимают небольшой припуск в целях выполнения требований, предъявляемых к данной поверхности по шероховатости и точности. К отделочным операциям относятся суперфиниш, хонингование, алмазное выглаживание и др.

Перечисленные операции могут быть и ручными.

Ручная операция — это операция, выполняемая рабочим вручную. К ручным операциям относятся:

- снятие заусенцев;
- опилование кромок по радиусу;
- нарезание резьбы;
- точное развертывание отверстий;
- притирание и полирование;
- шабрение.

Часто технологические процессы в целях снижения влияния технологической наследственности на точность обработки подраз-



Этапы технологического процесса

- | | | |
|--------|--|--|
| Этап 1 | | Обдирка (операции 1 — 4) |
| Этап 2 | | Фрезерование черновое (операции 5 — 7) |
| Этап 3 | | Фрезерование чистовое (операции 8, 9) |
| Этап 4 | | Шлифование черновое (операции 10, 11) |
| Этап 5 | | Шлифование чистовое (операция 12) |
| Этап 6 | | Притирание (операция 13) |

Рис. 1.9. Схема образования этапов технологического процесса обработки

деляют на этапы. Под **этапом технологического процесса** понимают группу однородных операций, выполняемых непосредственно одна за другой. Все операции по получению заданных параметров поверхностей деталей распределяются на черновой, чистовой и отделочный этапы. В технологическом процессе границу между этапами не проводят.

На рис. 1.9 приведена схема образования этапов технологического процесса обработки заготовки для получения детали с четырьмя плоскими поверхностями, имеющими различные параметры шероховатости:

- поверхность А с $Rz\ 80$;
- поверхность Б с $Rz\ 40$;
- поверхность В с $Ra\ 0,23$;
- поверхность Г с $Ra\ 1,25$.

Рассматриваемый технологический процесс условно разбит на шесть этапов:

- этап 1 — обдирка;
- этап 2 — фрезерование черновое;
- этап 3 — фрезерование чистовое;
- этап 4 — шлифование черновое (предварительное);
- этап 5 — шлифование чистовое;
- этап 6 — притирание.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что следует понимать под технологическим процессом изготовления детали?
2. Назовите основные этапы технологического процесса изготовления детали.
3. В чем состоит различие между производственным и технологическим процессами?
4. Что такое операция?
5. Что такое переход?
6. Какие переходы называют основными, а какие — вспомогательными?
7. Дайте определение понятию «рабочее место».
8. Какие виды операций могут использоваться в технологическом процессе изготовления детали?
9. Что называют трудоемкостью?
10. Что такое такт выпуска?
11. Что понимают под объемом выпуска изделий?
12. В чем измеряют производительность станка?
13. Что такое партия заготовок или изделий?
14. Каковы типы производств и в чем их различие?
15. Каковы виды организации производственных процессов?

БАЗИРОВАНИЕ И РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ. МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ

2.1. ОСНОВЫ БАЗИРОВАНИЯ

Общие сведения. Задачи определения положения детали в машине в процессе ее эксплуатации, а также заготовки при обработке на станке, или их **базирование**, занимают центральное место в процессе создания машины. От того, как они будут решены, во многом зависит качество деталей и машины в целом.

Теоретическая механика рассматривает два состояния твердого тела: покоя и движения. Понятия «покой» и «движение» являются относительными и имеют смысл только тогда, когда указана система отсчета. Если положение тела относительно выбранной системы отсчета со временем не изменяется, считается, что это тело находится в состоянии покоя относительно данной системы отсчета. Если же во времени тело изменяет свое положение относительно избранной системы отсчета, это означает, что тело находится в состоянии движения относительно данной системы отсчета.

Требуемое положение или движение твердого тела относительно выбранной системы достигается наложением геометрических или кинематических связей.

Связями в теоретической механике называют условия, которые налагают ограничения либо только на положение точек тела, либо также и на их скорость. В первом случае связь называют геометрической, во втором — кинематической.

Связи обычно осуществляются в виде различных тел, стесняющих свободу движения данного тела. Эффект действия связей такой же, как и действия сил, вследствие чего действие связей можно заменить соответствующими силами, называемыми **реакциями**

связей. Направление реакции связи совпадает с тем направлением, в котором связь препятствует перемещению тела.

Независимые перемещения, которые может иметь тело, называют **степенями свободы**. Абсолютно твердое тело имеет шесть степеней свободы. Для того чтобы придать телу необходимое положение и состояние покоя относительно выбранной системы отсчета, его нужно лишить шести степеней свободы, наложив на него шесть двусторонних геометрических связей.

Если избрать в качестве системы отсчета прямоугольную систему координат $OXYZ$ (рис. 2.1), при наложении шести геометрических связей (1—6) тело лишится трех перемещений вдоль осей OX , OY и OZ и трех поворотов вокруг осей, параллельных им, оставаясь неподвижным в системе координат $OXYZ$.

Аналитическое определение требуемого положения абсолютно твердого тела сводится к заданию значений шести независимых параметров, однозначно характеризующих его положение. Сделать это можно различными способами. Согласно одному из них с телом связывают неизменно прямоугольную систему координат $O_1X_1Y_1Z_1$, называемую подвижной, ее положение в системе $OXYZ$ характеризуют координаты x , y , z начала O_1 и три угла Эйлера: θ — угол нутации; ψ — угол прецессии; φ — угол собственного вращения системы $O_1X_1Y_1Z_1$. По значениям этих параметров судят о положении как системы $O_1X_1Y_1Z_1$, так и самого тела относительно системы $OXYZ$, являющейся системой отсчета.

Тело находится в неподвижном состоянии, если выполняются два условия:

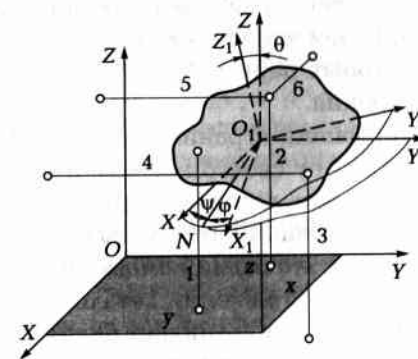


Рис. 2.1. Геометрические связи и координаты, определяющие положение твердого тела в системе $OXYZ$

- сумма всех активных сил, действующих на тело, и реакций равна нулю;
- в начальный момент скорость тела также равна нулю.

Таким образом, придание телу необходимого положения в избранной системе координат и наложение на него геометрических связей заключается не только в достижении заданных значений параметров, характеризующих его положение, но и в переводе тела в тот же момент в состояние покоя с помощью системы сил, обеспечивающих его равновесие и фиксирующих приданное телу положение.

Если в избранной системе отсчета требуется создать движение тела с определенной скоростью в одном или нескольких направлениях, соответствующее число геометрических связей должно быть заменено таким же числом кинематических связей.

Базирование и базы. Под **базированием** в машиностроении понимают придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат. Под изделием подразумевают деталь, сборочную единицу, а также режущий и измерительный инструмент, приспособления, приборы и другие объекты, допускающие их представление как абсолютно твердых тел. Имея в виду широкое приложение понятия «базирование» к различным объектам, изложим его сущность применительно к заготовкам и деталям, что несколько не снижает общности рассматриваемых положений.

Придание детали требуемого положения в избранной системе координат осуществляется в реальной ситуации путем соприкосновения ее поверхностей с поверхностями детали или деталей, на которые ее устанавливают или с которыми соединяют. Фиксация достигнутого положения и постоянство контакта обеспечиваются силами, в числе которых первым проявляется действие массы самой детали и сил трения.

Реальные детали машин ограничены поверхностями, имеющими отклонения формы от своего идеального прототипа. Поэтому базируемая деталь может контактировать с деталями, определяющими ее положение лишь на отдельных элементарных площадках, условно считаемых **точками контакта**.

В общем случае при сопряжении детали по трем поверхностям с базирующими ее деталями возникает шесть точек контакта. При этом на контактирующих поверхностях точки контакта распределяются определенным образом. Наложение на деталь шести геометрических связей и определение ее положения относительно

деталей, на которые она установлена, осуществляется через точки контакта.

Применительно к механической обработке на металлорежущих станках под базированием следует понимать придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих положение и траекторию движения подачи режущего инструмента. При этом базирование заготовки осуществляется с использованием поверхностей самой заготовки, называемых базами.

База — это поверхность (или сочетание поверхностей), линия (ось) или точка, принадлежащие заготовке (или изделию), которые используются для ее базирования при механической обработке, измерении или сборке.

Заготовка своими базами контактирует с определенными элементами станочного приспособления или станка, принимая необходимое положение для обработки. Для сохранения этого положения от начала обработки до ее окончания заготовку закрепляют, т. е. прижимают к опорам, с которыми она контактирует.

Следовательно, процесс установки заготовки на металлообрабатывающем станке включает в себя два этапа:

- 1) базирование заготовки, в результате которого она ориентируется требуемым образом в зоне обработки станка;
- 2) закрепление заготовки, которое фиксирует (с требуемым усилием) до конца обработки связи, полученные при ее базировании.

Для наложения на заготовку шести связей в целях фиксирования ее положения и придания ей состояния покоя требуется три базы, совокупность которых называют **комплексом баз**.

При ориентировании заготовки в зоне обработки станка жесткие двухсторонние связи представляют в виде опорных точек.

Опорная точка — это точка контакта базы заготовки и опоры станочного приспособления, лишаящая заготовку одной степени свободы, а при приложении закрепляющего усилия за счет сил трения — трех степеней свободы.

На рис. 2.2 приведена конструктивная схема возможной точки контакта и ее условные графические обозначения на технологических схемах.

Все опорные точки на схеме базирования нумеруют по порядку, начиная с базы, на которой располагают наибольшее число опорных точек. Число проекций детали на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображают одну точку и рядом с ней проставляют номера совмещенных точек.

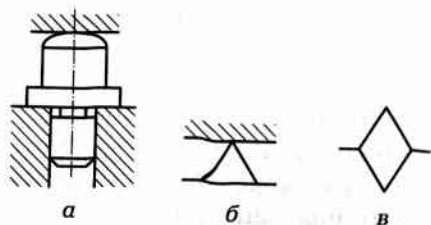


Рис. 2.2. Конструктивная схема [а] опорной точки и ее условные графические обозначения при взгляде спереди (б) и сверху (в)

На рис. 2.3 приведен пример сопряжения деталей по идеально плоским поверхностям с образованием координатных плоскостей системы $O_1X_1Y_1Z_1$ самими базами и показаны схемы базирования устанавливаемой детали.

Анализируя условия контакта реальных деталей, следует отметить, что в общем случае мы имеем дело не с идеальными связями, а со связями с трением, которые кроме нормальных реакций дают еще реакции, лежащие в касательных плоскостях. Связи с трением активно проявляют себя в процессе базирования деталей и при определенных соотношениях внешних сил и сил трения могут лишать деталь подвижности и обеспечивать определенность ее положения в рассматриваемой системе координат.

Понятие об определенности положения детали не следует смешивать с понятием о точности ее положения. Детали или заготовке может быть придано положение, которое будет соответствовать условиям решаемой задачи, а может и не соответствовать им. К тому же допуски, ограничивающие отклонения в положении заготовки или детали, в одних задачах могут быть в широких пределах, в других — в узких. Например, при установке в трехкулачковом патроне заготовки из прутка детали может быть придано любое угловое положение в пределах 360° относительно ее оси. Однако то угловое положение заготовки, которое будет случайно избрано и зафиксировано, окажется вполне определенным в системе трехкулачкового патрона, так как на заготовку будет наложена связь. Точно также положение плитки, установленной на магнитной плите на глаз, будет вполне определенным, хотя может и не соответствовать требованиям к точности ее установки.

При разработке технологических процессов технолог руководствуется правилом шести точек, на основании которого для полного базирования заготовки в станочном приспособлении (или на

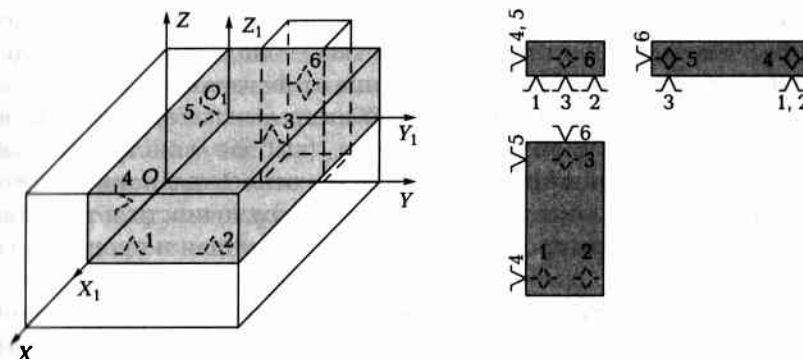


Рис. 2.3. Идеализированное представление о сопряжении деталей по плоским поверхностям

станке) необходимо создать шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно баз заготовки. К этим точкам приспособления заготовка плотно прижимается своими базовыми поверхностями, а зажимное устройство надежно фиксирует созданные связи.

Классификация баз. Несмотря на разнообразие задач по базированию, оказалось возможным ограничиться тремя признаками классификации баз: по назначению, по лишаемости степеням свободы и по характеру проявления.

Классификация баз по назначению. Базирование необходимо на всех стадиях создания изделия: при конструировании и рассмотрении его в сборе, изготовлении и измерении. Отсюда вытекает необходимость разделения баз по назначению на три вида: конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторской называют базу, используемую для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Группу конструкторских баз составляют основные и вспомогательные базы.

Основной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали или сборочной единице и используемую для определения ее положения в изделии.

Вспомогательной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали или сборочной единице и используемую для определения положения присоединяемого к ней изделия (детали или сборочной единицы).

Из определений основной и вспомогательной баз видно различие их функций. С помощью комплекта основных баз определяют

положение самой детали в машине или в сборочной единице, с помощью комплекта вспомогательных баз — положение присоединяемой детали или сборочной единицы относительно данной детали. Различие ролей основных и вспомогательных баз необходимо учитывать как при конструировании (выборе конструктивных форм поверхностей деталей, задании их относительного положения, простановке размеров, разработке норм точности и т.д.), так и в технологическом процессе изготовления детали и процессе измерения.

Можно заметить, что любая деталь может иметь только один комплект основных баз и столько комплектов вспомогательных баз, сколько деталей или сборочных единиц к ней присоединяется.

Технологической называют базу, используемую для определения положения заготовки либо изделия в процессе изготовления или ремонта. Понятие технологической базы распространяется на все стадии процесса изготовления (на изготовление детали путем механической обработки, сборку изделия и т.д.).

Измерительной называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Измерительные базы необходимы во всех случаях измерений (при оценке точности детали, в процессе настройки станков и т.д.).

Классификация баз по назначению не допускает совмещения названий баз в рамках этого признака. Например, нельзя технологическую базу назвать основной или вспомогательной, хотя в качестве технологических могут быть использованы и основные, и вспомогательные базы; то же относится к измерительным базам.

Классификация баз по лишаемым степеням свободы. Законы базирования являются общими для всех стадий создания изделий. Поэтому независимо от назначения базы различают в зависимости от их участия в наложении связей на базируемые заготовки, детали или сборочные единицы.

Комплект баз может быть образован сочетанием поверхностей разных размеров и конструктивных форм (плоских, цилиндрических, конических и др.), и распределение шести связей между ними может быть различным. В соответствии с числом и свойствами воспринимаемых связей база может быть установочной, направляющей, опорной, двойной направляющей или двойной опорной.

Установочной называют базу, используемую для наложения на заготовки или изделия связей, лишаящих их трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Например, если деталь призматическая (рис. 2.4), роль установочной базы выполняет нижняя поверхность, использованная для наложения трех связей, лишаящих деталь возможности перемещаться в направлении оси OZ и поворачиваться вокруг осей, параллельных OX и OY .

Направляющей называют базу, используемую для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси. Для детали призматической формы — это боковая поверхность детали, наложение через которую двух связей на деталь лишило ее возможности перемещаться в направлении оси OY и поворачиваться вокруг оси, параллельной OZ .

Опорной называют базу, используемую для наложения на заготовку или изделие связи, лишаящей их одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

В случае, показанном на рис. 2.4, в качестве опорной базы использована одна из торцовых поверхностей детали. Через эту поверхность деталь лишена возможности перемещения в направлении оси OX .

Если базирование детали или заготовки осуществляется с использованием цилиндрической (конической) поверхности большой протяженности (соотношение ее длины и диаметра больше единицы), с помощью этой поверхности на деталь или заготовку можно наложить четыре связи. Такая база получила название двойной направляющей.

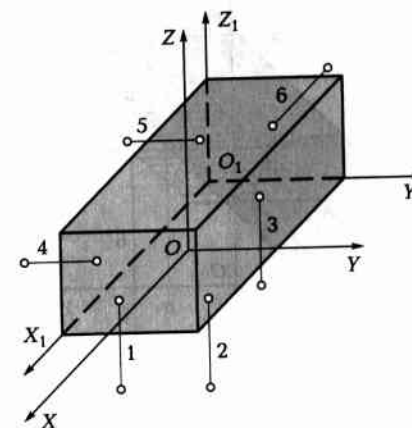


Рис. 2.4. Наложение шести связей на призматическую деталь

Двойной направляющей называют базу, используемую для наложения на заготовки или изделия связей, лишающих их четырех степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг осей, параллельных им.

Наложение связей на деталь или заготовку с помощью цилиндрической (конической) поверхности чаще всего осуществляется через ось (рис. 2.5), относительно которой поверхность образована вращением образующей прямой. Это может служить основанием для совмещения с этой осью оси O_1X_1 подвижной системы $O_1X_1Y_1Z_1$. Рассматривая ось O_1X_1 как пересечение координатных плоскостей $X_1O_1Y_1$ и $X_1O_1Z_1$, две связи (1 и 2) из четырех, наложенных на ось, можно отнести к координатной плоскости $X_1O_1Y_1$, две (3 и 4) — к $X_1O_1Z_1$. Эти связи отбирают у детали возможность перемещаться вдоль и поворачиваться вокруг осей, параллельных OY и OZ . Перемещения детали вдоль оси O_1X_1 может лишить связь 5, наложенная на торец детали и координатную плоскость $Y_1O_1Z_1$, совмещенную с ним. Угловое положение детали будет определено, если на координатную плоскость $Y_1O_1Y_1$ наложить дополнительно связь 6. Последние две связи реализуются при помощи двух опорных баз, одна из которых лишает деталь возможности перемещения, другая — поворота.

Комплект из двойной направляющей и двух опорных баз широко распространен и также может считаться типовым.

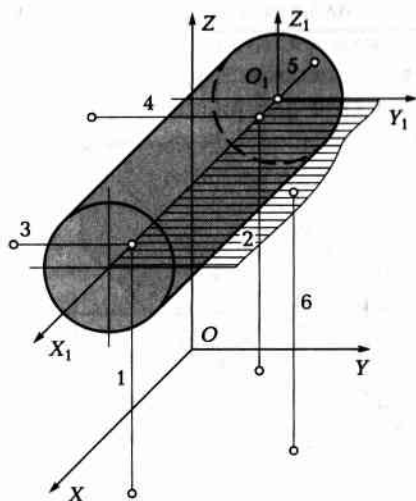


Рис. 2.5. Наложение шести связей на цилиндрическую деталь

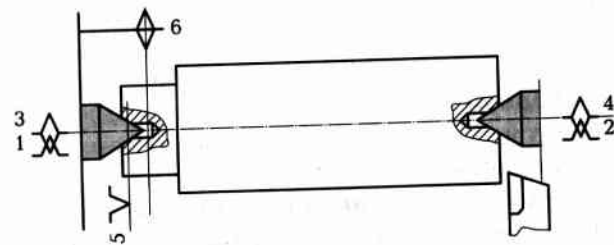


Рис. 2.6. Реализация двойной направляющей базы сочетанием двух поверхностей

Часто встречаются случаи, когда двойная направляющая база образуется сочетанием двух цилиндрических или конических поверхностей небольшой протяженности. Например, роль двойной направляющей могут выполнять конические отверстия (рис. 2.6), с помощью которых заготовка вала устанавливается в центрах на токарном станке.

Положение детали типа диска будет более устойчивым, если установить его на торец и сделать торец установочной базой (рис. 2.7). Тогда с торцом окажется совмещенной координатная плоскость $X_1O_1Y_1$, на которую будут наложены три связи, присущие установочной базе. Две связи (4 и 5), лишающие диск возможности перемещения в направлении осей OX и OY , целесообразно в данном случае наложить на ось цилиндрической поверхности, совмещив с ней координатную ось O_1Z_1 . Две связи, наложенные на ось, следует рассматривать относящимися соответственно к координатным плоскостям $X_1O_1Z_1$ и $Y_1O_1Z_1$. Для того чтобы лишить диск возможности поворота вокруг оси O_1Z_1 , необходимо наложить связь 6 на координатную плоскость $X_1O_1Y_1$, создав тем самым опорную базу.

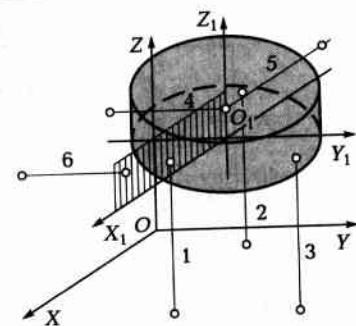


Рис. 2.7. Наложение шести связей на деталь типа диска

В данном случае ось цилиндрической поверхности детали была использована как база для лишения детали двух перемещений. Такая база получила название двойной опорной.

Двойной опорной называют базу, используемую для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей.

Классификация баз по характеру проявления. Третий признак классификации, независимо от первых двух, дает разделение баз на скрытые и явные.

Скрытой называют базу в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок. К скрытым базам прибегают, когда требуется определить положение детали или заготовки с использованием плоскостей симметрии, оси или пересечения осей. Наложение связей на скрытые базы может быть осуществлено либо на глаз, либо с помощью специальных технических средств. В первом случае человек, оценивая положение обрабатываемых координатных плоскостей относительно системы отсчета, придает нужное положение детали или заготовке. Таким примером может служить установка заготовки (плитки) на магнитной плите плоскошлифовального станка, проводимая на глаз. Для повышения точности базирования могут быть применены измерительные приборы или инструменты.

В других случаях базирование по скрытым базам с надлежащей точностью может быть выполнено лишь с помощью специальных средств (центров на токарном станке, самоцентрирующих патро-

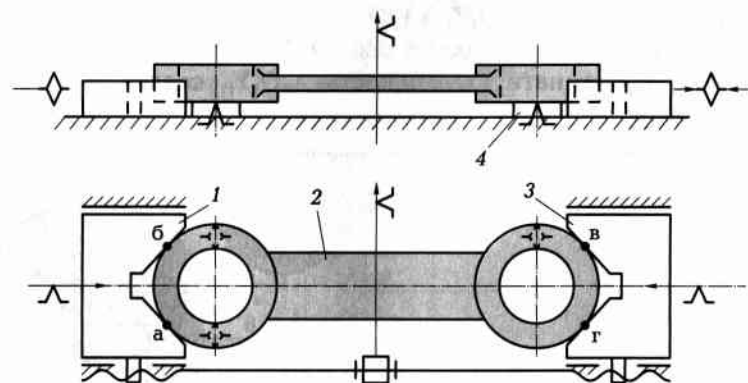


Рис. 2.8. Схема базирования рычага:
1, 3 — призмы; 2 — рычаг; 4 — опорная плоскость

на и тисков и т.д.). На рис. 2.8 показано базирование рычага по двум его плоскостям симметрии, осуществленное с помощью двух одновременно сходящихся призм.

Положение рычага 2 вдоль оси определяется призмами 1 и 3 самоцентрирующего приспособления при контакте цилиндрических поверхностей головок рычага по четырем образующим (точки а—г) с плоскостями обеих призм. Положение рычага в направлении осей цилиндрических отверстий определяется опорной плоскостью 4 этого приспособления.

На рис. 2.9 приведена схема классификации баз по трем признакам. Согласно этой схеме полное название базы должно включать в себя три классификационных признака в принятой очередности. Так, базы, определяющие положение вала, показанного на рис. 2.6, имеют следующие названия: конструкторская основная, двойная направляющая, скрытая; конструкторская основная, опорная, явная; конструкторская основная, опорная, скрытая. По положению рычага в примере, приведенном на рис. 2.8, определяют следующие базы: технологическая, установочная, явная; технологическая, направляющая, скрытая; технологическая, опорная, скрытая.

Ради упрощения из названия баз часто опускают слова «конструкторская» и «явная», имея в виду, что, если база основная или вспомогательная, само собой разумеется, что она конструкторская, и, если база не скрытая, она явная. Допускаются краткие названия баз, отражающие только те классификационные признаки, кото-

По назначению

Конструкторская:
основная
вспомогательная

Технологическая
Измерительная

По лишаемым степеням свободы

Установочная
Направляющая
Опорная
Двойная направляющая
Двойная опорная

По характеру проявления

Скрытая
Явная

Рис. 2.9. Классификация баз

рые представляют интерес в данный момент времени: основная установочная база; технологическая база; двойная опорная скрытая база и т. п.

Рекомендации к решению задач по базированию. Освоение теории базирования до уровня ее свободного использования при решении задач сопряжено с определенными трудностями.

Попытаемся облегчить этот труд, рассмотрев теорию базирования с точки зрения опытного технолога. Несомненно, что для технолога, занимающегося проектированием технологических процессов, очень важно хорошо знать основные правила и положения теории базирования и иметь навыки их использования, чтобы не потерять, а полностью использовать точность оборудования и точность метода обработки.

Технолог, начиная проектировать технологический процесс изготовления детали, изучает исходные данные, рабочий чертеж детали и конструкторские базы на этом чертеже. Для технолога **конструкторской базой** являются поверхность, линия или точка, относительно которых на рабочем чертеже детали скоординировано положение других поверхности, линии или точки. В качестве примера рассмотрим упрощенный рабочий чертеж детали (рис. 2.10), на котором в качестве конструкторских баз выступают поверхности С, У, М, Г, взаимосвязанные соответствующими размерами (А, В, К, Д, Е). Например, по отношению к торцевой поверхности М в качестве конструкторской базы выступает торцевая поверхность С, по отношению к торцевой поверхности С — поверхности М и Г, а также ось цилиндрического отверстия У (размер А).

Составляя операционные эскизы, технолог проставляет операционные размеры, т. е. размеры, которые следует выдержать в процессе данной операции при обработке определенных поверхностей. Следовательно, на операционном эскизе наряду с обрабатываемыми поверхностями имеются и необрабатываемые поверхности. Каждый операционный эскиз координирует обрабатываемую

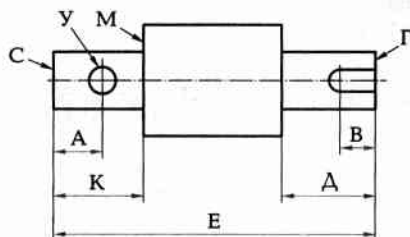


Рис. 2.10. Схема расположения конструкторских баз

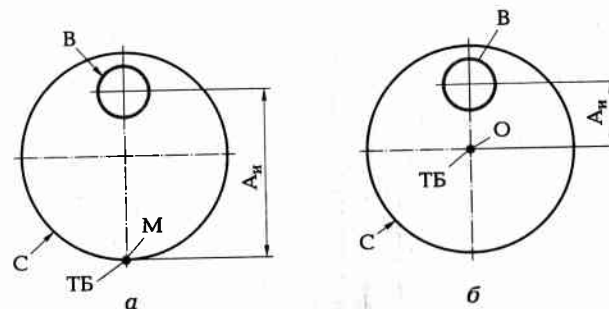


Рис. 2.11. Примеры использования в качестве технологических баз образующей М цилиндрической поверхности С (а) и оси О цилиндрической поверхности С (б)

поверхность чаще всего относительно необрабатываемой поверхности.

Таким образом, **технологической базой** (иногда называемой исходной базой) можно считать поверхность, линию или точку, относительно которой на операционном эскизе скоординировано с помощью операционного (исходного) размера положение обрабатываемой в данной операции поверхности.

На рис. 2.11, а показан пример технологической базы, в качестве которой выступает образующая М обработанной на предыдущей операции цилиндрической поверхности С. Положение оси обрабатываемого в данной операции отверстия В скоординировано операционным размером A_n относительно этой образующей, которая является технологической базой (ТБ). На рис. 2.11, б положение оси обрабатываемого отверстия В скоординировано исходным размером A_n относительно оси О цилиндрической поверхности С, обработанной на предыдущей операции. Ось О в данном случае является технологической базой.

Хорошо известно, что для обработки заготовку устанавливают (базируют и закрепляют) или в приспособлении для детали, или непосредственно на столе станка. При этом используют установочные элементы приспособления, с которыми взаимодействуют поверхности заготовки, называемые установочными базами. Таким образом, для технолога **установочной базой** является поверхность заготовки (именно поверхность, а не линия и не точка), которая при установке этой заготовки в зоне обработки станка создает определенность ее положения в направлении операционного размера A_n .

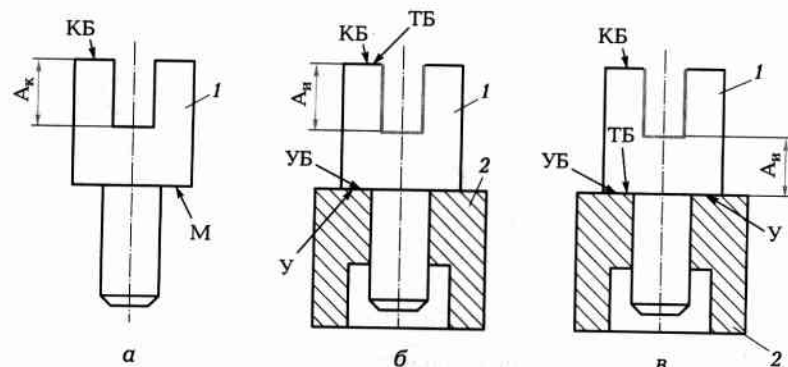


Рис. 2.12. Пример использования в качестве установочной базы поверхности М обрабатываемой заготовки (а), несовмещение УБ с технологической базой (б) и совмещение УБ с технологической базой (в):

1 — заготовка; 2 — приспособление

На рис. 2.12, а показан пример использования в качестве установочной базы (УБ) поверхности М обрабатываемой заготовки 1. Из рис. 2.12, б видно, что заготовка 1 строго ориентирована в направлении операционного размера A_x с помощью установочной плоской поверхности У приспособления и установочной базы заготовки.

Обратим внимание на координацию глубины паза конструкторским размером A_x на конструкторском чертеже (см. рис. 2.12, а) и на координацию этой же глубины паза операционным размером A_y на операционных эскизах (см. рис. 2.12, б, в). Становится очевидным, что в качестве всех трех баз (КБ, ТБ и УБ) используются разные поверхности заготовки или детали, т.е. эти базы не совмещены одна с другой. Хорошо это или плохо, рассмотрим чуть позже. Правда, при установке заготовки 1 по схеме, показанной на рис. 2.12, в, установочная база совмещена с технологической базой, но не совмещена с конструкторской базой. И этот вариант оказывается также не самым лучшим.

При установке заготовок в зоне обработки станка часто используют упоры, воспринимающие усилие резания и взаимодействующие при этом с упорной поверхностью заготовки. Чтобы различить упорную и установочную поверхности заготовки, условимся, что **упорной поверхностью** будем считать поверхность заготовки, при взаимодействии которой с упором приспособления

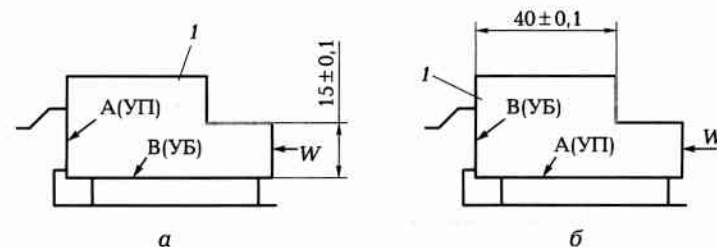


Рис. 2.13. Упорные поверхности и установочные базы для операционного размера $15 \pm 0,1$ (а) и для операционного размера $40 \pm 0,1$ (б):

1 — заготовка

не создается определенности положения заготовки в направлении операционного размера, а лишь воспринимается усилие резания.

На рис. 2.13, а показано, что поверхность А воспринимает усилие W закрепления заготовки 1 или усилие, возникающее при снятии слоя материала, а поверхность В, являющаяся установочной базой, определяет положение заготовки в направлении операционного размера $15 \pm 0,1$. На рис. 2.13, б показано, что поверхность В заготовки определяет ее положение в направлении операционного размера $40 \pm 0,1$ и является установочной базой, а поверхность А является лишь упорной поверхностью.

При разработке контрольной операции технолог выбирает в качестве **измерительной базы** (ИзБ) ту поверхность, образующую или точку поверхности, относительно которой измерением будет проверяться правильность положения обработанной поверхности, т.е. точность операционного размера.

На рис. 2.14 показано, что для определения положения обработанного отверстия Е с координатой С в качестве измерительной базы можно использовать образующие ранее обработанной поверхности М. При использовании в качестве измерительной базы образующей А измеряют размер K_1 (рис. 2.14, а), а при использовании образующей В измеряют размер K_2 (рис. 2.14, б). Действительное значение размера С получают с учетом радиусов отверстий М и Е.

Для достижения высокой точности обработки большое значение имеет то, какие поверхности заготовки или детали используются в качестве технологических, установочных и измерительных баз. Получение наилучших результатов обеспечивается в случае, если не нарушен принцип совмещения баз.

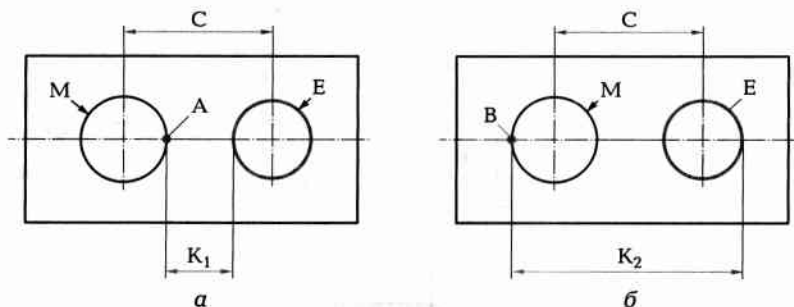


Рис. 2.14. Использование в качестве измерительных баз образующей А поверхности М (а) и образующей В поверхности М (б)

Принцип совмещения баз по отношению к какой-либо поверхности состоит в том, чтобы использовать в качестве всех основных баз (КБ, ИБ, УБ, ИзБ) одну и ту же поверхность заготовки. Конструктор на рабочем чертеже детали указал все конструкторские базы. Технолог, работая с рабочим чертежом детали при разработке технологического процесса, принимает к сведению, что все конструкторские базы заданы. Соблюсти принцип совмещения баз технолог сможет лишь в том случае, если, решая вопрос, как установить заготовку, он будет использовать в качестве установочной базы конструкторскую базу, т.е. совместит эти базы (УБ = КБ). Проставляя операционные размеры, технолог обращает внимание на то, как скоординированы эти поверхности у конструктора на рабочем чертеже детали. Если координаты обрабатываемых поверхностей будут такими же, как на рабочем чертеже детали, это значит, что технолог совместил технологические базы с конструкторскими (ТБ = КБ).

Таким образом, принцип совмещения баз заключается в том, чтобы в качестве всех баз (ТБ, УБ, ИзБ) по отношению к определенной поверхности использовать одну и ту же поверхность заготовки, являющуюся конструкторской базой по отношению к рассматриваемой поверхности.

При проектировании приспособления для базирования заготовки принцип совмещения баз можно соблюсти лишь в том случае, если использовать в качестве установочной базы поверхность заготовки, являющуюся технологической базой.

При контроле положения обработанной поверхности принцип совмещения баз можно соблюсти лишь в том случае, если в качестве измерительной базы использовать технологическую базу.

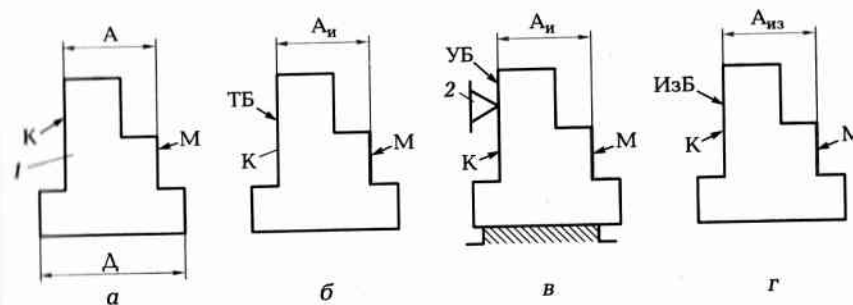


Рис. 2.15. Пример соблюдения принципа совмещения баз:

а — рабочий чертеж; б — операционный эскиз; в — эскиз обработки; г — на контрольной операции; 1 — деталь; 2 — установочный элемент

На рис. 2.15 приведен пример соблюдения принципа совмещения баз по отношению к поверхности М, положение которой на рабочем чертеже детали 1 (рис. 2.15, а) определяется размером А относительно конструкторской базы (поверхности К). На операционном эскизе (рис. 2.15, б) в качестве технологической базы выступает поверхность К, т.е. конструкторская база. На эскизе обработки и установки заготовки (рис. 2.15, в) в качестве установочной базы принята также конструкторская база, т.е. поверхность К, с которой взаимодействует установочный элемент 2 приспособления для заготовки. При контроле положения поверхности М (рис. 2.15, г) в качестве измерительной базы (ИзБ) используется также конструкторская база, т.е. поверхность К.

Такое построение операции полностью отвечает принципу совмещения баз, что является наилучшим вариантом для получения высокой точности положения обрабатываемой поверхности М.

Рассмотрим, что произойдет при нарушении технологом принципа совмещения баз.

Если при разработке операции по обработке поверхности М (рис. 2.16, б) не совместить технологическую базу с конструкторской базой (ТБ ≠ КБ) по отношению к обрабатываемой поверхности М, то точный конструкторский размер $A_k - \delta_k$ можно и не получить. Требуемая точность конструкторского размера будет обеспечена лишь в том случае, если допуск δ_n на операционный размер A_n не будет превышать допуск δ_k на конструкторский размер. Для этого необходимо учесть погрешность взаимного положения поверхностей, выступающих в качестве конструкторской и технологической баз (допуск с на размер С). Для исключения брака по

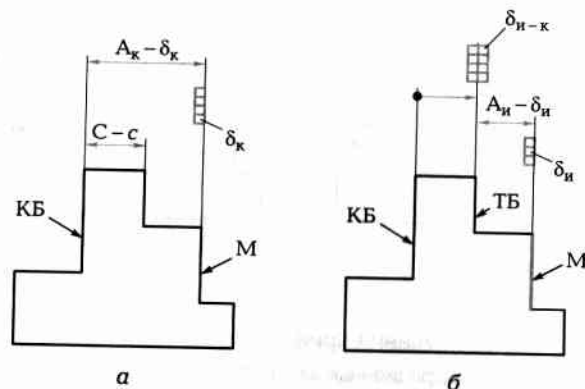


Рис. 2.16. Пример нарушения принципа совмещения баз:
а — рабочий чертеж конструктора; б — операционный эскиз при $TБ \neq КБ$

размеру $A_k - \delta_k$ допуск δ_n на операционный размер A_n не должен превышать допуск δ_k на конструкторский размер A_k , уменьшенный на значение допуска $\delta_{n-k} = c$ на взаимное положение ТБ и КБ:

$$\delta_n \leq \delta_k - \delta_{n-k}; \delta_n \leq \delta_k - c. \quad (2.1)$$

Из условия (2.1) следует, что несовмещение технологической базы с конструкторской ($TБ \neq КБ$) приводит к необходимости повышения точности выполнения операционного размера, а это увеличивает стоимость выполнения операции.

Несовмещение установочной базы с технологической при условии совмещения технологической и конструкторской баз по отношению к обрабатываемой поверхности М, показанное на эскизе установки заготовки (рис. 2.17, а), вызовет погрешность δ_{y-n} операционного размера A_n (рис. 2.17, б), равную допуску δ_b на взаимное положение поверхностей, выступающих в качестве этих баз, т.е. допуску δ_b на размер В (рис. 2.17, в). Тогда для обеспечения требуемой точности операционного размера A_n допуск δ_n должен быть уменьшен по сравнению с допуском δ_k на размер A_k (см. рис. 2.17, в) на значение допуска δ_b взаимного положения установочной и технологической баз:

$$\delta_n = \delta_k - \delta_{y-n}; \delta_n = \delta_k - \delta_b. \quad (2.2)$$

Из условия (2.2) следует, что несовмещение технологической базы с установочной ($TБ \neq УБ$) приводит к необходимости повышения точности выполнения операционного размера, что создаст

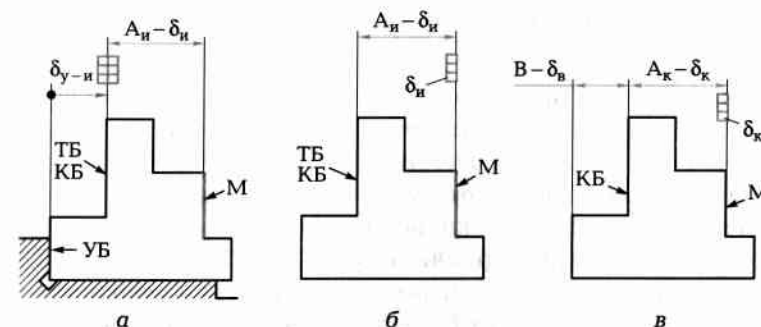


Рис. 2.17. Пример нарушения принципа совмещения баз:

а — эскиз установки заготовки при $УБ \neq ТБ = КБ$; б — операционный эскиз при $TБ \neq КБ$; в — рабочий чертеж

определенные проблемы при проектировании операций. Первой такой проблемой является необходимость проверочного расчета обеспечения точности операции, а второй — поиск вариантов по ликвидации дефицита точности, если этот расчет покажет, что условие (2.2) обеспечения точности не выполняется.

Аналогичная картина получается в случае несовмещения других баз. Наихудшим для обеспечения точности операционного размера является вариант полного нарушения принципа совмещения баз, т.е. когда ни одна из баз не совмещается с другой базой.

Из всех рассмотренных баз установочная база является наиболее важной, поскольку ее первой определяет технолог и правильность этого выбора во многом обуславливает весь дальнейший ход механической обработки заготовки. Поэтому рассмотрим некоторые технологические нюансы, связанные с установочной базой.

Выбор установочной базы. Установочная база является наиболее важной из всех технологических баз, поэтому при проектировании технологического процесса ее определяют в числе первых. При этом руководствуются следующими соображениями:

- установочной базой должна служить та поверхность заготовки, относительно которой в рабочем чертеже детали скоординирована ее обрабатываемая часть. В этом случае совмещаются конструкторская и установочная базы;
- форма, размеры и точность поверхности, выбранной в качестве установочной базы, должны обеспечивать хорошую устойчивость заготовки в зоне обработки станка

и простоту ее закрепления, т.е. простоту приспособления для детали.

Таким образом, при выборе установочной базы в первую очередь следует обратить внимание на конструкторскую базу и решить, может ли эта поверхность быть хорошей установочной базой, и если может, то остается указать эту поверхность в операционной карте в качестве установочной базы.

База установочная первичная. Изучая рабочие чертежи заготовки и детали, технолог решает вопрос, какую поверхность заготовки использовать в качестве установочной базы на первой операции механической обработки. Поверхность заготовки, используемую для ее установки на первой операции, называют первичной установочной базой. Как правило, точность этой поверхности у заготовки невысокая, поэтому первичную базу используют лишь на одной операции. При этом сначала обрабатывают поверхность, которая на последующих операциях будет хорошей установочной базой.

На рис. 2.18 показано, что при обработке цилиндрической поверхности ($\varnothing M$) штампованной заготовки 2 и ее торцовых поверхностей В и К (операционные размеры $A_{и1}$, $A_{и2}$) в качестве первичной установочной базы используется цилиндрический поясок ($\varnothing C \pm c$) заготовки-штамповки 2, полученный после обрубки облоя в штампе. Для установки детали используется самоцентрирующее приспособление 3 с упором 1.

В случае обработки заготовки, полученной на горизонтально-ковочной машине, лучшей первичной установочной базой будет ее цилиндрическая часть заготовки, оставшаяся неизменной от исходной, например прутка или трубы.

База установочная вспомогательная. Вспомогательной установочной базой называют поверхность заготовки (установочную

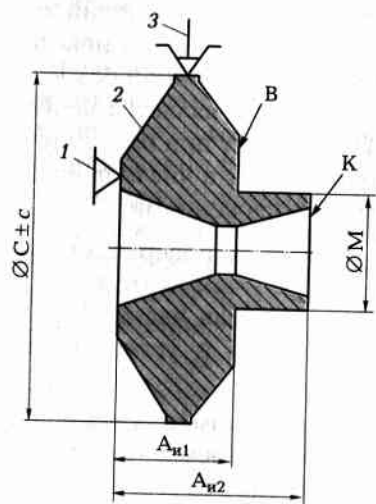


Рис. 2.18. Пример первичной установочной базы:

1 — упор; 2 — заготовка; 3 — самоцентрирующее приспособление

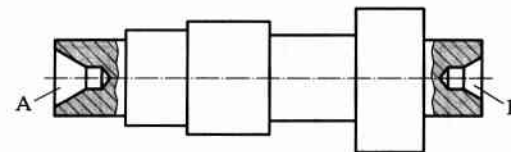


Рис. 2.19. Пример вспомогательной установочной базы

базу), которую создают специально для установки заготовки в зоне обработки станка. Это необходимо в следующих двух случаях:

- для обеспечения реализации принципа постоянства установочной базы на основных операциях обработки заготовки;
- при отсутствии у заготовки удовлетворительной установочной базы для выполнения первой операции технологического процесса.

На рис. 2.19 показан пример вспомогательной установочной базы в виде центровых гнезд А и В, выполненных в заготовке для вала. Центровые гнезда обрабатывают на отдельной операции, а затем используют для установки заготовки на всех операциях обработки наружных поверхностей.

База установочная единая. Часто применяемым технологическим приемом является использование единой установочной базы, заключающийся в целесообразности обработки от одной и той же установочной базы и требуемой поверхности, и конструкторской базы по отношению к этой поверхности.

Из фрагмента рабочего чертежа детали, показанного на рис. 2.20, а, следует, что цилиндрическая поверхность С и плоская поверхность К являются взаимными конструкторскими базами. Однако эти поверхности, связанные размером A_K , не могут выступать в роли удовлетворительных установочных баз. В то же время у заготовки имеются плоские поверхности М и В, которые можно использовать в качестве хороших установочных баз, но при нарушении принципа совмещения баз.

Применив прием использования единой установочной базы, можно сначала обработать плоскую поверхность К (рис. 2.20, б), установив заготовку на поверхность В (операционный размер $A_{и1}$), а затем обработать поверхность С (рис. 2.20, в), установив заготовку на ту же поверхность В (операционный размер $A_{и2}$).

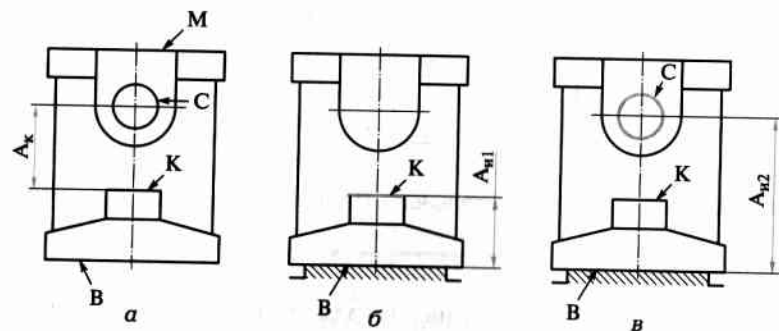


Рис. 2.20. Пример использования единой установочной базы:
 а — рабочий чертеж; б — операционный эскиз обработки плоской поверхности; в — операционный эскиз обработки цилиндрического отверстия

Таким образом, используя единую установочную базу (поверхность В), получим размер A_k с наивысшей точностью, исключив погрешность от несовмещения баз.

Выбор установочной базы в условиях несовмещения баз. На практике встречаются ситуации, когда обработка заготовки в условиях несовмещения баз неизбежна, так как не каждая конструкторская база может быть пригодна для использования ее в качестве установочной базы.

У детали, показанной на рис. 2.21, а, для получения размера A_k в условиях совмещения баз в качестве установочных баз можно использовать или плоскую поверхность Р как хорошую установочную базу, или связанное с ней ранее обработанное отверстие М как худшую установочную базу.

Вполне очевидно, что в технологическом процессе каждая последующая операция точнее и ответственнее предыдущей операции. Следовательно, в приведенном примере в первую очередь должна обрабатываться поверхность, более пригодная для хорошей установочной базы на последующей операции.

Из приведенных операционных эскизов следует, что, обработав сначала плоскость Р (операционный размер A_0) в условиях несовмещения баз (рис. 2.21, б), а затем цилиндрическую поверхность М в условиях совмещения баз, получим требуемый размер A_n (A_k) не только в условиях совмещения баз (рис. 2.21, в), но и от хорошей установочной базы (плоскости Р).

Если несовмещение баз неизбежно, то в качестве установочной базы следует выбрать по рабочему чертежу детали ту из поверх-

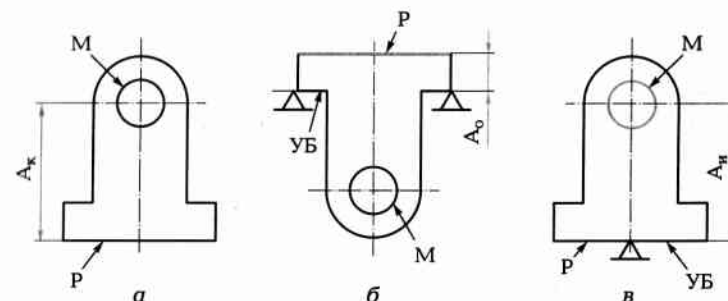


Рис. 2.21. Пример выбора установочной базы при условии несовмещения баз:

а — рабочий чертеж; б — операционный эскиз обработки плоскости; в — операционный эскиз обработки цилиндрической поверхности

ностей, которая наиболее точно расположена относительно конструкторской базы. Это позволит снизить погрешность операционного размера от несовмещения баз.

Существует еще одно испытанное правило для случая невозможного совмещения баз, которое гласит, что из двух взаимосвязанных поверхностей заготовки в первую очередь следует обрабатывать более пригодную для использования в качестве хорошей установочной базы.

Практика проектирования технологических процессов и разработки операций показывает, что правильное использование рассмотренных положений из теории базирования существенно снижает себестоимость операций обработки и упрощает получение требуемой конструктором точности размеров деталей.

Проектируя технологический процесс механической обработки заготовки, следует выдерживать последовательность выполнения операций внутри технологического процесса без нарушения принципа совмещения баз. Для исключения погрешности полученного операционного размера от несовмещения баз последовательность операций в процессе должна быть согласована с координацией обрабатываемых поверхностей на рабочем чертеже детали.

При обработке одной из двух поверхностей, связанных на рабочем чертеже детали конструкторским размером, установочной и технологической базой должна служить другая поверхность, являющаяся конструкторской базой по отношению к обрабатываемой поверхности.

Поверхность, уже обработанная на данной операции, должна служить установочной и технологической базой на следующей

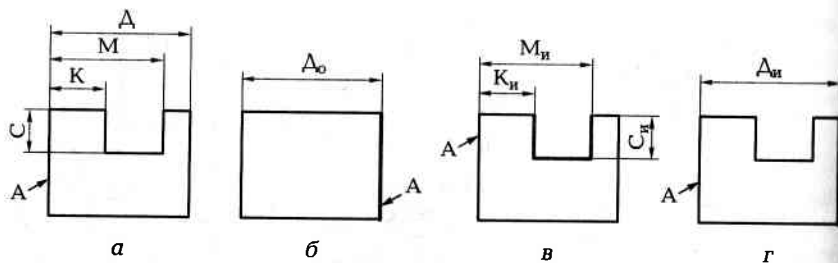


Рис. 2.22. Деталь (а) и последовательность обработки ее поверхностей (б—г)

операции, на которой обрабатывается связанная с ней конструкторским размером поверхность.

Следующей должна обрабатываться поверхность, связанная размером с одной из двух уже обработанных поверхностей, а затем — поверхность, связанная размером с этой поверхностью или с одной из двух ранее обработанных поверхностей, и т. д.

Таким образом, порядок обработки поверхностей заготовки должен соответствовать координации поверхностей на рабочем чертеже детали. На рис. 2.22, а показана деталь и один из вариантов последовательности обработки ее поверхностей с конструкторской координацией размеров детали (рис. 2.22, б—г).

2.2. ТЕОРИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

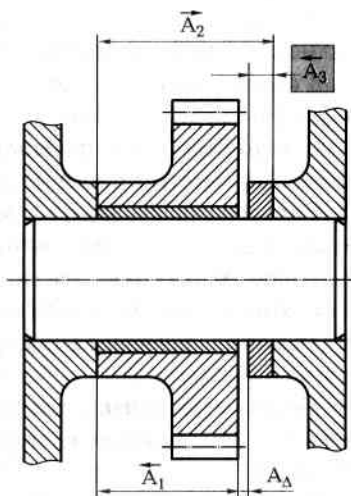
Основные понятия и определения. Размерные цепи отражают объективные размерные связи в конструкции машины, технологических процессах изготовления деталей и сборки, при измерении, которые возникают в соответствии с условиями решаемых задач.

Свойства и закономерности размерных цепей отражены в системе понятий и аналитических зависимостях, позволяющих рассчитывать номинальные размеры и обеспечивать наиболее экономичным путем точность изделий при конструировании, изготовлении, ремонте и эксплуатации.

Размерной цепью называют совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.

Из определения этого понятия следует, что размерную цепь образует замкнутый контур не любых размеров, а только тех разме-

Рис. 2.23. Конструкторская размерная цепь, определяющая зазор A_Δ



ров, которые непосредственно участвуют в решении задачи. Например, если поставлена задача обеспечить зазор между зубчатым колесом и торцом проставочного кольца, в обеспечении необходимого зазора участвуют только размеры, нанесенные на чертеж (рис. 2.23), и никакие другие размеры (например, ширина корпусной детали).

Размерные цепи принято обозначать прописными буквами русского алфавита (А, Б, ...), если они образованы линейными размерами, и строчными буквами греческого алфавита β , γ (кроме букв α , δ , ξ , λ , ω), если их составляют угловые размеры.

Размеры, образующие размерную цепь, называют **звеньями размерной цепи**.

На схемах размерных цепей звенья условно обозначают следующим образом: линейные размеры — двусторонними стрелками, угловые размеры — односторонними стрелками с направлением острия к базе. Для обозначения звеньев размерных цепей используют те же буквы, что и для обозначения самих размерных цепей, с добавлением соответствующих индексов.

В любой размерной цепи одно из звеньев является замыкающим, все остальные звенья — составляющими.

Замыкающим называют звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения. В замыкающем звене заключен смысл решаемой задачи независимо от того, является задача прямой или обратной. Например, задача состоит в том, чтобы обеспечить зазор между зубчатым колесом и торцом кольца (см. рис. 2.23). Поэтому зазор в этой задаче будет являться замыкающим звеном, поскольку именно он нас интересует. В процессе проектирования, при разработке технологического процесса изготовления механизма все действия по обеспечению зазора будут исходить от его заданного значения. Однако свойства зазора как замыкающего

звена сохраняются и тогда, когда он будет получен последним в размерной цепи в результате сборки механизма.

В обозначении замыкающее звено отличается от составляющих индексом Δ .

Составляющим называют звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном.

Составляющее звено обозначается той же буквой, что и сама размерная цепь, с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена.

С точки зрения влияния на значение замыкающего звена составляющие звенья подразделяют на увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающим называют составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается (звено A_2).

Уменьшающим называют составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается (звенья A_1 и A_3).

Увеличивающее звено обозначают стрелкой над буквой, обозначающей звено, направленной вправо, уменьшающее звено — стрелкой, направленной влево.

Устранение на замыкающем звене отклонения, излишнего по сравнению с допустимым, может быть проведено путем изменения одного из составляющих звеньев, называемого **компенсирующим**. Для отличия от других звеньев буквенное обозначение компенсирующего звена заключают в прямоугольную рамку (звено A_3).

В зависимости от характера решаемых задач размерные цепи подразделяют на конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторской называют размерную цепь, определяющую расстояние или относительный поворот поверхностей или осей поверхностей в изделии. Примером конструкторской размерной цепи может служить размерная цепь А, показанная на рис. 2.23.

Технологической называют размерную цепь, обеспечивающую требуемое расстояние или относительный поворот поверхностей изделия в процессе его изготовления.

Технологические размерные цепи возникают в процессе сборки машины и ее сборочных единиц и в процессе изготовления деталей. Технологические размерные цепи могут отображать связи между операциями (переходами) технологического процесса в получении того или иного размера, образовании размера при выпол-

нении операции (перехода) или роль отдельных этапов операции в обеспечении точности выдерживаемого размера.

Примером технологических размерных цепей могут быть связи, которые возникают между операциями технологического процесса обработки плитки при получении размера K (рис. 2.24). Размер K в виде замыкающего звена A_Δ в технологическом процессе будет получен в результате выполнения третьей операции. Составляющими звеньями размерной цепи А будут являться следующие: A_1 — размер, непосредственно выдерживаемый при фрезеровании правого уступа (размер, полученный от технологической базы); A_2 — ширина левого уступа, полученного на второй операции. Размер A_2 в свою очередь оказывается замыкающим звеном B_Δ трехзвенной размерной цепи В, так как получается через два размера: B_1 — размер, непосредственно выдерживаемый от технологической базы на второй операции, и размер B_2 , с которым заготовка поступит на следующие операции после выполнения первой операции и где он будет получен непосредственно от технологической базы. В данном случае размерные цепи А и В вскрыли связи между операциями технологического процесса в образовании размера K , заложенные в технологический процесс путем выбора технологических баз.

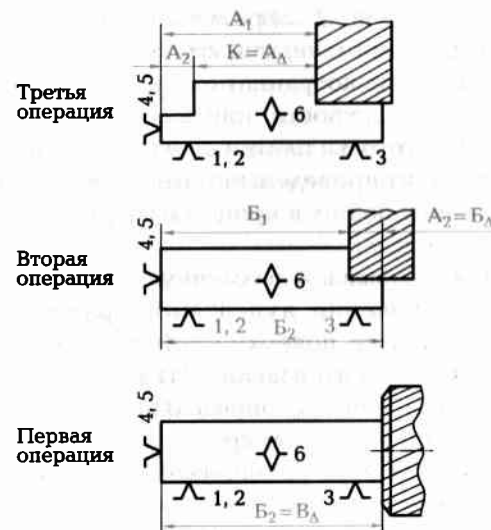


Рис. 2.24. Технологические размерные цепи А, Б и В, отражающие связь между операциями, участвующими в образовании размера К

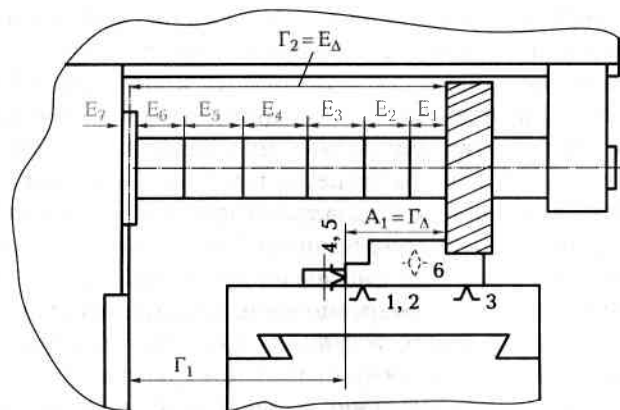


Рис. 2.25. Размерная цепь Γ технологической системы:

E — дополнительная размерная цепь; $E_1—E_7$ — размеры, образующие дополнительную размерную цепь E

Размер, поддерживаемый на операции непосредственно от технологической базы, образуется в процессе обработки заготовки как замыкающее звено размерной цепи технологической системы станок — приспособление — инструмент — заготовка. Например, размер A_1 при фрезеровании уступа в плитке будет являться замыкающим звеном Γ_Δ (рис. 2.25) размерной цепи технологической системы, составляющими звеньями которой будут размеры Γ_1 и Γ_2 , определяющие в системе координат станка относительное положение инструмента и поверхности приспособления (планки), с которой соприкасается заготовка плитки своей технологической базой.

В дальнейшем будут приведены примеры технологических размерных цепей, возникающих в процессе сборки изделий, настройки станков и др.

Измерительной называют размерную цепь, с помощью которой определяется значение измеряемого размера, расстояния, относительного поворота поверхностей или их осей изготавливаемого или изготовленного изделия. На рис. 2.26 показана измерительная размерная цепь D , определяющая расстояния между торцами плитки, измеряемого микрометром.

Любая из перечисленных размерных цепей может быть основной и производной.

Основной называют размерную цепь, замыкающим звеном которой является размер, обеспечиваемый в соответствии с решением основной задачи.

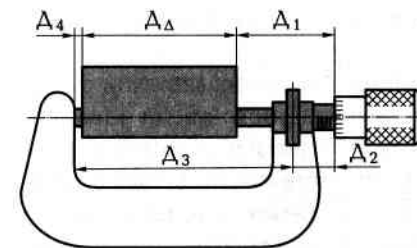


Рис. 2.26. Измерительная размерная цепь D :

$A_1—A_4$ — размеры, образующие измерительную размерную цепь D ; A_Δ — замыкающее звено измерительной размерной цепи D

Производной называют размерную цепь, замыкающим звеном которой является одно из составляющих звеньев основной размерной цепи.

Звеньями размерных цепей могут быть либо линейные, либо угловые размеры. В зависимости от этого размерную цепь называют соответственно либо **линейной**, либо **угловой**.

Звенья размерной цепи могут быть расположены как в одной или нескольких параллельных плоскостях, так и в непараллельных плоскостях. В первом случае размерную цепь называют **плоской**, во втором — **пространственной**.

Постановка задачи и выявление размерной цепи. Наиболее сложным в использовании теории размерных цепей на практике является выявление размерной цепи в соответствии с поставленной задачей. Отражая объективно действующие связи в конструкции изделия, технологическом процессе ее изготовления или при измерении, размерная цепь не допускает вольностей в ее построении. Только единственный вариант размерной цепи может стать правильным решением поставленной задачи. Отсюда понятно значение ошибки, допущенной при выявлении размерной цепи и сводящей на нет труд, вложенный в проектирование и изготовление изделия.

Выявление любой размерной цепи начинается с определения замыкающего звена.

Определение замыкающего звена. Замыкающее звено размерной цепи получают исходя из задачи, возникающей при конструировании изделия, его изготовлении или измерении. Поэтому вначале должна быть поставлена и четко сформулирована задача, решение которой необходимо для обеспечения соответствия конструкции изделия его служебному назначению, требуемой точ-

ности изделия при изготовлении или оценке его точности измерением.

При конструировании изделия переход от формулировки задачи к определению замыкающего звена заключается в выявлении такого линейного или углового размера, от значения которого полностью зависит решение поставленной задачи.

При изготовлении изделия замыкающим звеном размерной цепи является размер, точность которого должна быть обеспечена технологическим процессом. При измерении замыкающим звеном является измеренный размер. Таким образом, в замыкающем звене заключен смысл решаемой задачи, из чего следует, что каждая размерная цепь дает решение только одной задачи и может иметь одно замыкающее звено.

Допуск замыкающего звена устанавливают следующим образом:

- в конструкторских размерных цепях — исходя из служебного назначения изделия или его механизма;
- в технологических размерных цепях — в соответствии с допуском на расстояние или относительный поворот поверхностей детали (их осей) или деталей изделия, которые необходимо получить в результате осуществления технологического процесса изготовления детали или сборки изделия;
- в измерительных размерных цепях — исходя из требуемой точности измерения.

Выявление составляющих звеньев размерной цепи. Определив замыкающее звено, можно приступить к выявлению составляющих звеньев размерной цепи. Составляющими звеньями конструкторских размерных цепей могут быть:

- расстояния (относительные повороты) между поверхностями (их осями) деталей, образующими замыкающее звено, и основными базами этих деталей;
- расстояния (относительные повороты) между поверхностями вспомогательных и основных баз деталей, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи своими размерами.

Руководствуясь этим положением, для определения размерной цепи следует идти от поверхностей (их осей) деталей, образующих замыкающее звено, к основным базам этих деталей, от них — к основным базам деталей, базирующих первые детали, вплоть до образования замкнутого контура. Несовпадения (зазоры, несо-

сности) основных и вспомогательных баз соединяемых деталей, если они возможны, учитываются отдельными звеньями. Таким образом, деталь может участвовать в размерной цепи лишь одним своим размером.

Выявление технологических размерных цепей. Технологические размерные цепи отображают связь операций при получении размера детали, поэтому их выявление рекомендуется начинать с последней операции, на которой получается выдерживаемый размер. Могут иметь место два варианта:

- задача обеспечения точности размера решается в пределах последней операции (в тех случаях, когда в качестве одной из технологических баз используется поверхность, от которой задан размер), при этом точность выдерживаемого размера достигается с помощью размерной цепи технологической системы, используемой на этой операции;
- выдерживаемый размер будет являться замыкающим звеном трехзвенной размерной цепи, в которой одним из составляющих звеньев является расстояние (поворот) между конечным положением режущего инструмента и технологической базой детали, а другим составляющим звеном — размер, полученный на одной из предшествующих операций.

Методы расчета размерных цепей. Размерные цепи являются одной из разновидностей связей, действующих в машине и производственном процессе ее изготовления. Поэтому все теоретические положения о связях распространяются на размерные цепи в той же степени, что и на другие виды связей.

Количественную связь замыкающего звена A_Δ с составляющими звеньями A_i ($i = 1, \dots, m - 1$, где m — общее число звеньев) отражает уравнение размерной цепи

$$A_\Delta = f(A_1, A_2, A_3, \dots, A_{m-1}).$$

Из схемы плоской размерной цепи A с параллельными звеньями (рис. 2.27) видно, что номинальное значение замыкающего звена A_Δ равно алгебраической сумме номинальных значений составляющих звеньев:

$$A_\Delta = -A_1 + A_2 + A_3 - A_4,$$

в которой увеличивающие звенья имеют знак «+», а уменьшающие — знак «-».

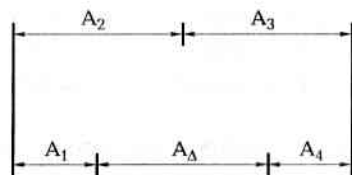


Рис. 2.27. Плоская размерная цепь с параллельными звеньями

Для размерной цепи, показанной на рис. 2.27:

$$\bar{A}_\Delta = -\bar{A}_1 + \bar{A}_2 + \bar{A}_3 - \bar{A}_4.$$

Метод расчета на максимум-минимум учитывает только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания. Например, в размерной цепи A_Δ , показанной на рис. 2.28, $A_\Delta = -A_1 + A_2$, предельные отклонения замыкающего звена будут при следующих сочетаниях предельных отклонений (верхнего $\Delta_{вA_\Delta}$ и нижнего $\Delta_{нA_\Delta}$) составляющих звеньев:

$$\Delta_{вA_\Delta} = -\Delta_{нA_1} + \Delta_{вA_2}; \quad \Delta_{нA_\Delta} = -\Delta_{вA_1} + \Delta_{нA_2}.$$

Вычитая почленно из первого равенства второе, получим

$$(\Delta_{вA_\Delta} - \Delta_{нA_\Delta}) = (-\Delta_{нA_1} + \Delta_{вA_1}) + (\Delta_{вA_2} + \Delta_{нA_2}).$$

Разность верхнего и нижнего предельных отклонений какой-то величины есть поле допуска, в пределах которого допустимы ее отклонения, поэтому для размерной цепи A_Δ допуск на исходное или замыкающее звено будет равен сумме допусков на размеры, составляющие цепь:

$$TA_\Delta = TA_1 + TA_2.$$

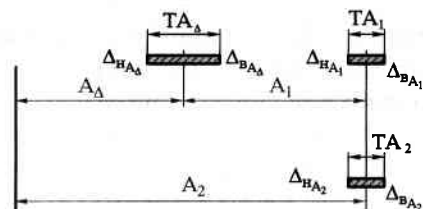


Рис. 2.28. Размерная цепь и допуски, ограничивающие отклонения ее звеньев

Это положение действительно и для размерных цепей с числом составляющих звеньев $m - 1$, что дает право записать формулу в общем виде:

$$T\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T_i.$$

При суммировании допусков учитывают абсолютные значения передаточных отношений, поскольку значения полей допусков всегда положительны. Это значит, что для плоских размерных цепей с параллельными звеньями ($|\xi_i| = 1$)

$$T\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} T_i.$$

Вероятностный метод расчета учитывает рассеяние размеров и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи.

Теоретическую основу для установления связи между полем допуска замыкающего звена и полями допусков составляющих звеньев размерной цепи дают положения теории вероятностей, касающиеся функции случайных аргументов. Согласно этим положениям

$$T\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 T_i^2},$$

где t_Δ — коэффициент риска, характеризующий процент выхода значений замыкающего звена (его отклонений) за пределы установленного для него допуска; λ_i — коэффициент, характеризующий выбираемый теоретический закон рассеяния значений i -го составляющего звена (его отклонений).

Плоские и пространственные размерные цепи, имеющие звенья, повернутые относительно выбранного направления, рассчитывают по проекциям этих звеньев. Тригонометрические функции, используемые для получения проекций звеньев на соответствующие направления, выполняют в данном случае роль передаточных отношений, учитывающих одновременно принадлежность звена к числу увеличивающих или уменьшающих звеньев.

При расчетах размерных цепей можно решать прямую и обратную задачи. При решении прямой задачи исходя из установленных требований к замыкающему звену устанавливают номинальные размеры, поля допусков, координаты середин полей допусков и предельные отклонения всех составляющих звеньев размерной цепи.

При решении обратной задачи исходя из значений номинальных размеров, полей допусков, координат их середин и предельных отклонений составляющих звеньев определяют те же характеристики замыкающего звена. В данном случае решением обратной задачи проверяют правильность решения прямой задачи. Если необходимо определить ожидаемую точность замыкающего звена, находят поле рассеяния, координату его середины или границы отклонений замыкающего звена на основании аналогичных данных о составляющих звеньях.

В качестве примера рассмотрим определение результирующего размера h для чертежа технолога, приведенного на рис. 2.29, а, при обработке заготовки с обеспечением размеров H_1 и H_2 .

Размерная цепь в данном случае включает в себя размеры детали, расположенные по замкнутому контуру (рис. 2.29, б). Замыкающим звеном в данной размерной цепи является размер h , а составляющими звеньями — размеры H_1 и H_2 .

Номинальное значение h замыкающего звена найдем из уравнения размерной цепи:

$$h = H_2 - H_1.$$

Предельные значения замыкающего звена найдем по предельным значениям составляющих размеров. Наибольшее значение замыкающего звена

$$h_{\max} = H_{2\max} - H_{1\min},$$

а наименьшее значение замыкающего звена

$$h_{\min} = H_{2\min} - H_{1\max}.$$

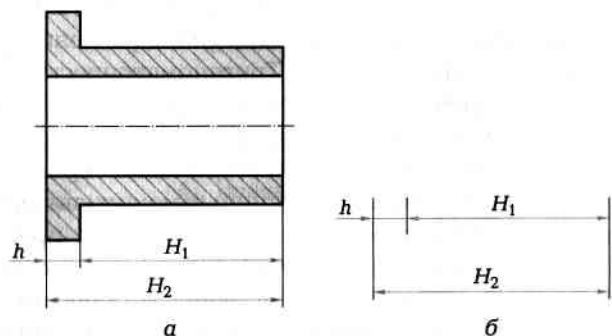


Рис. 2.29. Чертеж технолога (а) и схема (б) технологической размерной цепи для механической обработки

Допуск замыкающего размера определяется в виде

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как характеризуется положение твердого тела относительно избранной системы прямоугольных координат?
2. Что такое база, комплект баз, опорная точка?
3. Как в реальной жизни осуществляется наложение связей на деталь машины или заготовку детали?
4. Как классифицируются базы?
5. Назовите три типовые схемы базирования заготовки или изделия.
6. Что такое размерная цепь?
7. Перечислите виды звеньев размерных цепей и укажите различия между ними.
8. Как классифицируют размерные цепи?
9. Каковы правила выявления конструкторских, технологических и измерительных размерных цепей?
10. Как рассчитывают поля допусков по методу максимума-минимума?
11. Как рассчитывают поля допусков вероятностным методом?
12. Что представляет собой установочная база?
13. Что называют конструкторской базой?
14. В чем заключается сущность принципа совмещения баз?
15. Какие трудности ожидают технолога при нарушении принципа совмещения баз?
16. Как вы будете выбирать первичную базу?

КАЧЕСТВО И ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ И МАШИН

3.1. КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ И МАШИНЫ

Для того чтобы машина экономично выполняла свое служебное назначение, она должна обладать необходимым для этого качеством.

Под **качеством машины** понимается совокупность ее свойств, определяющих ее соответствие служебному назначению и отличающих ее от других машин.

Качество каждой машины характеризуется рядом методически правильно отработанных показателей, на каждый из которых должна быть установлена количественная величина с допуском на ее отклонения, оправдываемые экономичностью выполнения машиной ее служебного назначения.

Система качественных показателей с установленными на них количественными данными и допусками, описывающая служебное назначение машины, получила название **технических условий и норм точности** на приемку готовой машины.

К основным показателям качества машины относятся:

- стабильность выполнения машиной ее служебного назначения;
- качество выпускаемой машиной продукции;
- физическая долговечность, т.е. способность сохранять первоначальное качество во времени;
- моральная долговечность, или способность экономично выполнять служебное назначение во времени;
- производительность;

- безопасность работы;
- удобство и простота обслуживания и управления;
- уровень шума;
- коэффициент полезного действия (КПД);
- степень механизации и автоматизации и др.

Каждый из перечисленных основных показателей применительно к тому или иному типу машин конкретизируется в виде **целой системы** дополнительных качественных и количественных показателей, характеризующих особенности, которыми должны обладать машины данного типа, предназначенные для выполнения **данного служебного назначения**. Техническими условиями ставится задача, которую предстоит решить машиностроителю **предприятию** как в процессе конструирования машины, так и во время ее изготовления. Правильная и ясная постановка задачи в **значительной** степени предопределяет успех наиболее быстрого и **экономичного** ее решения. Следовательно, разработка качественных и количественных показателей технических условий является **одной из наиболее ответственных задач**, поскольку от ее правильного решения зависят качество и экономичность выполнения машиной служебного назначения, быстрота освоения и экономичность изготовления.

Основные технические характеристики и качественные показатели некоторых машин и составляющих их частей, выпускаемых в больших количествах, утверждаются государственными органами в области метрологии и стандартизации и выпускаются в виде государственных стандартов (ГОСТов). В качестве примеров можно привести стандарты на электродвигатели, автомобили, станки, шарико- и роликоподшипники и др.

Нет сомнения в том, что качество машин, в том числе надежность их работы и долговечность, во многом определяются качеством и точностью готовых деталей, качеством и точностью сборки машин, свойствами материалов, правильным обслуживанием во время эксплуатации машин и многими другими факторами.

Работоспособность пары деталей во многом обусловлена микрогеометрией (шероховатостью) трущихся поверхностей. При этом имеет значение не только значение шероховатости, но и ее направление относительно направления скольжения поверхностей. Процесс износа трущихся поверхностей разделяется на три стадии (рис. 3.1).

Приработка трущихся поверхностей деталей (стадия 1) характеризуется довольно быстрым износом вершин их неровно-

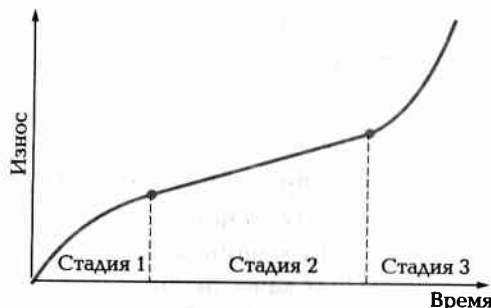


Рис. 3.1. Характер процесса износа деталей при эксплуатации машины

стей, что приводит к быстрому увеличению зазора, достигнутого при сборке соединения. Для некоторого типа изделий приработка поверхностей производится в процессе испытаний (после сборки) машины. Для приработки трущихся поверхностей соединений, например лабиринтных уплотнений, назначают специальные режимы работы изделия.

Нормальная работа деталей (стадия 2) характеризуется замедленным износом трущихся поверхностей. На этой стадии большое влияние на износ деталей оказывают условия смазывания трущихся поверхностей, шероховатость которых при этом приобретает некоторое оптимальное значение. Одной из задач разработчиков изделия является определение (чаще путем испытаний) оптимальных параметров шероховатости, которые указывают на рабочих чертежах деталей в целях обеспечения их при обработке заготовок.

Катастрофический износ деталей (стадия 3) наступает вследствие заеданий, сколов и других дефектов трущихся поверхностей. Заканчивается эта стадия разрушением трущейся пары и, как правило, отказом изделия. Лишь строгое соблюдение условий эксплуатации (выполнение смазывания, предупредительного ремонта и др.) может отсрочить момент наступления катастрофического износа трущихся поверхностей.

Рассмотрим наиболее явные показатели качества деталей, влияющие на качество машин. Хорошо известно, что разрушение большинства деталей начинается с их поверхности. Поэтому в технологии машиностроения качеству поверхностей деталей, а особенно качеству их поверхностного слоя, уделяют большое внимание.

Под **качеством поверхности готовой детали** понимают расширенную геометрическую характеристику этой поверхности и физическое состояние поверхностного слоя материала детали. Расширенная геометрическая характеристика поверхности включает в себя все параметры, характеризующие ее шероховатость и волнистость.

Эксплуатационные свойства машин также во многом определяются и физико-механическим состоянием поверхностного слоя их деталей.

Под **поверхностным слоем детали** понимают прилегающий к поверхности слой материала, физическое состояние которого отличается от состояния нижележащего слоя основного материала. Состояние поверхностного слоя кроме шероховатости характеризуются и другими не менее важными параметрами. Наиболее существенное влияние на работоспособность машины оказывают наклеп (глубина и степень), остаточные напряжения (сжимающие или растягивающие) и структура металла по глубине, которые возникают вследствие воздействия режущего инструмента на заготовку (т.е. в результате силового и теплового факторов) при ее обработке.

В процессе отделения стружки от заготовки вследствие взаимодействия режущего инструмента с металлом происходят пластическая деформация и нагревание поверхностного слоя детали. В результате состояние металла на некоторой глубине (в поверхностном слое) детали отличается от нормального состояния металла внутри детали.

Состояние поверхностного слоя детали при обработке характеризуют следующие параметры:

- структура поверхностного слоя;
- глубина наклепа;
- степень наклепа, или степень деформации;
- остаточные напряжения.

Структуру поверхностного слоя детали изучают металлографическими методами.

Поверхностный слой не имеет резкой границы, отделяющей его от основного металла, однако в нем можно выделить три зоны (рис. 3.2, а):

- зона резко выраженной деформации, для которой характерно заметное искажение кристаллической решетки металла, дробление зерен и повышенная твердость металла;

- зона деформации, в которой наблюдается вытягивание зерен, наволакивание одних зерен на другие, снижение твердости по сравнению с верхней зоной;
- переходная зона, в которой состояние материала постепенно приближается к состоянию основного металла.

Пластическая деформация поверхностного слоя, сопутствующая отделению стружки при снятии припуска, изменяет состояние металла у поверхности детали по сравнению с состоянием нижележащего основного металла, и происходит повышение его твердости и прочности. Это явление, называемое наклепом поверхности, характеризуется глубиной и степенью.

Глубину поверхностного слоя готовой детали, на которой заметно изменение твердости материала, называют глубиной наклепа.

Степень наклепа U_n характеризует отклонение, %, твердости H_n металла в поверхностном слое от твердости H_o основного металла (рис. 3.2, б):

$$U_n = \frac{H_n - H_o}{H_o} 100. \quad (3.1)$$

Степень наклепа для некоторых металлов и видов обработки может составлять 120...160 %.

В процессе снятия слоя металла (припуска) с заготовки под воздействием режущего инструмента деформации подвергается не только срезаемый слой, но и часть металла, расположенная перед режущим инструментом. Режущая кромка инструмента сжимает поверхностный слой в направлении нормали к поверхности и рас-

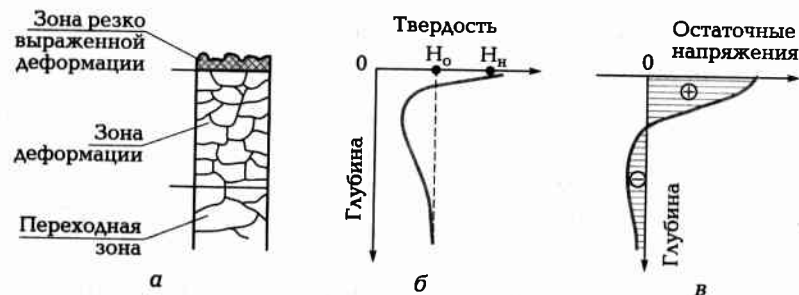


Рис. 3.2. Изменение поверхностного слоя деталей:

а — состояния кристаллической решетки; б — твердости материала по глубине; в — остаточных напряжений по глубине

тягиивает его силой трения, действующей по линии среза. После изготовления детали в ее поверхностном слое на некоторой глубине остаются напряжения, называемые остаточными. Вид (растяжение или сжатие) и значение этих напряжений зависят от режимов и условий обработки заготовки.

Возникновение в поверхностном слое детали остаточных напряжений сжатия происходит в основном под действием силового фактора, а остаточных напряжений растяжения — под действием теплового фактора. Максимальные остаточные напряжения действуют не на самой поверхности, а на некоторой глубине в детали (рис. 3.2, в).

Наиболее сильно на значения и знак остаточных напряжений влияют процессы, применяемые на окончательных операциях. В процессе шлифования доминирующим является влияние теплового фактора, так как после прохождения шлифовального круга быстрое охлаждение смазочно-охлаждающей жидкостью металла, нагретого до высокой температуры, сопровождается термопластическими деформациями, что приводит к возникновению растягивающих остаточных напряжений высокого уровня, а при неудачно выбранном режиме резания возможно даже образование поверхностных трещин. В процессе хонингования, полирования или притирания возникают, главным образом, сжимающие остаточные напряжения.

В настоящее время при изготовлении ответственных деталей управляют значениями и знаком остаточных напряжений посредством назначения (заранее рассчитанных) параметров технологических процессов.

Остаточные напряжения, имеющиеся в поверхностном слое материала окончательно изготовленной детали, заметно ухудшают ее эксплуатационные свойства.

3.2. ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛИ

Под **точностью детали** понимают степень ее приближения к геометрическому правильному прототипу.

Изготовить любую деталь абсолютно точно, т.е. в полном соответствии с ее геометрическим представлением, практически невозможно, поэтому за меру точности принимают величины отклонений от теоретических значений. Эти отклонения после их измерения сопоставляют с отклонениями, допускаемыми служебным назначением детали в машине. Следовательно, по всем показате-

лям качества детали, характеризующим ее служебное назначение; необходимо устанавливать допустимые отклонения, или допуски.

Таким образом, мерами точности служат, с одной стороны, устанавливаемые допустимые отклонения, а с другой — измеренные, т.е. определенные с известной степенью приближения, действительные отклонения реальной детали.

Первым показателем точности детали является точность расстояния между какими-либо ее двумя поверхностями, или точность размеров поверхностей детали, придающих ей те или иные геометрические формы (например, диаметр и длина цилиндрической поверхности).

Размер понимается как расстояние между двумя небольшими участками двух или одной поверхности, поэтому в подавляющем большинстве случаев безразлично, от которой из двух поверхностей или от какой из выбранных частей одной поверхности до другой производится измерение расстояния. В соответствии с этим размер принято изображать двусторонней стрелкой, соединяющей участки измеряемых поверхностей или одной поверхности.

Точность поворота одной поверхности относительно другой, выбранной за базу, служит вторым показателем точности детали. Так как деталь представляет собой пространственное тело, точность поворота одной поверхности относительно другой обычно рассматривается в двух перпендикулярных координатных плоскостях.

Под точностью поворота понимается величина отклонения от требуемого углового положения одной поверхности относительно другой в каждой из двух координатных плоскостей.

В подавляющем большинстве случаев, встречающихся в практике, важно знать, которую из двух поверхностей следует расположить в том или ином угловом положении относительно другой поверхности, другими словами — какую из поверхностей выбрать за базу. Как было отмечено ранее, это объясняется различием функций, выполняемых разными поверхностями детали при ее работе в машине.

В соответствии с изложенным для обозначения поворотов одной поверхности относительно другой используются односторонние стрелки, на втором конце которых располагаются две короткие параллельные черточки (рис. 3.3). Стрелка всегда направлена острием на ту поверхность (А), относительно которой вторая из поверхностей (Б) должна занять требуемое угловое положение. Следовательно, две черточки всегда располагаются около той по-

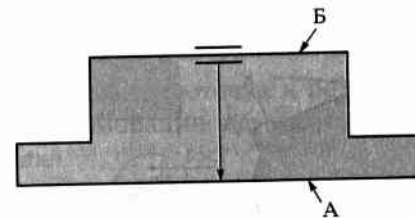


Рис. 3.3. Обозначение параллельности поверхности Б относительно поверхности А

верхности (Б), которая должна занять требуемое угловое положение относительно поверхности (А).

Под точностью геометрических форм поверхностей детали, или правильностью геометрических форм, понимается наибольшее приближение каждой из поверхностей детали к ее геометрическому представлению.

Различают три вида отклонений поверхностей деталей от их геометрических форм:

- макрогеометрические отклонения, под которыми понимают отклонения реальной поверхности от правильной геометрической формы в пределах габаритных размеров этой поверхности; например, отклонение плоской поверхности от плоскостности, поверхности кругового цилиндра, конуса, шара от их геометрических представлений (рис. 3.4, а);
- волнистость, представляющая собой периодические неровности поверхности, встречающиеся на участках протяженностью от 1 до 10 мм (рис. 3.4, б);
- микрогеометрические отклонения (микронеровности), под которыми понимают отклонения реальной поверхности в пределах небольших ее участков, обычно размером 1 мм^2 .

Микрогеометрические отклонения называются **шероховатостью поверхности** (рис. 3.4, в).

Шероховатость поверхности представляет собой совокупность микронеровностей, образующих рельеф реальной поверхности с относительно малыми шагами. Шероховатость оказывает большое влияние на износостойкость поверхностей деталей в соединениях, а также на усталостную прочность деталей, герметичность стыков и другие эксплуатационные свойства деталей. Поэтому вопросы

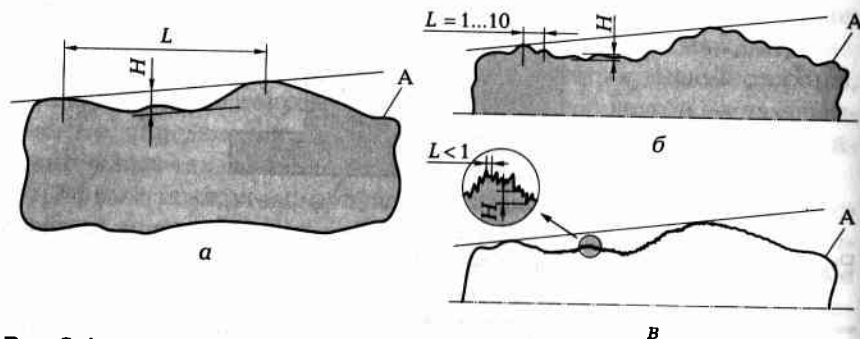


Рис. 3.4. Отклонения формы поверхности А детали:

а — макрогеометрические; б — волнистость; в — микрогеометрические (шероховатость); L — расстояние между неровностями; H — наибольшая высота неровности

возникновения шероховатости и методы управления ее параметрами постоянно изучаются и исследуются.

При технологическом исследовании изучают условия, при которых возникает шероховатость, в целях определения ожидаемых ее параметров или наоборот, зная требуемую шероховатость какой-то рабочей поверхности, определяют методы обработки, применяемые для ее достижения. Метрологическое исследование шероховатости имеет целью получение наиболее полного представления о микрогеометрии поверхности, чтобы найти технологические пути управления ею.

Требуемую шероховатость обработанной поверхности обеспечивают применением соответствующих методов и режимов обработки, особенно соблюдением установленного режима обработки на заключительной стадии снятия припуска, т.е. на финишных этапах обработки заготовки.

Микронеровности на поверхности детали образуются в процессе механической обработки заготовки (снятия слоя материала) по следующим причинам:

- острая кромка режущего инструмента оставляет следы на обработанной поверхности, т.е. происходит процесс копирования формы лезвия инструмента на поверхность детали;
- происходит пластическая деформация поверхностного слоя детали под воздействием сил резания, передаваемых к заготовке через режущий инструмент;

- происходит трение задней грани режущего инструмента об обработанную поверхность детали;
- обрабатываемая заготовка и режущий инструмент воспринимают вибрации, идущие от вращающихся элементов станка.

Для оценки параметров шероховатости поверхности существует более 40 геометрических параметров, большинство из которых регламентированы соответствующим стандартом.

При изготовлении деталей наиболее широко контролируют:

- высотные параметры, т.е. среднее арифметическое отклонение профиля Ra , высоту неровностей по десяти точкам Rz и наибольшую высоту неровностей профиля Rz_{max} ;
- шаговые параметры, т.е. средний шаг неровностей профиля S_m и средний шаг местных выступов профиля S ;
- параметр формы, т.е. относительную опорную длину профиля, t_p .

Измеряют параметры шероховатости на небольшом участке поверхности детали, называемом **базовой длиной** (рис. 3.5). Числовое значение базовой длины L нормируется в зависимости от значений параметров шероховатости Ra и Rz (Приложение 3). Чем выше микронеровности поверхности, тем больше базовая длина.

Таким образом, **базовая длина** — это протяженность участка исследуемой поверхности, достаточная для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей (шероховатости).

Шероховатость поверхности возникает в результате взаимодействия режущей кромки инструмента с материалом обрабатываемой заготовки. Основными формообразующими движениями

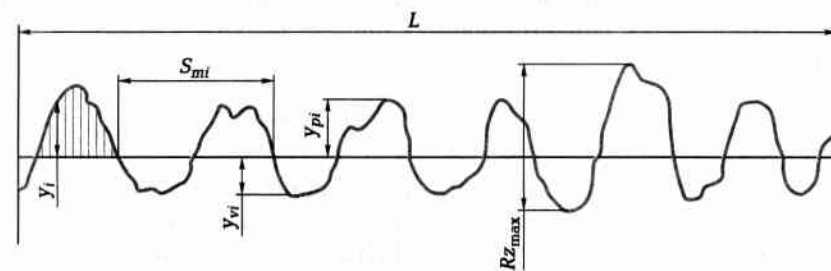


Рис. 3.5. Параметры шероховатости поверхности детали

при этом являются главное движение, например вращение шпинделя токарного станка, и движение подачи, например, продольное перемещение резца. Различают шероховатость продольную и поперечную. Поперечной считают шероховатость, образующуюся в направлении подачи, а продольной — шероховатость, образующуюся в направлении главного движения.

Средний шаг неровностей профиля — это среднее значение шагов (S_{mi}) неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \sum S_{mi} / n, \quad (3.2)$$

где S_{mi} — шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии профиля между точками пересечения ее с одноименными сторонами соседних неровностей (см. рис. 3.5); n — число шагов неровностей в пределах базовой длины.

Среднее арифметическое отклонение профиля — это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля шероховатости от средней линии в пределах базовой длины:

$$Ra = \sum y_i / n, \quad (3.3)$$

где y_i — отклонение профиля от средней линии в определенной точке профиля; n — число выбранных точек профиля на базовой длине.

Для определения численного значения Ra , мкм, используют измерительное устройство, называемое профилометром.

Высота неровностей профиля наибольшая — это расстояние $Rz_{\max}$ между линией наибольшего выступа y_{pi} профиля и линией наибольшей впадины y_{vi} профиля шероховатости в пределах базовой длины (см. рис. 3.5).

Высота неровностей профиля по 10 точкам — это сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля шероховатости и средних абсолютных значений глубин пяти наибольших впадин профиля шероховатости в пределах базовой длины:

$$Rz = \sum |y_{pi}| / 5 + \sum |y_{vi}| / 5, \quad (3.4)$$

где y_{pi} — значения высоты пяти наибольших выступов профиля; y_{vi} — значения глубины пяти наибольших впадин профиля.

Измеряют эти значения по профилограмме шероховатости поверхности, которую получают с помощью измерительного устройства, называемого профилографом.

Шероховатость поверхности деталей оказывает заметное влияние на долговечность и надежность работы машин и механизмов, так как влияет на стабильность сопряжений деталей, т.е. имеет прямое отношение к значению зазора или натяга в соединении как после сборки, так и во время эксплуатации изделия.

В случае подвижной посадки зазор в соединении, полученный после сборки, будет увеличиваться по мере износа (стирания) выступов шероховатости во время эксплуатации изделия. В случае запрессовки деталей одна в другую образуется неподвижная посадка. Значение натяга определяет разработчик машины с учетом усилий, которые могут возникнуть при ее эксплуатации. Действительное значение натяга, а следовательно, и прочность соединения во многом будут зависеть от высоты неровностей профиля шероховатости, т.е. от шероховатости сопрягаемых поверхностей соединения.

Шероховатость поверхности может иметь вид следов режущей кромки инструмента, остающихся на поверхности детали. Возможности технологического оборудования позволяют управлять направлением этих следов, которое определяется и направлением главного движения, и направлением подачи. Направления неровностей и их условные обозначения на рабочем чертеже стандартизованы (Приложение 2).

На рабочих чертежах деталей шероховатость поверхностей обозначают в соответствии со стандартами конструкторской документации, предусматривающими условные графические обозначения, знаки и форму нанесения информации о требуемых параметрах шероховатости (Приложения 4 и 5).

Наряду с шероховатостью на поверхностях деталей имеется **волнистость** — совокупность периодически повторяющихся неровностей с шагом, превышающим базовую длину шероховатости реальной поверхности. Волнистость является промежуточным

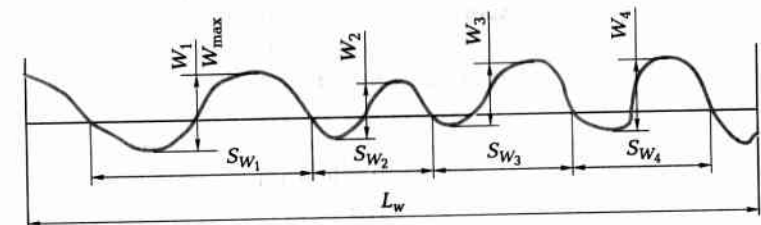


Рис. 3.6. Параметры волнистости поверхности детали

параметром между отклонениями формы поверхности и шероховатостью этой поверхности. Возникает волнистость вследствие колебаний элементов системы обработки (станок—приспособление—инструмент—деталь), приводящих к вибрациям заготовки и режущего инструмента в процессе работы.

Нормируют волнистость по трем основным параметрам (рис. 3.6).

1. **Высота волнистости** — это среднее арифметическое значение пяти высот волн в пределах некоторой длины:

$$W = \sum W_i / 5. \quad (3.5)$$

2. **Наибольшая высота волнистости** ($W_{\max}$) — это самая высокая волна из пяти рассматриваемых волн в пределах той же длины.

3. **Средний шаг волнистости** — это среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии, отсекаемых однотипными точками пересечения профиля волнистости со средней линией в пределах той же длины:

$$S_w = \sum S_{w_i} / n. \quad (3.6)$$

Условно границу между шероховатостью, волнистостью и отклонением формы поверхности можно установить по числовым значениям отношений значений среднего шага S_w волнистости к высоте W волнистости. При отношении $S_w/W_z \leq 40$ отклонения формы поверхности относят к шероховатости. При отношении $40 < S_w/W_z \leq 1000$ отклонения формы поверхности относят к волнистости. При отношении $S_w/W_z > 1000$ наблюдается отклонение формы поверхности от правильной геометрической формы.

Не зная макроотклонений поверхности, трудно судить об отклонениях от требуемого поворота одной поверхности относительно другой, так как при его измерении макроотклонения будут влиять на его величину. При некоторых формах макроотклонений поверхности практически не представляется возможности даже измерить отклонение поворота одной поверхности относительно другой без особых условностей и специальных методов измерения.

Например, относительно выпуклой поверхности А (рис. 3.7, а) трудно сказать, насколько она отклоняется от параллельности другой поверхности Б, даже если поверхность Б представляет собой плоскость.

Если отклонение от параллельности измерять, например, при помощи уровня, при его непосредственной установке на отдельные участки выпуклой поверхности А остается неизвестным, какую величину его отклонения и на каком участке измеряемой поверхности считать за отклонение от параллельности.

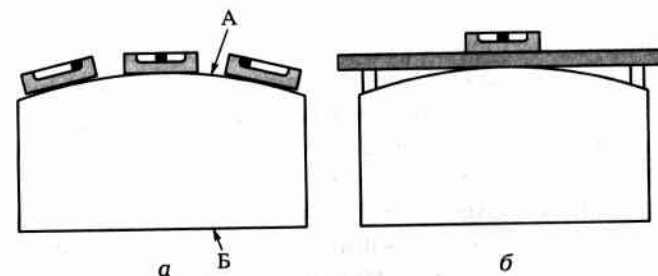


Рис. 3.7. Специальные методы измерений макроотклонений поверхности А относительно поверхности Б:

а — измерение обычными методами; б — измерение специальными методами с помощью калиброванных плиток

Только установив по краям измеряемой поверхности детали две калиброванные плитки и наложив уровень на поставленную на них линейку, можно условно говорить об отклонении этой поверхности от параллельности другой поверхности, которой деталь установлена на контрольной плите (рис. 3.7, б).

Трудно также говорить о точности расстояния между двумя поверхностями, поскольку на измеренное отклонение оказывают влияние отклонения поворота поверхности, макро- и микроотклонения.

Для технолога должно быть предельно ясно, что точность детали необходимо обеспечить в процессе механической обработки заготовки. В то же время он различает заданную точность детали, указанную на ее рабочем чертеже, и действительную точность детали, полученную в результате измерений, понимая, что точность детали — это степень соответствия ее действительных параметров заданным. Сопоставив каждый из действительных параметров готовой детали с заданным параметром, указанным на рабочем чертеже детали, получают точность детали по этому параметру. Совокупность результатов сопоставления значений по всем параметрам детали представляет собой точность готовой детали.

Форму любой детали можно представить как сочетание взаимосвязанных простых поверхностей, а ее геометрические параметры можно подразделить на две группы:

- параметры, характеризующие непосредственно поверхность;
- параметры, характеризующие взаимное положение поверхностей.

При изготовлении деталей параметры первой группы зависят от параметров режущего инструмента и параметров заготовки. Например, параметры отверстия при сверлении зависят от диаметра сверла, его заточки и радиального биения при вращении. Параметры второй группы, т.е. точность положения одной поверхности детали относительно других поверхностей этой детали, зависят от точности базирования заготовки в зоне обработки станка. Например, точность расположения цилиндрического отверстия по координирующему размеру зависит от того, какие поверхности заготовки выбраны в качестве установочных баз при ее базировании в кондукторе.

Следует различать действительную точность обработки одной детали и действительную точность обработки партии деталей.

Действительная точность обработки одной детали представляет собой степень соответствия действительных размеров этой детали, полученных после обработки, размерам, заданным на ее рабочем чертеже. Сравнивая действительный размер L_A , полученный в результате измерения (после обработки детали), с предельными значениями данного размера на рабочем чертеже детали ($L_{з\max}$ и $L_{з\min}$), получают действительную точность обработки этой детали: $T_{A1} = L_A - L_{з\max}$ и $T_{A2} = L_A - L_{з\min}$. Эти два значения (T_{A1} и T_{A2}) полностью определяют действительную точность обработки одной детали.

Действительная точность обработки партии деталей представляет собой сумму поля рассеивания действительных размеров деталей этой партии и смещения середины поля рассеивания относительно среднего значения заданного размера. При обработке партии деталей действительные размеры отдельных деталей получаются разными, т.е. возникает рассеивание размеров. Рассеивание V размеров представляет собой разность между наибольшим ($L_{A\max}$) и наименьшим ($L_{A\min}$) размером деталей в партии, т.е. $V = L_{A\max} - L_{A\min}$.

Для определения действительной точности T_A обработки партии деталей используют несколько приемов.

1. Действительную точность изображают графически, т.е. строят кривые распределения размеров (рис. 3.8), что дает наглядное и полное представление о действительной точности обработки партии деталей.

2. Оценивают точность обработки партии деталей по точности ее крайних размеров $L_{A\max}$ и $L_{A\min}$, т.е. сравнивают их с заданными предельными размерами детали $L_{з\max}$ и $L_{з\min}$:

$$T_{A1} = L_{A\max} - L_{з\max}; T_{A2} = L_{A\min} - L_{з\min}.$$

3. Называют действительной точностью T_A обработки партии деталей величину рассеивания размеров, т.е. считают $T_A = V$.

Однако более полно о действительной точности обработки партии деталей можно говорить лишь после статистической обработки результатов измерений.

Анализируя результаты статистической обработки, можно сделать вывод, что действительная точность обработки партии деталей определяется суммой значения V поля рассеивания действительных размеров и значения ε смещения середины $L_{A\text{ср}}$ этого поля относительно среднего значения $L_{\text{ср}}$ заданного размера, т.е. $T_A = V + \varepsilon$.

На основе изложенного можно сделать следующие выводы:

- измерение точности детали должно начинаться с измерения микронеровностей, затем следует измерить макронеровности, отклонения от требуемого поворота и, наконец, точность расстояния или размера (если не принимать особых мер для исключения влияния соответствующих отклонений);
- допуски на расстояния и размеры поверхностей детали должны быть больше допусков на величину отклонений от требуемого поворота поверхностей, которые в свою очередь должны быть больше допусков на микрогеометрические отклонения, а последние — больше допусков

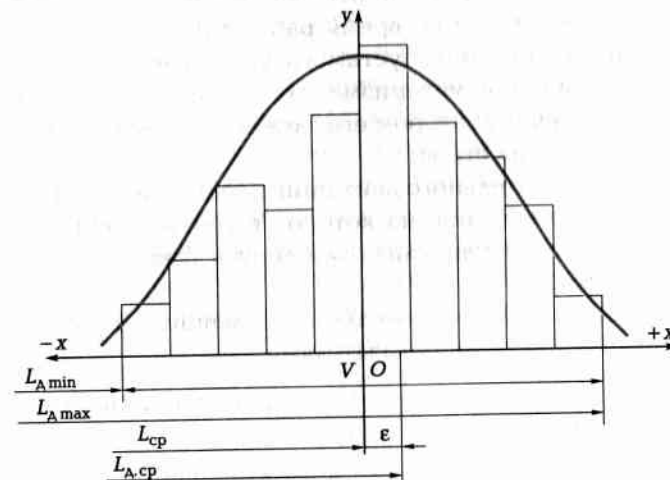


Рис. 3.8. Кривая распределения действительных размеров партии деталей

на микрогеометрические отклонения, зависящие от назначаемого класса шероховатости поверхности.

3.3. ТОЧНОСТЬ МАШИНЫ

Рассмотренные в подразд. 3.2 показатели, характеризующие точность детали, целиком используются для характеристики точности машины. Различие заключается только в том, что у детали все показатели точности относятся к поверхностям данной детали, у машины же они относятся к исполнительным поверхностям, принадлежащим различным деталям машины, связанным одна с другой.

Поскольку исполнительные поверхности машины должны осуществлять относительное движение, необходимое для выполнения машиной ее служебного назначения, одним из основных показателей, характеризующих точность машины, является точность относительного движения исполнительных поверхностей.

Под **точностью относительного движения** принимается максимальное приближение действительного характера движения исполнительных поверхностей к теоретическому закону движения, выбранному исходя из служебного назначения машины.

Во многих машинах требуется обеспечить, например, постоянство передаточного отношения между исполнительными поверхностями во время работы машины. Так, в быстроходных зубчатых редукторах при наличии сравнительно небольших отклонений передаточного отношения во время работы редуктора наблюдается не только появление недопустимого уровня шума, но и сравнительно быстрый износ механизма, что вначале нарушает правильность выполнения редуктором его служебного назначения, а затем выводит редуктор из строя.

Точность относительного движения характеризуется величиной надлежащего отклонения, на которое в соответствии с изложенным ранее должен устанавливаться допуск (как и на другие показатели точности).

Можно сделать вывод, что точность машины характеризуется следующими основными показателями:

- точностью относительного движения исполнительных поверхностей машины;
- точностью расстояний между исполнительными поверхностями или заменяющими их сочетаниями поверхностей и их размеров;

- точностью относительных поворотов исполнительных поверхностей;
- точностью геометрических форм исполнительных поверхностей машины (включая макрогеометрию и волнистость);
- шероховатостью исполнительных поверхностей.

3.4. ДРУГИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МАШИНЫ

В дополнение к основному показателю качества машины и ее деталей — точности — имеется ряд других. К ним, например, относятся физико-химическое состояние и физико-механические свойства поверхностного слоя материала, из которого сделана деталь.

Под **физико-механическими свойствами поверхностного слоя** понимаются твердость, структурное состояние, характер и знак остаточных напряжений и др. В необходимых случаях на отклонения показателей каждого из этих свойств следует устанавливать надлежащие допуски исходя из служебного назначения детали в машине.

Одной из задач технологии машиностроения является изготовление деталей, фактические отклонения которых не выходили бы из пределов всех установленных допусков.

Коэффициент полезного действия машин, как известно, представляет собой один из комплексных показателей, характеризующих как конструкцию машины, так и технологию ее изготовления. Поэтому при изготовлении машины данной конструкции колебания установленного для нее КПД зависят в наибольшей степени от качества изготовления машины. В соответствии с этим на величину КПД машины в практике многих машиностроительных предприятий устанавливается надлежащий допуск.

К показателям качества машины относятся ее **производительность в смену** (или другой более длительный промежуток времени), выражаемая или в штуках продукции, отвечающей установленным качественным требованиям, или в других единицах измерений (кубометрах вынутого грунта и т.д.), расход топлива и смазочных материалов на единицу пути и ряд других.

Одним из показателей, характеризующим качество машин, является **легкость управления**, которая для данной конструкции машины зависит кроме прочих факторов от качества ее изготовления.

К показателям качества относятся также **надежность** и **долговечность** машины.

Установление оптимальных на данном уровне развития техники (на определенный промежуток времени) допусков на каждый из рассмотренных показателей качества машины и ее механизмов представляет одну из наиболее ответственных задач машиностроения, имеющую большое экономическое значение.

Действительно, с уменьшением допусков на показатели качества машины, например на показатели, характеризующие ее точность, физико-механические свойства поверхности слоев материала и другие, машина будет работать экономичнее. Однако это, с одной стороны, вызовет **увеличение** затрат на ее изготовление, с другой — **повысит расходы на эксплуатацию** ввиду необходимости более частых ремонтов для восстановления требуемого качества машины.

Таким образом, допуски на все показатели качества машины должны устанавливаться на основе технико-экономических расчетов, имеющих в виду достижение наименьших затрат общественно необходимого труда на решение задач, для выполнения которых создается данная машина. При этом не следует забывать, что средства производства непрерывно развиваются и совершенствуются, вследствие чего, с одной стороны, непрерывно растут требования к качеству машин, а с другой — создается возможность обеспечивать повышение качества с наименьшими затратами труда.

Допуски на все показатели точности машины, установленные исходя из ее служебного назначения, подразделяют обычно на допуски, используемые при изготовлении машины, и допуски на износ машины во время ее эксплуатации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под качеством машины?
2. Перечислите основные показатели качества машины.
3. Что понимают под точностью машины?
4. Что понимают под точностью детали?
5. Что понимают под точностью обработки партии деталей?
6. Какими параметрами характеризуется шероховатость поверхности?
7. Какие условные графические обозначения приняты для обозначения параметров шероховатости на рабочем чертеже детали?

8. Какими параметрами характеризуется поверхностный слой детали?
9. Охарактеризуйте динамику взаимодействия трущихся поверхностей деталей машины.
10. Перечислите показатели точности детали.
11. Назовите три вида отклонений поверхностей деталей.
12. Что такое шероховатость поверхности?
13. С чего начинают измерение точности детали?
14. Что такое относительное движение исполнительных поверхностей машины?
15. Какими показателями характеризуется точность машины?

ОСНОВЫ ДОСТИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА МАШИН

4.1. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

После того как деталь (заготовка) правильно установлена на станке, в приспособлении или на рабочем месте, ее положение должно быть зафиксировано и сохранено в течение всего времени выполнения операции. Для этого деталь (заготовку) закрепляют тем или иным способом.

В результате установки и закрепления деталь (заготовка) будет координирована относительно баз станка с той или иной величиной погрешности, которую будем называть **погрешностью установки** Δ_y . После установки деталь и режущий инструмент должны занять требуемое для обработки относительное положение. Для этого режущие кромки инструмента подводят к обрабатываемой детали и располагают на требуемых расстояниях от выбранных для нее технологических баз. После фиксации достигнутого положения включают станок и производят обработку детали. Во время обработки между режущими кромками инструмента и материалом обрабатываемой детали возникают силы резания, силы трения, выделяется теплота, образуется стружка и происходит ряд других явлений, сопутствующих обработке.

Процесс достижения требуемой точности деталей при механической обработке заготовок можно подразделить на три отдельных этапа:

- 1) базирование (установка и закрепление) заготовки с требуемой точностью;
- 2) подвод режущего инструмента до контакта с поверхностью заготовки в определенном месте или, наоборот, подвод заготовки

до контакта с режущим инструментом, фиксация достигнутого положения;

3) снятие стружки с заготовки (со всеми присущими этому процессу явлениями) согласно операционному эскизу.

Так как детали включаются в размерные и кинематические цепи технологической системы, перечисленные этапы можно назвать следующим образом:

- первый — включение детали в размерные и кинематические цепи путем установки, или установка;
- второй — статическая настройка размерных и кинематических цепей технологической системы, так как в это время отсутствуют рабочие нагрузки и сопровождающие их другие факторы;
- третий — динамическая настройка размерных и кинематических цепей технологической системы, так как в это время в них действуют рабочие нагрузки и сопутствующие им другие факторы.

В ряде случаев первые два этапа меняются местами: вначале производится статическая настройка кинематических и размерных цепей технологической системы, после чего производится установка обрабатываемых объектов.

В процессе выполнения каждого из этих этапов в силу указанных далее причин появляются погрешности, которые, суммируясь и частично компенсируя друг друга, в конечном итоге превращаются соответственно в результирующие погрешности:

- установки Δ_y ;
- статической настройки Δ_c ;
- динамической настройки Δ_d .

Каждая из слагаемых погрешностей в свою очередь представляет собой сумму систематических и случайных погрешностей, порождаемых большим количеством факторов, действующих во время установки обрабатываемого объекта, статической и динамической настройки кинематических и размерных цепей технологической системы.

Основными причинами погрешности установки Δ_y обрабатываемого объекта являются:

- неправильный выбор технологических баз;
- погрешности технологических баз (расстояний, размеров, относительных поворотов геометрической формы и шероховатости);

- погрешности исполнительных поверхностей станка, приспособления или рабочего места, используемых для определения положения обрабатываемого объекта;
- неправильность использования правила шести точек при определении положения обрабатываемого объекта;
- неправильное силовое замыкание (создание недостаточной величины, точек и последовательности приложения);
- неправильный выбор измерительных баз, методов и средств измерения;
- неорганизованная смена баз в процессе закрепления обрабатываемого объекта;
- недостаточная квалификация рабочего и ряд других причин.

Основными причинами образования погрешности статической настройки Δ_c размерных и кинематических цепей технологической системы являются:

- неправильный выбор технологических баз обрабатываемого объекта;
- неправильный выбор измерительных баз и метода измерения;
- неправильный выбор метода и средств статической настройки размерных и кинематических цепей;
- неправильная установка режущих кромок инструмента относительно исполнительных поверхностей машины, определяющих его положение;
- неправильная установка и закрепление приспособлений, служащих для определения положения обрабатываемого объекта и режущего инструмента;
- недостаточная статическая (геометрическая) точность оборудования, приспособлений и режущего инструмента (погрешности изготовления, состояние и т.д.);
- недостаточная квалификация и ошибки, допущенные рабочим или наладчиком, производящими статическую настройку, и ряд других причин.

Основными причинами, порождающими погрешность Δ_d динамической настройки размерных и кинематических цепей технологической системы, являются:

- неоднородность материала обрабатываемых объектов;

- колебания припусков на обработку;
- недостаточная и переменная жесткость технологической системы по оси относительного перемещения режущего инструмента и обрабатываемого объекта;
- изменение направления и величины сил, действующих в процессе обработки;
- качество и состояние режущего инструмента;
- состояние оборудования и приспособлений;
- температура обрабатываемого объекта, оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента и среды, особенно ее колебания;
- свойства, способ применения и количество смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ);
- неправильный выбор методов и средств для измерения погрешности динамической настройки;
- вибрации технологической системы;
- недостаточная квалификация и ошибки рабочего или наладчика и ряд других причин.

В соответствии с изложенным в результате обработки партии объектов на них получается погрешность обработки, в общем случае равная:

- алгебраической сумме погрешностей установки, статической и динамической настройки (при изготовлении каждого отдельного объекта обработки):

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_c + \Delta_d;$$

- сумме абсолютных значений полей рассеяния погрешностей установки, статической и динамической настройки (при изготовлении партии объектов производства):

$$\omega = |\omega_y| + |\omega_c| + |\omega_d|.$$

Для того чтобы экономично изготовить годные детали, необходимо знать влияние всех перечисленных факторов на точность обработки, с тем чтобы уметь ими управлять для достижения поставленной задачи путем увеличения точности, создаваемой технологической системой. Эти факторы исследуют в научных лабораториях, проверяют в производственных условиях, а затем через нормативные документы назначают условия эксплуатации всего технологического оборудования.

4.2. СОКРАЩЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ УСТАНОВКИ

Роль и значение первой операции. Как было указано ранее, одним из основных средств увеличения точности относительных поворотов поверхностей обрабатываемых объектов является сокращение погрешности установки. Одной из основных причин, порождающих погрешности установки, является неправильный выбор технологических и измерительных баз, особенно на первой операции. Поэтому рассмотрим вначале роль и значение первой операции.

На первой операции изготовления детали из заготовки решаются две основные задачи:

1) устанавливаются связи, определяющие расстояния и повороты поверхностей, получающихся в результате обработки, относительно поверхностей, остающихся необработанными;

2) производится распределение фактически имеющихся припусков на обработку между поверхностями, подлежащими обработке.

При решении первой задачи обычно руководствуются необходимостью обеспечить выполнение деталью ее служебного назначения при работе в машине. У ряда деталей их исполнительные поверхности ввиду сложности формы оставляют без обработки, в то время как поверхности основных и вспомогательных баз обрабатывают. Если у таких деталей в результате обработки не будут обеспечены с требуемой точностью расстояния и относительные повороты исполнительных поверхностей относительно поверхностей основных баз, детали не будут правильно выполнять свое служебное назначение.

У некоторых деталей необходимость установления рассматриваемых связей вызывается требованиями:

- получения равномерности толщины стенки детали в целях обеспечения достаточной прочности или динамической уравновешенности детали, например при изготовлении пустотелых лопаток газовых двигателей, гидравлических цилиндров, блоков автомобильных двигателей и т.д.;
- обеспечения необходимого зазора между свободными и другими поверхностями двух деталей, располагающихся или перемещающихся на небольшом расстоянии одна от другой при работе в машине.

Для иллюстрации на рис. 4.1 показан разрез станины и револьверного суппорта станка.

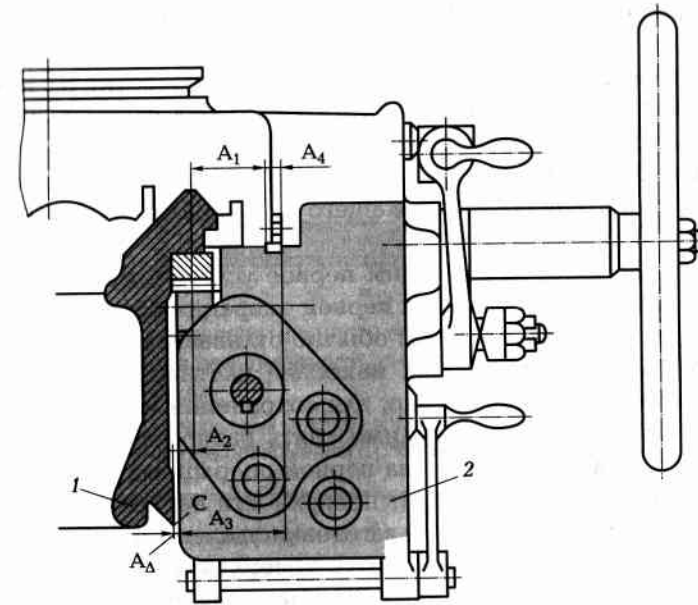


Рис. 4.1. Схема размерной цепи, связывающей необработанную поверхность С фартука с направляющей станины:

1 — направляющая станины; 2 — фартук

Чтобы станок правильно работал, между направляющей 1 станины и свободной необработанной поверхностью фартука 2 на всем пути перемещения суппорта должен оставаться зазор, минимальную величину которого обозначим через A_{Δ} . Задача решается с помощью размерной цепи

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 - A_3 + A_4.$$

На первой операции необходимо обеспечить требуемую точность размера A_3 , связывающего свободную необрабатываемую поверхность С фартука 2 с его основной направляющей базой — одной из плоскостей шпоночного паза.

Для этого в качестве одной из технологических баз на первой операции должна быть использована свободная поверхность С фартука 2.

При решении второй задачи на первой операции необходимо соблюдать три основных условия:

1) сохранять плотный однородный слой материала на поверхностях детали, подвергающихся наиболее интенсивному изнашиванию.

ванию при ее работе в машине в целях повышения их износостойкости;

2) равномерно распределять припуск на обработку на каждой отдельной поверхности и в первую очередь на охватывающих и внутренних поверхностях (пазов, литых отверстий и т.п.);

3) увеличивать производительность обработки путем сокращения объема материала, подлежащего удалению в процессе обработки.

Примером, иллюстрирующим первое условие, может служить выбор технологических баз на первой операции обработки станины токарного станка. Станины обычно отливают направляющими вниз, чтобы получить на них наиболее плотный и однородный слой материала. Следовательно, для сохранения износостойкости направляющих с них необходимо снять равномерный и небольшой слой металла. Для этого на первой операции в качестве двух технологических баз выбирают поверхности направляющих. При обработке погрешности литой заготовки удаляют в виде неравномерного слоя металла, снимаемого с поверхностей ножек, как это схематически показано на рис. 4.2, а. На следующей операции обработанные поверхности ножек используют в качестве технологических баз, это позволяет снять с направляющих равномерный слой металла, как это видно на рис. 4.2, б.

Нетрудно заметить, что при выборе поверхностей ножек в качестве технологических баз на первой операции (рис. 4.3, а) с поверхностей направляющих будет снят неравномерный слой металла, что приведет при эксплуатации станка к неравномерному

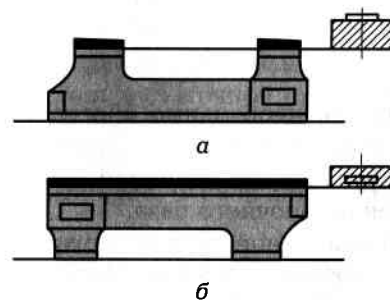


Рис. 4.2. Схема последовательности обработки станины станка, обеспечивающая равномерность снимаемого слоя металла с направляющих:

а — на первой операции; б — на последующих операциях

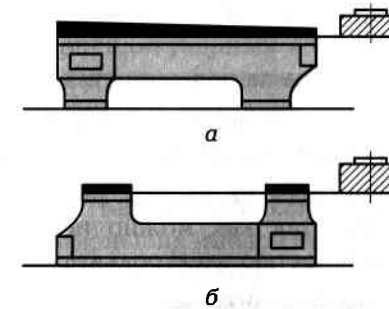


Рис. 4.3. Схема последовательности обработки станины станка, обеспечивающая равномерность снимаемого слоя металла с поверхности ножек:

а — снятие неравномерного слоя металла вследствие неправильного выбора технологических баз; б — снятие равномерного слоя металла

износу направляющих по длине. Съем равномерного слоя металла с поверхностей ножек (рис. 4.3, б) не оказывает особого влияния.

Необходимость равномерного распределения припуска на обработку на каждой из поверхностей, особенно на охватывающих и внутренних поверхностях, объясняется тем, что неравномерный припуск всегда порождает колебания силы резания, вызывающие вибрации и упругие перемещения в технологической системе, которые вызывают увеличение погрешности динамической настройки размерных и кинематических цепей. Результатом является увеличение случайных погрешностей обработки, получение неправильной геометрической формы обработанных поверхностей, увеличение поля рассеяния размеров, увеличение шероховатости поверхности и т.д.

Необходимость сокращения этих погрешностей заставляет вести обработку на заниженных режимах или же вводить в технологический процесс добавочные проходы или даже целые переходы и операции, что связано с потерей производительности и добавочными расходами.

Необходимость обеспечения равномерного припуска на внутренних поверхностях (поверхностях пазов, отверстий и т.д.) в первую очередь объясняется тем, что размеры отверстий и пазов лимитируют геометрические размеры режущего и вспомогательного инструментов, в частности оправок, расточных скалок и т.п.

Обусловленная этим недостаточная жесткость инструмента заставляет вести обработку на заниженных режимах, с большим числом проходов или переходов, нередко связанных со сменой ре-

жущего инструмента, что вызывает увеличение трудоемкости обработки.

Равномерность припуска на поверхностях деталей позволяет:

- повысить точность обработки на первых операциях и тем самым сократить количество проходов и переходов;
- сократить расходы на электроэнергию и амортизацию оборудования, так как можно использовать станки с меньшей мощностью электродвигателя;
- увеличить производительность обработки на последующих операциях.

При распределении припуска на обработку между несколькими поверхностями, особенно параллельными, следует его наибольшую часть снимать с менее ответственных поверхностей, имеющих, по возможности, и меньшие габаритные размеры.

В соответствии с этим, например, при обработке станины токарного станка, показанной на рис. 4.2, 4.3, целесообразно наибольшую часть припуска снимать с поверхностей ножек, отвечающих указанным признакам.

Все перечисленные ранее задачи решают на первой операции путем правильного выбора технологических баз. Выбор технологических баз на первой операции можно рассматривать как процесс выкраивания или разметки будущей готовой детали из ее заготовки. При небольших масштабах выпуска изделий технологические базы выбирают и материализуют в виде рисок и накернивания при помощи ручной разметки. Пользуясь такими разметочными технологическими базами, рабочий определяет положение подлежащего обработке объекта на столе станка или рабочем месте.

При увеличении масштаба выпуска ручную разметку заменяют механизированной, осуществляемой с помощью приспособления, упрощающего определение положения обрабатываемого объекта на станке и его фиксацию путем закрепления. Поэтому вопросу правильной разработки конструкции приспособлений для первой операции необходимо уделять должное внимание.

Выяснив роль и значение первой операции, можно перейти к рассмотрению основ выбора технологических баз.

Основы выбора технологических баз. В качестве технологических баз необходимо выбирать те поверхности или оси детали, относительно которых должны занять требуемое положение другие ее поверхности, которые получают на данном переходе или операции.

Установочная технологическая база служит для координирования детали в двух перпендикулярных координатных плоскостях. В соответствии с этим в качестве установочной технологической базы используют поверхность, отличающуюся наибольшей протяженностью в двух перпендикулярных направлениях, т.е. поверхность наибольших габаритных размеров.

В качестве опорной технологической базы следует использовать поверхность наименьших габаритных размеров. При этом при всех обстоятельствах необходимо, чтобы опорная технологическая база определяла положение детали с помощью только одной опорной точки.

Рассмотрим примеры расчета погрешности установки заготовки в приспособление при различных сочетаниях формы установочной базы и точности ее размеров, типа установочного элемента приспособления и точности его размеров. Предварительно уточним, что под **погрешностью установки** будем понимать наибольшее возможное смещение установочной базы заготовки со своего номинального положения в силу различных факторов.

В качестве установочных баз для обработки заготовки на первой и последующих операциях наиболее часто используют наружные цилиндрические поверхности (УБ — вал), внутренние цилиндрические поверхности (УБ — отверстие), плоские поверхности (УБ — плоскость), фасонные поверхности, например эвольвентные поверхности профиля зубьев зубчатого колеса и др.

Установочные элементы в приспособлениях могут иметь вид цилиндрического отверстия (гнезда) или цилиндрического вала (пальца), вид призмы с углом 90° или полуцилиндрических гнезд, вид конусных оправок с малой конусностью или пальцев с большой конусностью и др.

При установке базы «вал» в гнездо, а также при установке базы «отверстие» на цилиндрический палец погрешность установки δ_y (без учета деформаций от закрепляющих усилий) будут определять следующие факторы:

- точность диаметра установочного элемента приспособления ($D_y^{+a_y}$ или $D_y^{-a_y}$, где a_y — допуск на диаметр);
- точность диаметра установочной базы заготовки (D^{+a} или D^{-a} , где a — допуск на диаметр);
- гарантированный зазор Δ , предусмотренный для удобства установки заготовки и снятия детали.

Для случая установки базы «вал» заготовки 1 (рис. 4.4), обработанной на предыдущей операции до заданного размера D_{-a} , в уста-

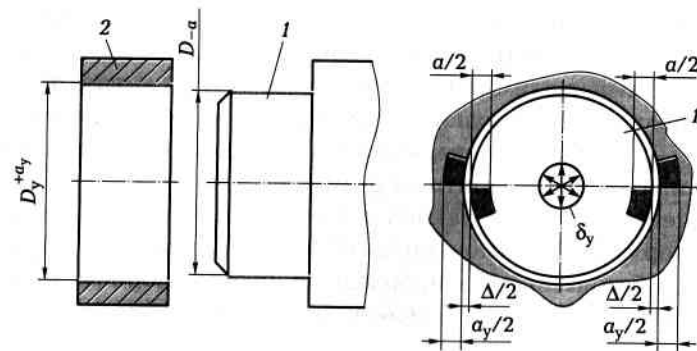


Рис. 4.4. Схема установки базы «вал» в установочный элемент приспособления — цилиндрическое отверстие:

1 — заготовка; 2 — установочный элемент

новочный элемент 2 приспособления, обработанного при его изготовлении до заданного размера $D_y^{+a_y}$, предусмотрен гарантированный зазор Δ между валом и отверстием, обеспечивающий удобство установки заготовки и снятия детали после обработки.

Тогда ожидаемую погрешность δ_y установки базы «вал» в цилиндрическое установочное гнездо с зазором Δ можно определить по формуле

$$\delta_y = a + \Delta + a_y. \quad (4.1)$$

Направление этой погрешности предсказать невозможно, поэтому установочная база может сместиться в любом направлении на величину δ_y .

Рассмотрим установку базы «вал» заготовки 2 (рис. 4.5), обработанной на предыдущей операции до заданного размера D_{-a} , в установочный элемент в виде призмы 1. Установочная призма представляет собой две рабочие поверхности A и B, расположенные под углом 2γ (угол призмы). Погрешность установки δ_y (без учета деформаций от закрепляющих усилий) в данном случае будут определять следующие факторы:

- точность диаметра установочной базы заготовки (D_{-a} , где a — допуск на диаметр наружной цилиндрической поверхности);
- угол призмы 2γ .

При установке в призму цилиндрических деталей диаметром D_{-a} положение осей O_1 и O_2 цилиндрических поверхностей в на-

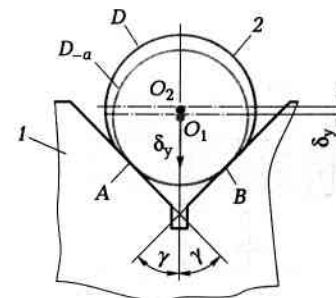


Рис. 4.5. Схема установки базы «вал» на установочную призму:

1 — установочный элемент; 2 — заготовка

правлении, перпендикулярном оси симметрии призмы, будет неизменным, а координаты положения осей O_1 и O_2 в направлении оси симметрии призмы будут изменяться в зависимости от диаметров их цилиндрических поверхностей. Погрешность δ_y установки цилиндрической базы диаметром D_{-a} на призму с углом 2γ , зависящая от смещения $O_2 - O_1$ оси цилиндра, направлена по оси симметрии призмы и определяется по формуле

$$\delta_y = a / (2 \sin \gamma). \quad (4.2)$$

При установке базы «вал» диаметром D_{-a} заготовки 3 в полуцилиндрические гнезда, которые представляют собой две совмещенные детали 1 и 2 (рис. 4.6), используется установочная поверхность с диаметром D_{-a} . Получена такая поверхность в результате со-

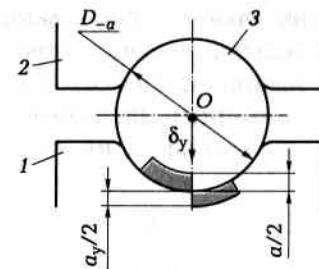


Рис. 4.6. Схема установки базы «вал» в полуцилиндрические гнезда:

1, 2 — совмещенные детали; 3 — заготовка

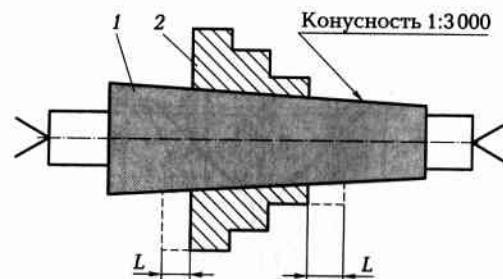


Рис. 4.7. Схема установки детали с базовым отверстием на конусную оправку:

1 — оправка; 2 — заготовка

вместной обработки деталей 1 и 2. Установочные функции здесь выполняет нижний полуцилиндр 1, а верхний полуцилиндр 2 управляется прижимным устройством.

Установочная база в этом случае может смещаться по оси симметрии на величину

$$\delta_y = 0,5(a + a_y). \quad (4.3)$$

При установке высокоточной цилиндрической базы «отверстие», обработанной на предыдущей операции до заданного размера D^{+a} , на высокоточную оправку с малой конусностью $k = 1:5000 \dots 1:1000$ происходит заклинивание заготовки 2 на установочной конусной поверхности оправки 1 (рис. 4.7). Благодаря упругим деформациям создается надежный контакт по поверхностям соприкосновения, и заготовка удерживается за счет сил трения, достаточных для ее закрепления, например для операции окончательного шлифования или доводки. Погрешность установки в направлении радиуса обрабатываемой цилиндрической поверхности A будет очень мала, так как в данном случае будет зависеть от точности конусных центровых отверстий оправки.

Однако положение заготовки 2 в осевом направлении не фиксируется и будет неопределенным. Возможное осевое смещение L заготовки зависит от допуска a на цилиндрическую базу и определяется из условия

$$L = a/k. \quad (4.4)$$

Например, при допуске $a = 0,01$ мм на внутренний диаметр установочной базы и конусности $k = 1:3000$ установочной поверхности оправки возможное смещение заготовки в осевом направ-

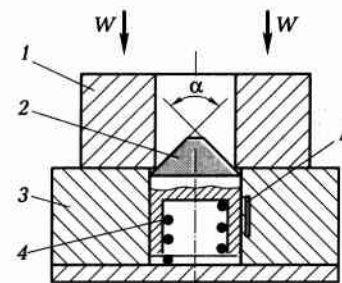


Рис. 4.8. Схема установки детали с базовым отверстием на конический палец:

1 — заготовка; 2 — палец; 3 — упор приспособления; 4 — пружина

лении $L = 0,01 : (1:3000) = 30$ мм. На точность обработки заготовки это не повлияет, но потребует дополнительных действий рабочего, что увеличит время выполнения операции.

При установке заготовки 1 (рис. 4.8) с установочной базой в виде цилиндрического отверстия на палец 2 с углом конуса $\alpha = 15 \dots 45^\circ$ установочная цилиндрическая база входит в контакт с конусной установочной поверхностью пальца 2 своей кромкой и повисает на нем с большим перекосом из-за большого угла конуса. Для правильного базирования заготовки до упора в торцовую поверхность упора 3 приспособления конический палец имеет возможность опускаться вниз от закрепляющего усилия, сжимая пружину 4. Обрабатываемая заготовка хорошо центрируется конусной поверхностью подпружиненного установочного пальца 2, а ее положение выравнивается плоской поверхностью упора 3.

Погрешность установки заготовки в радиальном направлении во многом будет определяться максимально возможным радиальным зазором Δ по наружному диаметру установочного пальца. Размер этого зазора будет зависеть от точности обработки сопрягаемых цилиндрических поверхностей деталей 2 и 3, приспособления и предусмотренного гарантированного зазора. Снизить ожидаемую погрешность установки можно, обеспечив требуемый зазор в этом соединении при окончательной обработке цилиндрической поверхности конусного пальца 2 при уже известном действительном размере цилиндрического отверстия в детали 3 приспособления.

На практике встречается много случаев, когда невозможно получить требуемую точность обработки поверхностей заготовки с использованием лишь одной установочной базы. По приведенно-

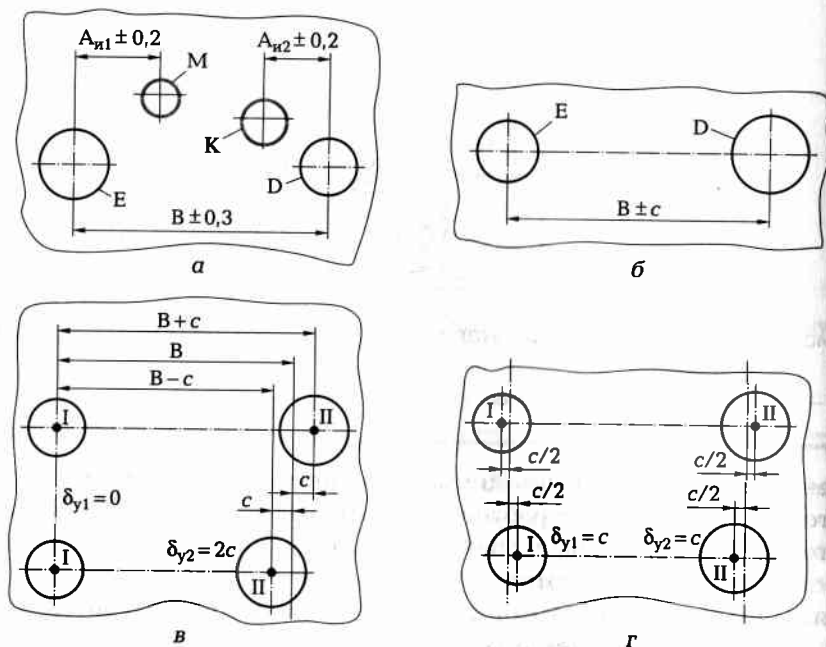


Рис. 4.9. Схемы установки заготовки на две базы:

а — операционный эскиз с технологическими размерами; б — взаимное расположение установочных баз; в, г — соответственно первый и второй вариант возможной установки заготовки

му на рис. 4.9, а операционному эскизу для обработки двух отверстий М и К во избежание брака по операционному размеру $A_{и2}$ требуется установка заготовки на две базы: отверстия Е и D. Если установить заготовку для этой операции только на установочную базу Е, правильным можно получить лишь один операционный размер $A_{и1}$. Второй операционный размер $A_{и2}$ при заданном размере $B \pm 0,3$ в пределах требуемого допуска получить нельзя.

Особенность базирования заготовки на две установочные базы заключается в том, что эти базы Е и D (рис. 4.9, б), обработанные на предыдущих операциях с выдерживанием размера $B \pm c$, имеют погрешность ($2c$) взаимного положения. Очевидно, что наличие погрешности взаимного положения не позволит абсолютно точно установить эти базы таким образом, чтобы погрешности их установки равнялись нулю. Для случаев базирования заготовки на две установочные поверхности возможны два оптимальных варианта установки баз.

Первый вариант установки (рис. 4.9, в) характеризуется тем, что одна база, например база I (поверхность Е), устанавливается относительно точно, а погрешность $2c$ взаимного положения баз полностью относится к погрешности установки базы II, т.е. $\delta_{\gamma 2} = 2c$.

Второй вариант установки (рис. 4.9, г) характеризуется тем, что погрешность $2c$ взаимного положения баз распределяется между двумя установочными базами, например поровну, т.е. погрешность установки первой базы $\delta_{\gamma 1} = c$ и погрешность установки второй базы $\delta_{\gamma 2} = c$.

Для выбора оптимального варианта установки заготовки следует тщательно проанализировать допуски на размеры, проставленные на рабочем чертеже детали (см. рис. 4.9, а).

Для примера рассмотрим штампованную заготовку 1 шатуна (рис. 4.10, а) и обработку в ней двух отверстий М и К (рис. 4.10, б) при установке заготовки в приспособление на две установочные базы $D_1 - a$ и $D_2 - a$ (где $a = 0,8$ мм), центры O_1 и O_2 которых расположены на расстоянии $B \pm c$ (где $c = 1$ мм) друг от друга. При этом центры O_3 и O_4 обработанных отверстий (см. рис. 4.10, б) должны быть расположены на расстоянии $B \pm c_1$ ($c_1 = 0,2$ мм). Кроме того, разность толщин t_1 и t_2 стенок головок шатуна не должна превышать значения $k = t_2 - t_1$ ($k \leq 2$ мм).

При установке заготовки по первому варианту (рис. 4.10, в), т.е. без распределения погрешности $2c$ (2 мм) взаимного положения по двум установочным базам, одна база будет установлена на неподвижную призму А с углом $2\gamma = 90^\circ$, а другая база будет установлена на подвижную (подпружиненную) призму В.

Тогда погрешность установки первой базы, направленную по оси симметрии заготовки, можно определить по формуле

$$\delta_{\gamma 1} = a / (2 \sin \gamma) = 0,56 \text{ мм},$$

а погрешность установки второй базы, также направленную по оси симметрии заготовки, в виде

$$\delta_{\gamma 2} = \delta_{\gamma 1} + 2c = 0,56 + 2 = 2,56 \text{ мм}.$$

Очевидно, что при такой погрешности (2,56 мм) установки второй базы разность толщин t_1 и t_2 ($k \leq 2$ мм) стенок головок шатуна выдержана не будет. Следовательно, для выполнения данной операции по обработке отверстий установка заготовки по первому варианту не пригодна.

При установке заготовки по второму варианту (рис. 4.10, г), т.е. с распределением поровну погрешности $2c$ (2 мм) взаимного положения по установочным базам, заготовка будет установлена в

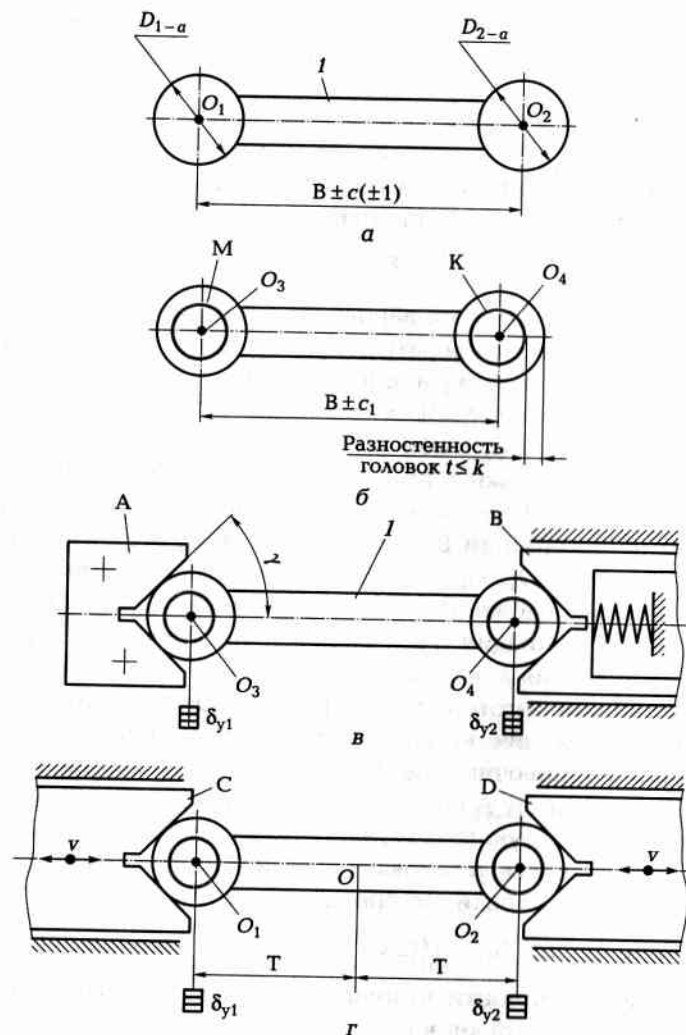


Рис. 4.10. Пример установки заготовки для обработки двух отверстий: а — эскиз заготовки; б — конструкторский чертеж; в, г — соответственно схемы установки заготовки по первому и второму возможным вариантам; 1 — заготовка

самоцентрирующее приспособление, у которого обе установочные призмы С и D с углом $2\gamma = 90^\circ$ перемещаются с одинаковой скоростью v к центру (или от центра) O , при этом центры O_1 и O_2 установочных баз будут всегда находиться на одинаковом расстоянии T от центра O самоцентрирующего устройства.

Тогда погрешность установки первой базы, направленную по оси симметрии заготовки, можно определить по формуле

$$\delta_{y1} = a / (2 \sin \gamma) + c = 1,56 \text{ мм},$$

а погрешность установки второй базы, также направленную по оси симметрии заготовки, в виде

$$\delta_{y2} = a / (2 \sin \gamma) + c = 1,56 \text{ мм}.$$

Очевидно, что при такой погрешности (1,56 мм) установки обеих баз будет выдержана разность толщин t_1 и t_2 ($k \leq 2$ мм) стенок головок шатуна.

Следовательно, для обеспечения заданной точности детали заготовку следует устанавливать в самоцентрирующее приспособление.

Отметим еще одну особенность влияния погрешности установки заготовки на точность обработки, связанную с ее направленностью относительно направления операционного размера. Если направление погрешности установки δ_y совпадает с направлением операционного размера A_n (рис. 4.11, а), то ее значение полностью входит в качестве составляющей в погрешность обработки. Если же между направлением погрешности установки δ_y и направлением операционного размера A_n имеется некоторый угол β (рис. 4.11, б), то на погрешность обработки будет оказывать влияние лишь проекция δ_p погрешности установки на направление операционного

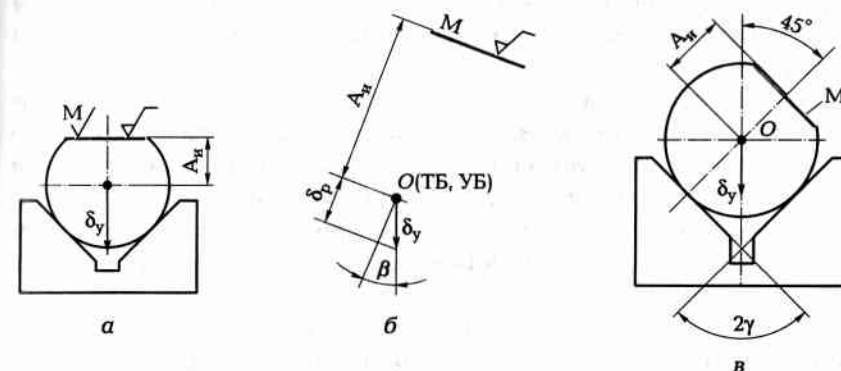


Рис. 4.11. Влияние направленностей погрешности установки и операционного размера заготовки на точность обработки:

а — направления совпадают; б — направления не совпадают; в — пример расчетной схемы

размера, значение которой (смещение центра УБ, т.е. точки O) при условии совпадения ТБ и УБ определяется из соотношения

$$\delta_p = \delta_y \cos \beta. \quad (4.5)$$

В качестве примера рассмотрим обработку поверхности M при базировании заготовки в призму (рис. 4.11, в). Из схемы обработки очевидно, что угол между направлениями погрешности установки δ_y и операционным размером A_n составляет 45° . Тогда ожидаемую погрешность P (смещение центра УБ, т.е. точки O) в операционном размере A_n в соответствии с формулами (4.2) и (4.5) можно определить следующим образом:

$$P = \delta_p = \delta_y \cos \beta = a \cos \beta / (2 \sin \gamma).$$

Погрешность установки, как правило, больше на первой операции, когда в качестве технологических баз используются необработанные поверхности деталей. По мере повышения точности обработки поверхностей погрешности установки сокращаются. Следовательно, для сокращения погрешностей относительных поворотов поверхностей обработку деталей необходимо начинать с использования в качестве технологических баз поверхностей, отвечающих перечисленным ранее условиям.

На второй операции в качестве технологических баз необходимо использовать поверхности, полученные в результате обработки заготовки (детали) на первой операции.

На всех последующих операциях в качестве технологических баз следует использовать поверхности, полученные в результате обработки на второй операции (т.е. те, которые в необработанном виде использовались в качестве технологических баз на первой операции).

В тех случаях, когда имеется возможность произвести обработку всех поверхностей детали с одного станка, в качестве технологических баз следует использовать свободные поверхности и скрытые базы, отвечающие трем основным признакам: установочная база должна быть наибольших габаритных размеров, направляющая — наибольшей протяженности, опорная — наименьших габаритных размеров.

Свободные поверхности, отвечающие трем основным признакам, следует использовать в качестве технологических баз и в тех случаях, когда деталь имеет всего один комплект поверхностей, подлежащих обработке.

Свободные поверхности нужно использовать в качестве технологических баз на первой операции и в случае необходимости

установления достаточно высокой точности расстояний и поворотов между ними и обрабатываемыми поверхностями.

В целях упрощения решения рассматриваемых задач на практике обычно прибегают к смене технологических баз для достижения требуемой точности относительных поворотов поверхностей. В таких случаях в качестве технологических баз используют поверхности основных или вспомогательных баз.

В ряде случаев, когда габаритные размеры основной или вспомогательной базы, выбранной в качестве установочной технологической базы, малы, их искусственно увеличивают для сокращения погрешностей установки и повышения жесткости детали на время ее обработки.

Хорошие результаты дает увеличение габаритных размеров технологической базы, достигаемое путем создания у заготовки специальных приливов, площадки которых, выполняя роль установочной технологической базы, позволяют не только повысить жесткость детали и сократить погрешность, но и уменьшить время установки. После окончания обработки приливы такого рода обычно удаляют.

В некоторых случаях вместо специальных приливов или площадок у деталей делают специальные технологические базы в виде поверхностей зацентрированных отверстий, которые используют в качестве технологических баз для получения относительных поворотов всех поверхностей детали, а нередко и их расстояний.

Чаще всего такие специальные технологические базы, материализующие ось тела вращения, используют для получения требуемой точности относительных поворотов поверхностей валков и других деталей в виде тел вращения.

Для получения точности расстояний поверхностей таких деталей обычно используют плоские поверхности основных и вспомогательных баз (торцовые поверхности).

В ряде случаев, когда деталь отличается сложной конструкцией или имеет стенки такой формы, которая затрудняет установку и обработку деталей, прибегают к использованию спутников, имеющих хорошо и правильно оформленные технологические базы. Деталь устанавливают в спутнике или на спутнике, чтобы вместе с ним она проходила все или часть операций обработки. Так, например, очень тонкостенные детали, состоящие из большого количества сот (напоминающих пчелиные), устанавливают в спутнике в виде открытого ящика, заливают в нем водой и замораживают. В таком виде, вместе со спутником, деталь обрабатывают. Вместо воды и замораживания в ряде случаев используют заливку детали или нескольких деталей легкоплавкими материалами.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

- необходимо уделять особое внимание выбору технологических баз на первой операции для установления связей между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями, а также для распределения припуска между поверхностями;
- необходимо по возможности избегать смены технологических баз;
- в случае необходимости следует искусственно увеличивать размеры технологических баз или делать специальные технологические базы;
- следует стремиться к обработке возможно большего числа поверхностей с одного установа детали, т.е. к широкому использованию принципа единства баз.

При обработке некоторых деталей в качестве технологических баз на ряде операций используют сами обрабатываемые поверхности (например, при обработке гладких валков на бесцентрово-шлифовальном станке, при обработке валков и т.д.). В таких случаях одни участки поверхности используют в качестве технологических баз, в то время как другие в это время обрабатывают. Действительно, при обработке, например, на бесцентрово-шлифовальном станке гладкого вала часть его поверхности, соприкасающаяся в каждый момент времени с поверхностями ведущего крута и направляющего ножа, выполняет роль двойной направляющей технологической базы, в то время как другая часть подвергается обработке.

Основы выбора измерительных баз. Для обеспечения требуемой точности машины проверке, а следовательно, измерению подлежат отклонения и положения поверхностей. При этом путем измерения предварительно убеждаются, что погрешности отклонений поверхностей от теоретически правильных геометрических форм и шероховатости находятся в пределах надлежащих допусков.

Для измерения относительного положения поверхностей деталей необходимо выбрать измерительные базы. В качестве измерительных баз в каждой из координатных плоскостей следует выбрать одну из поверхностей, с которой другие поверхности детали связаны ее служебным назначением в машине.

При этом для проверки точности расстояния безразлично, которая из двух связанных поверхностей используется в качестве измерительной базы, однако для проверки точности это положение

справедливо только при одинаковой протяженности обеих поверхностей. В противном случае в качестве измерительной базы следует использовать поверхность, отличающуюся большей протяженностью в рассматриваемой координатной плоскости, для того чтобы сократить влияние погрешности установки на точность измерения.

Следовательно, между выбором измерительных и технологических баз существует определенная связь. Это вполне понятно, так как выбор тех и других баз имеет в конечном счете одну и ту же цель — получение точности деталей, определяемой их служебным назначением.

В качестве измерительных баз следует, как правило, стремиться использовать технологические базы деталей; другими словами, желательно, чтобы измерительные базы совпадали с технологическими.

При выборе измерительных баз можно использовать все приведенные исходные положения для выбора технологических баз. Необходимо все же учесть, что в практике машиностроения имеются случаи, когда по ряду причин технологические базы нельзя использовать в качестве измерительных.

Сокращение погрешности установки за счет дополнительных факторов. Ранее был рассмотрен ряд основных факторов, оказывающих влияние на погрешность установки, и указаны пути ее уменьшения путем управления действием этих факторов в требуемом направлении. Чтобы закончить с вопросом сокращения погрешности установки, следует рассмотреть влияние действия ряда дополнительных факторов.

Ранее указывалось, что для сокращения погрешности установки необходимо уменьшить шероховатость и повысить точность геометрических форм поверхностей технологических баз, используемых для определения положения детали при ее установке на станке, в приспособлении или на рабочем месте.

Поверхности технологических баз, используемые при установке заготовки (детали) на первых операциях, обычно отличаются значительной шероховатостью и отклонениями от правильных геометрических форм, особенно если они не обработаны.

Одним из первых мероприятий для уменьшения погрешности установки в таких случаях является сведение к минимуму элемента случайности в выборе контакта между поверхностями технологических баз обрабатываемой детали и поверхности деталей станка, приспособления или рабочего места, используемых для установки и определения положения детали.

Для иллюстрации изложенного рассмотрим установку достаточно жесткой детали необработанной «плоской» поверхностью на рабочей плоскости стола станка (рис. 4.12). Из рисунка видно, что каждая устанавливаемая деталь будет соприкасаться даже с геометрически правильной рабочей плоскостью стола в трех случайных точках, положение которых зависит от отклонений установочной технологической базы детали от правильной геометрической формы.

Очевидно, что, чем ближе одна к другой расположены опорные точки контакта, тем больше возможные погрешности установки детали.

Аналогичное явление возникает и при сопряжении необработанных поверхностей жесткой детали со сплошными поверхностями деталей станка или приспособления, выполняющими роль направляющей, двойной направляющей или центрирующей базы. Такое же явление имеет место, когда между поверхностями технологических баз устанавливаемой детали и сопрягаемыми поверхностями станка или приспособления попадают частицы грязи или куски стружки.

Погрешность установки сокращается, если детали устанавливаются технологическими базами на заранее выбранные и конструктивно оформленные опорные точки. Так, в случае установки тех же деталей на четыре опорные точки приспособления, расположенные на наибольших допустимых расстояниях одна от другой, погрешность установки значительно сократится. Объясняется это

тем, что вместо бесконечно большого количества различных вариантов расположения трех точек, возможных в ранее рассмотренном случае, при установке на четыре точки возможны только четыре случая с наибольшим удалением каждой точки от других.

Действительно, деталь, устанавливаемая на четыре точки, имеет возможность поворачиваться при установке только

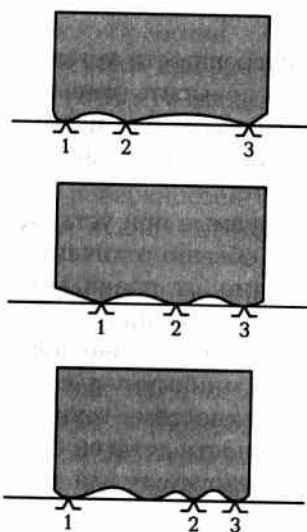


Рис. 4.12. Различные схемы установки деталей необработанной поверхностью на плоскую поверхность стола станка

покруг оси, соединяющей две любые точки из четырех, до соприкосновения с третьей точкой из двух оставшихся.

Если одну из четырех точек сделать подводимой (лучше самоустанавливающейся), погрешность установки сократится в еще большей степени вследствие определения положения детали при помощи трех неподвижных точек. Таким же образом протекает процесс и в других координатных плоскостях.

Из изложенного следует, что для сокращения погрешности установки жестких деталей необходимо соблюдать правило шести точек.

Отступления от этого правила возможны только в тех случаях, когда поверхности технологических баз обрабатываемых деталей и поверхности деталей станка или приспособления обладают настолько малыми отклонениями от правильных геометрических форм, что порождаемыми ими слагаемыми погрешности установки можно пренебречь. Во всех остальных случаях все опорные точки сверх шести нужно делать подводимыми (самоустанавливающимися).

Такие подводимые самоустанавливающиеся точки, выполняя роль подвижных компенсаторов в размерных цепях А, Б и В, значительно сокращают влияние погрешностей формы поверхности детали на погрешность установки, не порождая при этом ни деформации детали, ни неопределенности ее положения в одной из координатных плоскостей, как это схематически показано на рис. 4.13.

Каждая подводимая самоустанавливающаяся точка после надежной фиксации занятого ею положения превращается в дополнительную опору, способствующую повышению жесткости обра-

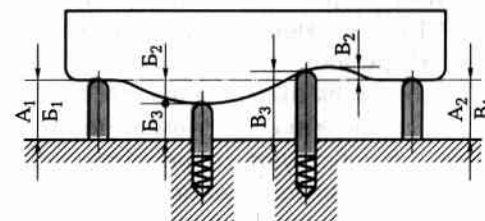


Рис. 4.13. Схема компенсации неровностей поверхности детали самоустанавливающимися опорными точками:

A_1-A_2 , B_1-B_2 , B_1-B_2 — размеры, образующие размерные цепи А, Б и В соответственно

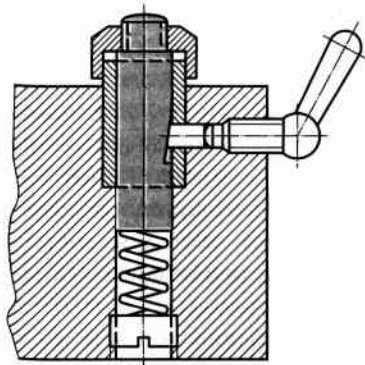


Рис. 4.14. Конструкция самоустанавливающейся подводимой опоры

батываемой детали в процессе закрепления и обработки. В качестве примера на рис. 4.14 показана одна из конструкций такой опорной подводимой точки.

Для сокращения влияния на погрешность установки погрешностей относительного поворота поверхностей детали, используемых в качестве направляющих и опорных технологических баз, опорные точки приспособлений следует располагать по возможности ближе к средней линии или к центру поверхности базы. Этим можно достичь сокращения в 2 раза возможного смещения детали при установке (рис. 4.15).

При расположении опорных точек выше (рис. 4.15, а) или ниже (рис. 4.15, б) средней линии направляющей базы деталь при установке будет смещаться вправо или влево на величину a отклонения от перпендикулярности плоскости А относительно плоскости Б. При расположении опорных точек по средней линии направляющей базы (рис. 4.15, в, г) смещение детали резко сокращается, и его величиной пренебрегают.

Правильный выбор точек приложения сил зажима, постоянство величин этих сил и соблюдение требуемой последовательности их приложения также способствуют сокращению погрешности установки. Постоянство величин сил зажима достигается использованием пневматических, гидравлических, пружинных, магнитных, электромагнитных и других зажимов и приспособлений.

Опыт показывает, что одной из причин увеличения погрешности установки является попадание стружки и грязи между поверхностями технологических баз детали и поверхностями стола стан-

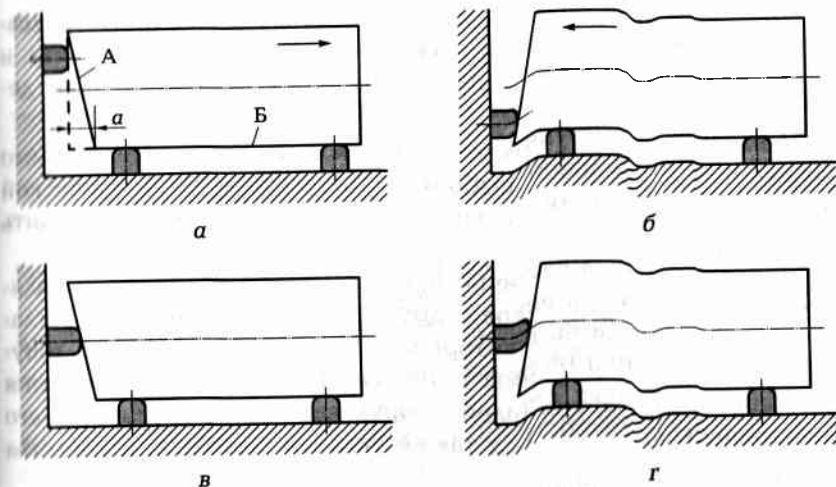


Рис. 4.15. Схема расположения опор, способствующая сокращению погрешности установки детали в одной из координатных плоскостей

ка или приспособления, служащими для установки и определения положения детали. Поэтому способам своевременного удаления стружки и очистки этих поверхностей необходимо уделять должное внимание.

4.3. СОКРАЩЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ СТАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ

Статическая настройка кинематических и размерных цепей технологической системы станок — приспособление — инструмент — деталь включает в себя обычно следующие процессы:

- установка с требуемой точностью на станке приспособлений, служащих для определения положения и закрепления обрабатываемых заготовок и режущих инструментов;
- перемещение и установка на требуемом расстоянии (называемом размером статической настройки) с требуемой точностью режущих кромок инструмента относительно технологических баз детали, поверхностей станка или приспособления, используемых для установки созданных для этой цели измерительных баз;

- проверка точности статической настройки после фиксации требуемого положения режущего инструмента и приспособлений, предназначенных для установки детали.

Прежде чем приступить к статической настройке, необходимо убедиться в правильном выборе и достаточной геометрической точности оборудования, на котором предполагается производить обработку.

Геометрическая, а частично и динамическая точность подавляющего большинства станков и других видов оборудования регламентирована ГОСТами, в которых определены наибольшие допускаемые отклонения (нормы точности) относительного движения положения основных деталей оборудования, определяющих его геометрическую точность, а также указаны методика и средства проверки.

Установив, что оборудование соответствует требованиям технологического процесса и отвечает требованиям геометрической точности, производят монтаж приспособлений, служащих для установки и определения положения обрабатываемых деталей и режущих инструментов.

При использовании различного рода универсальных подкладок, пластинок, упоров, угольников и других приспособлений задача сводится к их правильному расположению с последующим закреплением относительно координатных плоскостей станка, в качестве которых обычно используются рабочие плоскости и вертикальные стенки пазов стола станка. Эти же поверхности станка обычно используют также для установки и определения требуемого положения различного рода универсальных и специальных приспособлений.

Приспособление ставят на рабочую плоскость стола основной установочной базой, благодаря чему оно сразу и автоматически получает требуемую точность по трем координатам и лишается трех степеней свободы.

В качестве основной направляющей базы, которая должна обеспечить необходимую точность направления приспособления на столе и лишить его двух степеней свободы, обычно используют встроенные в основание приспособления одну или чаще две шпонки, входящие в паз стола станка. В некоторых случаях вместо шпонок выполняют цилиндрический хвостик, входящий в надлежащее отверстие в столе.

Для уменьшения погрешности ширину шпонок следует выполнять меньше ширины паза стола (рис. 4.16, а). Лучше делать шпон-

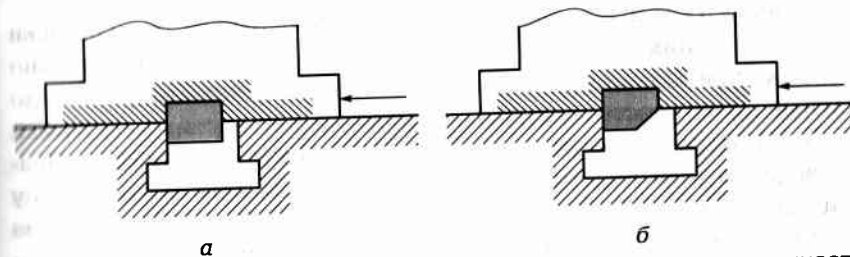


Рис. 4.16. Конструкции шпонок, способствующие повышению точности установки приспособлений:

а — ширина шпонок меньше ширины паза стола; б — односторонние шпонки

ки односторонними (рис. 4.16, б). Обе эти особенности шпонок заставляют рабочего всегда прижимать приспособление к одной, вполне определенной стенке паза стола (тем самым обеспечивая определенность базирования), существенно сокращая погрешность установки и закрепления приспособления. Для исключения сдвигов приспособления во время закрепления иногда используют описанную конструкцию шпонок в сочетании с прижимным механизмом (рис. 4.17). Путем поворота винта 1 приспособление автоматически через рычаг 2 прижимается шпонками 3 к базирующей стенке паза.

Правильный выбор и конструктивное оформление основных баз приспособления является одним из основных средств уменьшения погрешности установки. При этом нельзя забывать о правильном выборе точек приложения и последовательности приложения сил, служащих для обеспечения правильности и постоянства базирования приспособления на станке или другом виде оборудования.

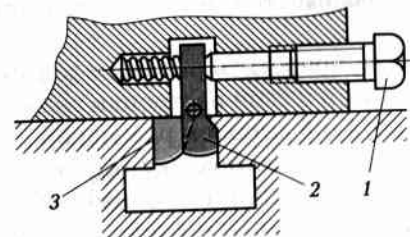


Рис. 4.17. Схема использования шпонки и прижимного механизма для повышения точности установки приспособления:

1 — винт; 2 — рычаг; 3 — шпонка

В целях создания возможности проверки точности установки приспособления как после его закрепления, так и в процессе использования бывает полезно сделать на приспособлении специальные поверхности.

В обоих случаях задачу получения требуемой точности стараются решать методами взаимозаменяемости. Для этого ширину шпонки или диаметр хвостовика делают равными ширине паза стола или диаметру отверстия с посадкой, обеспечивающей точное соединение.

Практика показывает, что ширина пазов и диаметры отверстий столов, как правило, значительно отличаются от расчетных как вследствие погрешностей изготовления, так и в большей степени вследствие изнашивания и последующих ремонтов.

Результатом является появление значительной по величине погрешности установки в одной из координатных плоскостей.

Ранее указывалось, что в размерных цепях, служащих для настройки на точность расстояний между поверхностями и размеров поверхностей обрабатываемых деталей, используется метод регулировки. Для подведения и установки режущих кромок инструмента относительно выбранных координатных плоскостей используют различные устройства и приспособления, нередко встраиваемые в станки.

Наиболее простым средством для статической настройки размерных цепей служит включение в них одной из ранее обработанных деталей. Например, при статической настройке размерных цепей многорезцовых станков установка всех резцов на точность радиальных (диаметральных) и осевых (направляющих вдоль оси детали) размеров производится нередко путем приведения режущих кромок резцов в соприкосновение с соответствующими поверхностями ранее обработанной детали, установленной в центрах станка. В целях повышения точности настройки нередко изготавливают специальные термически обработанные эталонные детали.

Для того чтобы не повредить режущие кромки инструмента и повысить точность статической настройки размерной цепи, между поверхностями эталонной детали и режущей кромки подводимого к ней инструмента вставляют полосу тонкой (папиросной) бумаги или щуп необходимой толщины. Сближение инструмента и эталонной детали осуществляют до тех пор, пока полоска бумаги или щуп не будут «закушены».

В целях повышения точности статической, а иногда и динамической настройки размерной цепи размеры эталонной детали или

специального эталона делают меньше расчетных на толщину используемой полоски бумаги или щупа. Путем изменения толщины щупа вводятся поправки для компенсации части погрешности динамической настройки, о чем будет сказано далее.

При обработке деталей сложного профиля, больших габаритных размеров и большой массы использование ранее обработанных деталей в качестве эталонов для статической настройки становится громоздким и неэкономичным. В таких случаях их заменяют специально изготавливаемыми деталями, так называемыми габаритами. Габарит обычно представляет собой уменьшенный на толщину щупа профиль подлежащих обработке поверхностей детали, выполненный в виде отливки небольшой ширины или сварной конструкции. В целях сохранения точности габарита его рабочие поверхности выполняют из стальных закаленных накладных пластин.

Габарит иногда делают одновременно с обработкой первой детали, чтобы использовать его для настройки технологической системы при обработке всех последующих деталей.

Для деталей простых конструктивных форм вместо габаритов иногда используют плоскопараллельные концевые меры длины (плитки), устанавливаемые на специально сделанные для этого площадки приспособлений (рис. 4.18).

При установке режущих инструментов по габаритам в обычных условиях отсутствует возможность видеть по какому-либо отсчетному устройству точность статической настройки. Поэтому точность настройки в основном зависит от квалификации рабочего и не превышает 0,03 ... 0,05 мм. Для устранения этого недостатка в конструкции ряда станков встраивают различного рода измерительные устройства.



Рис. 4.18. Использование плоскопараллельных концевых мер (плиток) для статической настройки размерных цепей технологической системы

Точность статической настройки может быть повышена до 1 мкм посредством многооборотного микрометра с ценой деления 0,001 мм.

Встроенные индикаторы в сочетании с концевыми мерами длины позволяют реализовать основные достоинства координатного способа получения требуемых расстояний между поверхностями детали путем использования в качестве одной из технологических баз плоскости, проводимой параллельно плоскости стола станка касательно к измерительному наконечнику индикатора при нулевом показании его стрелки. Как и при всякой смене баз, новую технологическую базу связывают с прежней базой размером, ограниченным допуском. Все размеры, которые необходимо получить на детали в результате обработки, пересчитывают и проставляют от новой технологической базы.

При повышении точности статической настройки размерных цепей технологической системы наряду с механическими устройствами в ряде случаев используются оптико-механические, оптические, электрические и электромеханические устройства. В частности, в координатно-расточных станках применение таких устройств позволяет повысить точность статической настройки до 0,002 мм.

В практике механической обработки заготовок особое место занимает наладка операций, или установка режущего инструмента на заданный размер, т. е. придание инструменту такого положения относительно заготовки, при котором в результате обработки можно получить требуемую точность операционного размера. Для этих целей используются эталоны размера или эталонные детали, а также другие приемы, упоминаемые ранее. Широко применяется метод пробных проходов и промеров с использованием универсальных измерительных средств.

Сущность метода пробных проходов и промеров применительно к обработке наружного диаметра заготовки на токарном станке заключается в следующем. Сначала устанавливают и закрепляют заготовку А (рис. 4.19) в рабочей зоне станка. Затем обрабатывают с известной подачей S небольшой участок поверхности заготовки (проход 1), измеряют полученный размер $D_{1 \text{ изм}}$ и сравнивают его с требуемым размером. После этого, руководствуясь результатом измерений и используя лимб станка для отсчета перемещений резцедержателя С, перемещают проходной резец В, увеличивая (или уменьшая) глубину резания, и снова обрабатывают более длинный, чем при первом проходе, участок поверхности (проход 2) с последующим измерением размера $D_{2 \text{ изм}}$. При необходимости делают третий проход (проход 3), также несколько увеличивая длину обра-

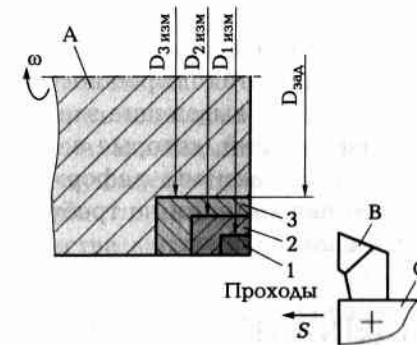


Рис. 4.19. Схема метода пробных проходов и промеров, применяемого при обработке наружного диаметра заготовки

ботки, и получают размер $D_{3 \text{ изм}}$. Проходы прекращают, когда результат измерения будет равен заданному значению размера $D_{\text{зад}}$ с учетом точности измерений и значения снимаемого припуска.

Если установку режущего инструмента на размер осуществляют методом пробных проходов и промеров при обработке каждой последующей заготовки, то говорят, что операция выполняется методом пробных проходов и промеров.

Если после установки режущего инструмента на размер методом пробных проходов и промеров запоминают значения, полученные по шкале вращающегося лимба станка, а при обработке последующих заготовок используют эти показания, то говорят, что обработка производится по лимбу.

Если после установки режущего инструмента на размер методом пробных проходов и промеров применяют закрепленный после обработки первой заготовки упор, ограничивающий перемещение резца, то говорят, что обработка производится по упору.

Следует ожидать, что в ближайшее время в размерные цепи технологической системы будут встроены приборы и устройства, использующие все современные методы измерения для повышения точности статической настройки.

При повышенных требованиях к точности статической настройки существенное значение приобретают деформации деталей системы, вызываемые, например, колебаниями температуры, вследствие которых изменяется вязкость СОЖ в станках, а следовательно, и величина контактных деформаций. Не меньшее значение приобретают деформации и повороты деталей системы, вслед-

ствие изменения моментов сил, вызываемых весом перемещающихся столов станка с обрабатываемой деталью, шпиндельных бабок и т.д. Для компенсации этих погрешностей в станки встраивают измерительные системы, выдающие электрические сигналы при возникновении деформаций, которые через усилитель подаются на исполнительные механизмы, деформирующие надлежащие детали в обратном направлении на требуемую величину для прямолинейности их направляющих.

4.4. СОКРАЩЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ

Общие сведения. С момента начала взаимодействия (врезания) между режущими кромками инструмента и материалом обрабатываемой детали возникают силы резания, внутренние силы сопротивления материала, препятствующие удалению с него снимаемого слоя, и силы трения. Мощность, необходимая для преодоления всех сил сопротивления, подводится от источника энергии (электродвигателя, гидравлического привода и т.д.).

С начала действия сил резания и трения и их моментов режущие кромки инструмента и обрабатываемая деталь начинают перемещаться в пространстве в первый момент за счет зазоров в стыках деталей технологической системы, затем — контактных деформаций стыков и наконец — собственных упругих деформаций деталей технологической системы.

Эти перемещения происходят до тех пор, пока силы сопротивления и их моменты, создаваемые упругими силами материалов деталей, слоев СОЖ, силами трения и силой тяжести деталей, не уравновесят сил резания и их моментов. Равновесие сил и моментов создает в технологической системе величину натяга, необходимую для съема слоя материала с обрабатываемой детали.

Если бы в течение всего времени обработки детали это равновесное состояние технологической системы не было нарушено, то часть погрешности динамической настройки, которая порождается изменением припуска на обработку и твердости материала деталей, оставалась бы постоянной.

Ранее указывалось, что благодаря непрерывному изменению всех факторов, действующих в процессе обработки, равновесное состояние технологической системы нарушается, вследствие чего возникают дополнительные пространственные перемещения режущих кромок инструмента относительно технологических баз

обрабатываемой детали. Результатом является появление погрешности динамической настройки размерных и кинематических цепей технологической системы.

Для того чтобы иметь возможность сокращать погрешность динамической настройки, необходимо рассмотреть влияние основных факторов, действующих в процессе обработки, на образование этой погрешности.

Отклонения качества материала. Отклонения качества материала обрабатываемых деталей существенно влияют на погрешность динамической настройки. Это влияние сказывается через изменение силы резания.

Изменение сил резания в процессе механической обработки заметно зависит от колебания твердости материала или в объеме одной заготовки, или при переходе к обработке другой заготовки. При увеличении твердости обрабатываемого материала силы резания обычно увеличиваются.

Следовательно, одним из основных мероприятий для сокращения колебаний сил резания является сокращение колебаний твердости материала обрабатываемых деталей.

Это может быть достигнуто уменьшением допусков на отклонение твердости материала (т.е. повышением его качества), поставляемого металлургической промышленностью, литейными и кузнечными цехами предприятий, введением дополнительной термической обработки заготовок (отжига) и проведением ряда организационно-технических мероприятий, например введением предварительной сортировки заготовок или пруткового материала на несколько групп по твердости.

При обработке заготовок в пределах каждой такой группы колебания сил резания значительно уменьшаются, в результате чего точность обработанных деталей увеличивается.

Отклонения припусков на обработку. Одним из заметных факторов, влияющих на колебания сил резания в процессе механической обработки, является отклонение действительного припуска каждой заготовки из обрабатываемой партии от расчетного значения. Это обстоятельство оказывает заметное влияние на точность обработки.

При этом, чем больше отклонение фактических припусков, тем шире получается поле рассеяния размера у партии обрабатываемых деталей. Отклонение припуска от расчетной величины в пределах каждой обрабатываемой поверхности детали порождает обычно появление погрешности формы поверхности, а иногда и погрешности ее относительного поворота.

Действительно, в начале обработки каждой новой поверхности детали происходят относительные пространственные перемещения режущих кромок инструмента и обрабатываемой детали на величину, зависящую от отклонения расчетного припуска на обработку данной детали.

В последующие моменты обработки каждой поверхности на эти перемещения непрерывно накладываются дополнительные перемещения, порождаемые отклонениями припуска в пределах уже самой обрабатываемой поверхности детали.

Обычно отклонения расчетного припуска по величине больше при переходе от одной детали к другой, чем в пределах каждой из поверхностей обрабатываемой детали. Поэтому поле рассеяния размеров деталей обычно больше поля рассеяния погрешностей формы поверхностей.

Рассмотренная схема влияния отклонений припуска на обработку на погрешность динамической настройки почти полностью совпадает с приведенной ранее характеристикой влияния величин и колебаний твердости материала. Однако это только приближенная схема явления, в действительности более сложного.

Основным мероприятием для уменьшения колебаний сил резания и тем самым погрешности динамической настройки является сокращение отклонений припусков на обработку от расчетной величины. Последнее обстоятельство требует уменьшения допусков на сортовой материал и все виды заготовок (поковку, штамповку, отливку), а также на механическую и другие виды обработки.

Учитывая необходимость экономии материалов и увеличение производительности труда, особое внимание должно быть обращено на уменьшение припусков на обработку и их колебаний на первых этапах превращения сырья в полуфабрикаты, т.е. на повышение качества различных видов заготовок.

Следующим мероприятием является введение предварительной сортировки заготовок (деталей) на несколько групп, в каждой из которых колебания величины припуска на обработку будут в надлежащее число раз меньше. Это позволяет вносить поправки в настройку кинематических и размерных цепей технологической системы при переходе от обработки деталей одной группы к обработке деталей другой группы и тем самым сократить погрешность динамической настройки.

При обработке деталей в больших количествах процесс внесения поправок в настройку размерных и кинематических цепей технологической системы может быть автоматизирован.

Правильный выбор технологических баз в целях равномерного распределения припуска по обрабатываемым, и в первую очередь по охватываемым, поверхностям (т.е. поверхностям отверстий, пазов и т.п.) также является одним из мероприятий, направленных на сокращение погрешности динамической настройки.

Жесткость технологической системы. Впервые понятие *жесткости* применительно к станкам и их узлам было введено в 1936 г. К.В. Вотиновым, который первым начал исследования в этой области. По его определению, под жесткостью понимается «способность узла сопротивляться появлению упругих отжатий».

Было предложено измерять жесткость узла j отношением «приращения нагрузки к получаемому при этом приращению упругого отжатия»:

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta \alpha},$$

где ΔP — приращение нагрузки, Н; $\Delta \alpha$ — приращение упругого отжатия, мм.

В последующие годы исследованию рассматриваемого вопроса было посвящено большое количество работ, проведенных в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков (ЭНИМС), лабораториях технологии машиностроения Московского станкоинструментального института и особенно Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина под руководством А.П. Соколовского и в ряде других научно-исследовательских институтов и лабораториях предприятий. Эти работы внесли значительный вклад не только в познание явления, но и в вопросы повышения точности и производительности обработки.

Говоря о технологической системе, имеют в виду замкнутую систему обработки, состоящую из следующих взаимосвязанных звеньев: металлообрабатывающий станок, приспособление для заготовки, сама заготовка, приспособление для режущего инструмента и сам режущий инструмент. Любая обрабатываемая на станке заготовка находится во время обработки в этой замкнутой системе (рис. 4.20).

Термин «связь» означает создание определенности положения (установка заготовки) и фиксирование (закрепление) достигнутого положения.

Связь детали 3 и режущего инструмента 4 является конечной. Поскольку эта связь влияет на геометрические параметры детали, она является главной связью. Также эта связь может быть контактной и бесконтактной.

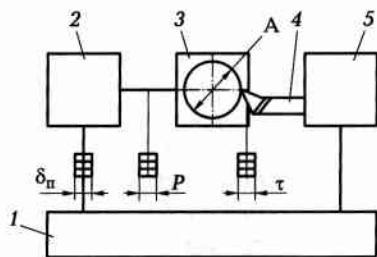


Рис. 4.20. Схема технологической системы металлообрабатывающего станка:

1 — стол станка; 2 — приспособление для заготовки; 3 — обрабатываемая заготовка; 4 — режущий инструмент; 5 — приспособление для режущего инструмента

Все остальные связи являются промежуточными, обеспечиваются посредством контакта поверхностей сопрягаемых звеньев и служат для создания необходимой конечной связи.

При выполнении любой операции с использованием приспособлений для детали и режущего инструмента должна обеспечиваться заданная точность, т.е. должно выполняться условие, при котором суммарная погрешность δ_Σ в операционном размере не должна превышать допуска a_n на этот размер в операционной карте:

$$\delta_\Sigma \leq a_n. \quad (4.6)$$

Это условие называется расчетным неравенством.

На суммарную погрешность обработки влияет множество параметров технологической системы, которые можно подразделить на три главные составляющие:

P — погрешность обработки, связанная с установкой заготовки в приспособлении;

δ_n — погрешность обработки, связанная с установкой приспособления на станке;

τ — погрешность обработки, связанная с методом обработки.

Тогда расчетное неравенство (4.6) примет следующий вид:

$$\delta_\Sigma = P + \delta_n + \tau. \quad (4.7)$$

Проанализировав это неравенство, можно сделать вывод, что при расчете ожидаемой точности обработки лишь часть параметров может назначаться технологом по собственному усмотрению (составляющие P и δ_n), при этом все остальные параметры будут определяться состоянием элементов технологической системы.

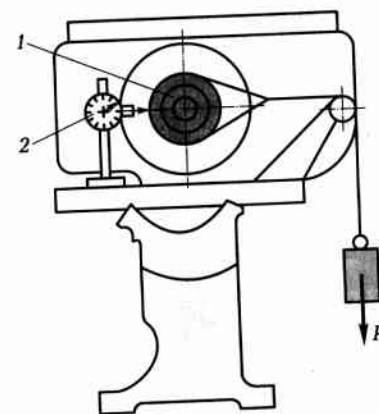


Рис. 4.21. Схема определения перемещения шпинделя коробки скоростей под действием силы P :

1 — шпиндель; 2 — индикатор

Принципиальная схема определения перемещения одной детали узла станка относительно другой под действием прикладываемой силы показана на рис. 4.21. По мере увеличения массы груза, навешиваемого на конец каната, возрастает сила P , прикладываемая к концу шпинделя 1 коробки скоростей. По показаниям индикатора 2, расположенного против точки приложения силы P по направлению ее действия, судят о величине перемещений конца шпинделя относительно станины станка. При каждом увеличении массы груза, т.е. силы P , по показаниям индикатора записывают величину перемещения конца шпинделя. После того как нагрузка достигнет расчетной величины, ее постепенно уменьшают, записывая одновременно показания индикатора.

Все полученные данные наносят в виде точек на график с координатами сила P — перемещение Y . Соединяя точки, получают кривые зависимости перемещений Y от изменения силы P , как это показано на рис. 4.22. Две ветви построенной таким образом кривой получили названия: первая — нагрузочной, вторая — разгрузочной.

Сила резания, порождающая упругие перемещения в технологической системе, действует под различными углами к нормали, проведенной к обработанной поверхности в точке ее контакта с режущими кромками инструмента.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

- под жесткостью сборочных единиц и технологической системы следует понимать их способность оказывать со-

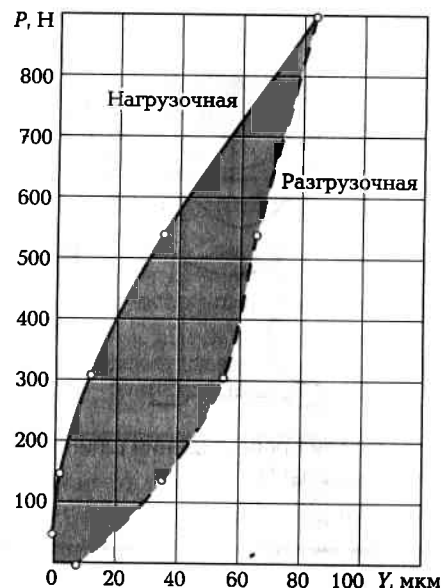


Рис. 4.22. График зависимости перемещения Y шпинделя от изменения нагрузки P

противление перемещению выбранной точки в направлении действия силы, порождающей это перемещение;

- жесткость j , Н/мм, следует измерять отношением приращения эквивалентной силы ΔP , к приращению перемещения ΔY , измеряемого в направлении ее действия:

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta Y};$$

- жесткость технологической системы, измеренная в регламентированных условиях, представляет собой одну из характеристик ее физического состояния;
- жесткость технологической системы является переменной величиной, зависящей от изменения других ее характеристик. К таким характеристикам относятся состояние станка, его конструктивные особенности, материал деталей, вязкость СОЖ и ее количество в стыках, погрешности формы сопряженных поверхностей, величина и направление предварительных натягов, температура и т.п. Например, средняя жесткость шпиндельной

бабки крутлошлифовального станка, определенная у неработающего станка, т.е. при нормальной температуре, после 30-минутного разогрева шпиндельной бабки на холостом ходу увеличилась на 44 %;

- определение жесткости должно производиться при строгой регламентации всех факторов, оказывающих влияние на изменение этой зависимости. В первую очередь должны быть регламентированы координаты точек деталей, относительное перемещение которых следует измерить, координаты точек приложения нагрузок, температура деталей и т.д.

Величина, обратная жесткости, получила название **податливости**. Податливость представляет собой способность сборочной единицы или технологической системы изменять относительное положение выбранных точек двух деталей под влиянием приложенной силы в направлении ее действия.

Увеличение жесткости технологической системы является одним из путей сокращения части погрешности динамической настройки и увеличения производительности обработки. Основными путями увеличения жесткости технологических систем являются:

- сокращение количества стыков и звеньев в размерных и кинематических цепях технологической системы;
- обеспечение большей определенности базирования путем создания предварительного натяга; натяг может создаваться или непрерывно действующими механизмами, например пружинными или гидравлическими задними бабками станков, подвешенными грузами, или различными, периодически действующими зажимными устройствами, при помощи которых рабочий закрепляет узлы станка или их части после перемещения из одного положения в другое;
- повышение контактной жесткости стыков как во время изготовления машин, так и в процессе их эксплуатации путем лучшей регулировки надлежащих устройств (клиньев, прижимных планок), сокращение погрешностей сопрягаемых поверхностей деталей, использование СОЖ надлежащей вязкости и т.д.;
- повышение собственной жесткости деталей технологической системы, в том числе обрабатываемой детали;

- стабилизация температуры технологической системы и действия других факторов или внесение поправок, компенсирующих влияние температурных и других деформаций;
- управление жесткостью технологической системы путем ее изменения в процессе обработки деталей.

Явления вибраций и пути их сокращения. Вибрации, возникающие в станках, подразделяют на два вида: вынужденные вибрации и автоколебания. Причинами, порождающими вынужденные вибрации, обычно являются неуравновешенность быстровращающихся деталей станка, режущего инструмента или самой обрабатываемой детали, погрешности отдельных деталей станка, колебания припуска на обработку, прерывистость обрабатываемых поверхностей детали, наличие зазоров в стыках, колебания других работающих машин.

Автоколебаниями принято называть незатухающие колебания системы, поддерживаемые постоянно действующим источником энергии. Автоколебания возникают в технологической системе при определенных условиях и продолжаются до тех пор, пока эти условия не будут изменены. Предложено довольно много различных гипотез объяснения явления автоколебаний, однако до настоящего времени нет еще достаточно установившегося описания автоколебательного процесса, которое объясняло бы причины возникновения и фактическую сущность явления. Наибольшие трудности связаны с решением проблемы сокращения автоколебаний, так как этот вид вибраций является основным препятствием на пути повышения качества и экономичности обработки деталей.

В реальных условиях вибрации представляют собой дополнительные относительные движения в пространстве обрабатываемой детали, инструмента и всех других деталей технологической системы.

Так как все детали технологической системы связаны друг с другом, изменение каких-либо параметров в отдельных звеньях технологической системы немедленно будет сказываться в той или иной степени на характеристиках колебаний всех других ее звеньев.

В процессе работы резец, будучи выведен по какой-либо причине из состояния равновесия, начинает совершать колебательные движения в двух направлениях таким образом, что результирующее относительное движение между инструментом и деталью, наложенное на равномерное вращательное движение детали, представляет собой замкнутую кривую (часто эллипс). В общем

случае это движение может совершать инструмент или деталь либо оно может представлять собой разность между движениями того или другого. При движении резца в направлении действия силы резания P глубина резания, а следовательно, сечение стружки и сила резания будут больше, чем при движении резца навстречу направлению действия силы резания.

Таким образом, изменение силы резания как бы сообщает дополнительные импульсы при каждом цикле колебания, что приводит к нарастанию интенсивности колебаний до величин, соответствующих состоянию равновесия между получаемой энергией и энергией, расходуемой на преодоление трения (сухое трение, трение в СОЖ, трение о воздух, внутреннее трение в металле), преодоление силы тяжести и сил инерции деталей технологической системы и т. д.

Процессы, связанные с колебаниями обрабатываемой детали, аналогичны процессам, связанным с колебаниями резца.

Причиной, порождающей вибрации, может быть любой фактор, вносящий изменения в условия равновесия, существующего при спокойном резании между силами резания и сопротивления. Такими факторами могут быть изменения режимов резания или твердости материала, случайные толчки и др.

Среди факторов, способствующих созданию условий для возникновения вибраций, значительную роль играет явление авторезонанса.

Сущность **авторезонанса** заключается в совпадении частот собственных колебаний отдельных взаимодействующих колебательных систем. На определенной ступени числа оборотов частота вращательных колебаний привода шпинделя сближается с частотой поперечных колебаний обрабатываемой детали и шпинделя. Этим создаются условия, облегчающие возникновение вибраций.

Частота изменения силы резания совпадает с частотой автоколебаний, которые за предшествующий проход вызвали появление волнистости на обработанной поверхности; в результате совпадения частот возникают дополнительные резонансные вынужденные колебания, усиливающие и расширяющие область автоколебаний.

Необходимо обратить внимание на одну из возможных причин, способствующих возникновению вибраций, заключающуюся в неустойчивом равновесии деталей технологической системы во время обработки.

Действительно, вследствие наличия зазора в стыках ряда деталей (шпиндель — опора, направляющие суппорта — каретки и т. д.)

при некоторых условиях детали или целые сборочные единицы находятся в неустойчивом равновесии вследствие явления неопределенности базирования.

Опыт показывает, например, что вибрации существенно сокращаются при обработке деталей на токарных и многорезцовых станках резцами, повернутыми на 180° по сравнению с обычным положением. В этих случаях благодаря действию силы резания в противоположном обычному направлении обеспечивается большая определенность базирования деталей суппорта (выбираются зазоры в стыках благодаря соединению с помощью «ласточкина хвоста») и шпинделя в его опорах, а также повышается виброустойчивость путем создания условий максимального демпфирования в стыках.

Действуя в одном направлении с моментом силы тяжести обрабатываемой детали, момент силы резания обеспечивает большую определенность базирования шпинделя на его опорах.

Основным мероприятием по борьбе с вибрациями является повышение жесткости технологической системы, т.е. всех составляющих ее звеньев. Увеличение жесткости повышает частоту собственных колебаний, что в свою очередь обычно приводит к уменьшению амплитуды колебаний.

Необходимо еще раз обратить внимание на повышение жесткости системы путем создания конструкций, обеспечивающих большую степень определенности базирования деталей технологической системы, сокращения количества звеньев в размерных и кинематических цепях, правильного создания и использования предварительного натяга и т.д.

Во многих случаях введение дополнительного натяга путем нагружения деталей пружинами, грузами и другими методами способствует сокращению зоны вибрации.

Использование пневматических, гидравлических и пружинных задних центров на токарных, многорезцовых, шлифовальных и других станках позволяет автоматически поддерживать в системе требуемый предварительный натяг, способствующий уменьшению в ряде случаев возможности возникновения вибраций.

Сокращение влияния внешних сил, порождающих вынужденные колебания технологической системы, также является одним из методов борьбы с вибрациями.

Основными мероприятиями для снижения вибраций служат:

- уменьшение возмущающих сил, например сокращение центробежных сил путем лучшей балансировки быстро вращающихся деталей технологической системы;

- выбор для обработки таких режимов резания, при которых частота возмущающих сил далека от частот собственных колебаний звеньев системы, другими словами, рекомендуется обработка в зонах отсутствия резонансных колебаний;
- изменение частоты собственных колебаний звеньев технологической системы;
- изоляция технологической системы от влияния внешних воздействий в виде колебаний других станков, молотов, работающих двигателей и т.п.

В качестве примера на рис. 4.23 показана установка станка на резиновые опоры с предварительным натягом, изолирующие станок от воздействия других колебаний.

Наибольшие трудности с точки зрения появления вибраций представляет обработка недостаточно жестких деталей. Основным средством борьбы с вибрациями в этих условиях является повышение жесткости обрабатываемой детали путем введения дополнительных опор. При вращающихся во время обработки деталей роль таких опор выполняют неподвижные и подвижные люнеты.

Изменение частоты собственных колебаний такого типа деталей путем навешивания на них добавочных грузов также способствует сокращению вибраций.

В ряде случаев вибрации гасят с помощью различного рода виброгасителей. Назначением виброгасителя является снижение интенсивности колебаний путем поглощения энергии колебательного движения. В качестве примера на рис. 4.24 показан виброгаси-

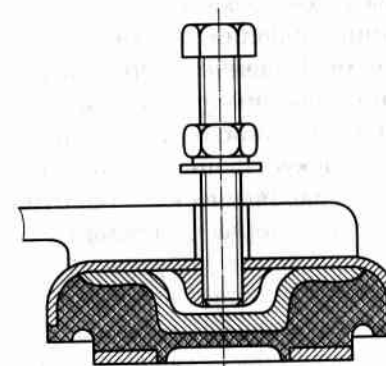


Рис. 4.23. Резиновая прокладка для сокращения вибрации станка

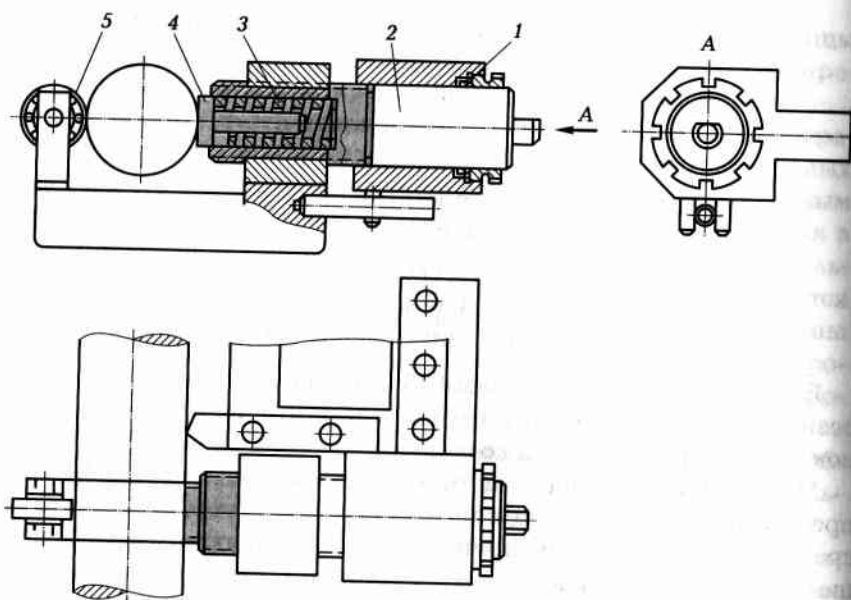


Рис. 4.24. Виброгаситель, работающий с использованием сил трения:
1 — кожаная манжета; 2 — скалка; 3 — пружина; 4 — кулачок; 5 — ролик

тель, в котором вибрации при обработке длинных валов малых диаметров гасят за счет сил трения. Устройство, создающее силы трения, состоит из кожаной манжеты 1, сжимаемой двумя кольцами и гайкой. В отверстие скалки 2 вставлена пружина 3 с кулачком 4 из модифицированного чугуна. Обрабатываемый вал зажимается между роликом 5 и кулачком 4 вращением скалки 2 с помощью рукоятки, надетой на ее хвостовик.

При возникновении вибрации скалка 2 перемещается вместе с обрабатываемым валом. Гашение вибраций производится путем поглощения энергии колебаний трением скалки в манжете. В конструкциях некоторых виброгасителей, действующих благодаря включению в систему искусственных сопротивлений, в качестве последних используют гидравлические сопротивления, возникающие при протекании масла через дроссельные отверстия.

В ряде случаев применяют виброгасители, работающие на принципе динамического гашения колебаний. Сущность их действия заключается в следующем. К детали, колебания которой необходимо погасить, упруго присоединяется небольшая масса, рассчитанная таким образом, чтобы частота ее собственных колеба-

ний равнялась частоте колебаний этой детали. При этом условии масса динамического виброгасителя колеблется в фазе, отличающейся на 180° от фазы колебаний вибрирующей детали. Возникающая сила равна силе, возбуждающей колебания. Так как силы действуют в противоположных направлениях, они уравниваются, а следовательно, гасятся и вибрации.

Размерное изнашивание инструмента. В процессе обработки вследствие действия ряда факторов (сил трения, колебания, сил резания, температуры, свойств СОЖ, материала, инструмента и обрабатываемой детали и т.д.) происходит изнашивание инструмента.

Следствием изнашивания является изменение размера поверхности или расстояния поверхностей обрабатываемых деталей. Поэтому такое изнашивание получило название размерного, в отличие от изнашивания по задней поверхности, которым пользуются при исследованиях в области резания металлов.

Протекание изнашивания во времени характеризуется кривой (рис. 4.25), обычно состоящей из трех участков.

Первый участок ОА характеризуется довольно быстрым возрастанием подъема кривой. Изнашивание на этом участке получило название первоначального, его интенсивность в основном зависит от степени шероховатости поверхности инструмента, соприкасающегося с поверхностью детали, получаемой в процессе обработки. После окончания периода первоначального изнашивания начинается нормальное размерное изнашивание, характеризующееся почти пропорциональным возрастанием времени обработки (участок АВ). Наконец третий участок кривой характеризует интенсивное изнашивание инструмента, нередко приводящее к его разрушению. Обычно в конце периода нормального изнашивания прибегают к смене инструмента.



Рис. 4.25. Кривая, характеризующая протекание размерного изнашивания инструмента во времени

С точки зрения достижения требуемой точности обработки деталей наиболее целесообразным является использование участка кривой нормального размерного изнашивания инструмента, угол наклона которой характеризует интенсивность размерного изнашивания. Для этой цели период изнашивания и особенно величину первоначального износа стараются сократить путем доводки режущих кромок инструмента в процессе его изготовления или переточки. В ряде случаев опытные наладчики осуществляют доводку режущих кромок, например, резцов даже после их установки и закрепления на станке абразивными брусками вручную.

Наибольшее влияние на размерную стойкость инструмента оказывают скорость резания и ее колебания. В ряде случаев существенное, а иногда и решающее значение оказывают вибрации, возникающие в технологической системе, а также колебания силы резания, возникающие вследствие разных причин. Основными причинами этого явления чаще всего являются колебания припусков на обработку и свойств материала деталей.

Размерная стойкость инструмента больше всего зависит от качества материала режущего инструмента, его однородности и стабильности качества изготовления инструмента.

В соответствии с изложенным основными путями сокращения влияния размерного изнашивания инструмента на величину погрешности динамической настройки, а тем самым и на точность обработки являются:

- повышение стабильности качества изготовления инструмента;
- повышение доводки его режущих кромок для сокращения величины первоначального размерного износа;
- стабилизация сил резания;
- сокращение вибраций в технологической системе;
- выбор наиболее экономичных режимов обработки;
- своевременная смена инструмента для его переточки;
- правильный подбор и применение СОЖ;
- своевременная компенсация цепей технологической системы;
- правильная установка и закрепление инструмента с учетом изменения его геометрии при возникновении силы резания и упругих перемещений и ряд других мероприятий.

Следовательно, увеличение размерной стойкости инструмента является мощным фактором увеличения точности обработки и ее производительности, так как каждая смена инструмента связана с потерей производительности из-за перерывов в ходе процесса.

Температурные деформации технологической системы. Изменения температуры технологической системы порождают дополнительные пространственные относительные перемещения ее исполнительных поверхностей и, как следствие, добавочные слагаемые погрешности динамической настройки. Перемещения, порождаемые изменениями температуры, получили название **температурных деформаций**.

Основным источником образования теплоты в технологической системе является механическая работа, затрачиваемая на резание, и работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, возникающих в стыках движущихся деталей станка. К этому добавляется теплота, образующаяся в гидравлических и электрических системах станка и поступающая из окружающей среды, воздуха, расположенных поблизости других станков, нагревательных устройств, фундамента и т.д.

Перечисленные источники теплоты оказывают различное влияние на точность обрабатываемых деталей и ее отдельные характеристики. Значительная часть теплоты, образующейся в зоне резания, уходит в стружку, часть теплоты уходит через режущий инструмент, меняя его температуру, а следовательно, размеры и относительное положение, часть теплоты удаляется в окружающую среду через обрабатываемую деталь, нагревая и деформируя ее.

Теплота, образующаяся от работы трения в станке, изменяет температуру его деталей и тем самым их относительное движение и положение при работе в станке.

Все вместе взятое порождает температурные деформации технологической системы, удельное влияние которых среди других составляющих погрешности обработки бывает различно.

По мере уменьшения допусков на обрабатываемые детали и увеличения режимов обработки влияние температурных деформаций возрастает. Это в первую очередь относится к обработке шлифованием и другим отделочным операциям.

Теплота, образующаяся в зоне резания, не только порождает температурные деформации технологической системы, но и оказывает существенное влияние на стойкость режущего инструмента, а следовательно, на производительность обработки.

Все эти источники теплоты в зависимости от тех или иных условий оказывают естественно разное влияние на величину ко-

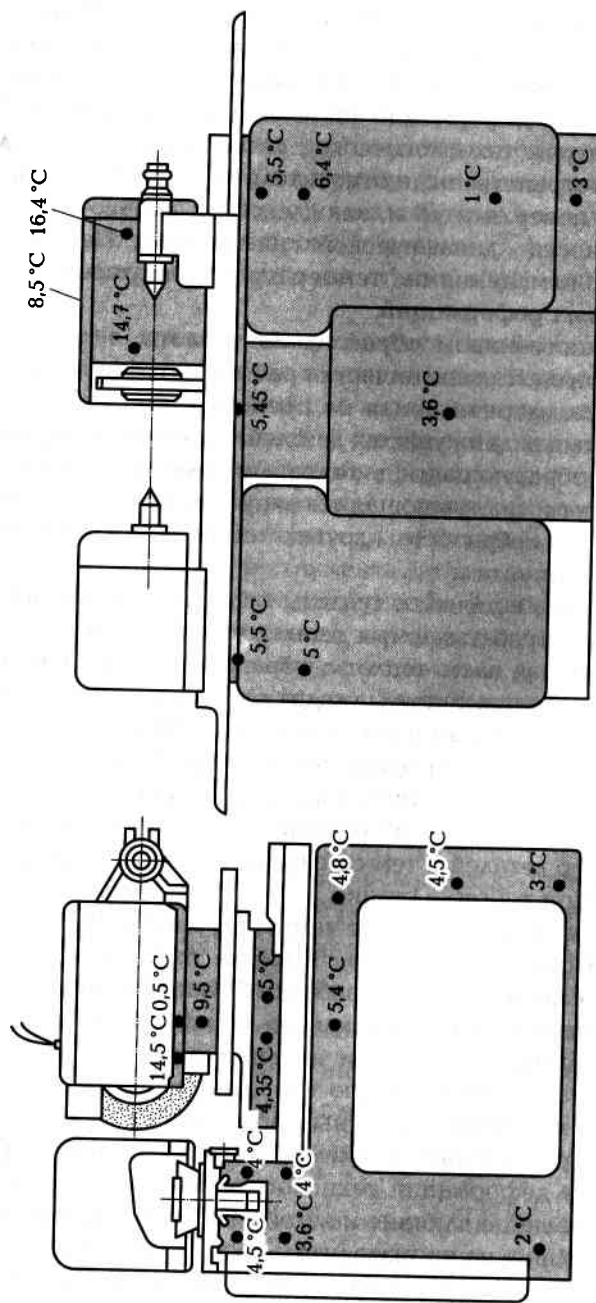


Рис. 4.26. Температурное поле станка

лебания температуры различных звеньев технологической системы и, следовательно, на величину и характер их температурных деформаций. Эти деформации порождаются отклонениями температуры звеньев технологической системы от нормальной, при которой она была изготовлена и проверена на точность. На рис. 4.26 показаны величины отклонений температуры различных точек станка от нормальной. Равномерное изменение температуры какой-либо свободной детали порождает увеличение или уменьшение ее размеров. Неравномерное изменение температуры приводит к искажению формы. Так как большинство деталей связаны друг с другом, неравномерное увеличение или уменьшение температуры каждой из них вызывает не только изменение их размеров и формы, но и их относительных положений, порождающих погрешности обрабатываемых деталей.

На рис. 4.27 показаны кривые, характеризующие изменения температуры, перемещений отдельных элементов, а также изменения радиуса обрабатываемых деталей. Из графиков видно, что в ряде случаев перемещение возрастает быстрее увеличения температуры. Объясняется это тем, что повороты деталей станка, происходящие из-за неравномерного нагрева деталей, увеличивают

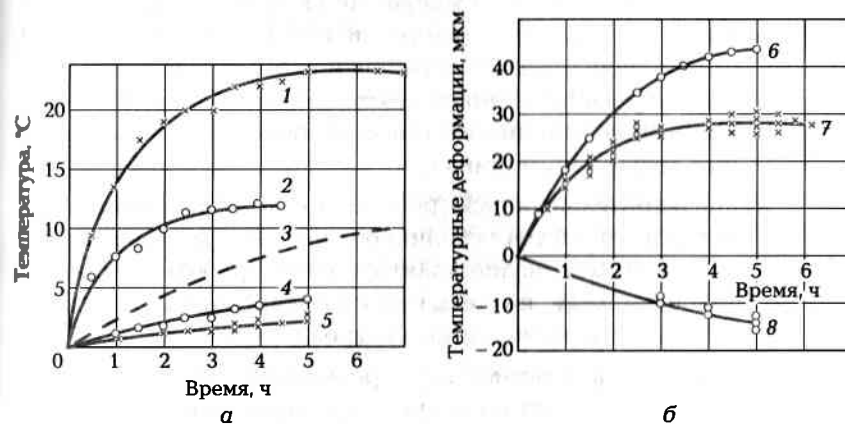


Рис. 4.27. Кривые, характеризующие изменения температуры (а) и температурные деформации (б) элементов станка:

1 — нагрев масла гидравлической системы; 2 — нагрев корпуса шлифовальной бабки; 3 — нагрев станины при максимальном расчетном режиме работы; 4 — нагрев станины при нормальном режиме работы; 5 — нагрев СОЖ; 6 — перемещение шлифовального круга в результате температурных деформаций корпуса бабки и винта врезания; 7 — изменение радиуса обрабатываемой детали; 8 — перемещение детали в результате деформации станины

перемещения связанных с ними других деталей пропорционально расстояниям до точек, в которых измеряется перемещение от оси поворотов.

Температурные деформации станков оказываются во многих случаях соизмеримыми с допусками на обрабатываемые детали. Поэтому приходится принимать меры для стабилизации температурных деформаций, которые позволяют в ряде случаев уменьшать их влияние на точность обрабатываемых деталей путем внесения необходимых поправок в настройку технологической системы на требуемую точность. Основными мероприятиями служат:

- поддержание температуры воздуха в помещениях в требуемых пределах; например, при обработке точных деталей на координатно-расточных станках температура в помещении поддерживается на уровне $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ и даже в еще более узких пределах;
- дополнительное охлаждение или подогрев станин станка или корпусных деталей для уменьшения температурных деформаций. Подвод потока теплого воздуха от шпиндельной бабки вертикального плоскошлифовального станка к задней стенке станины позволяет сравнять ее температуру с температурой передней стенки и тем самым уменьшить температурную деформацию станины, порождающую отклонение оси вращения шпинделя от перпендикулярности рабочей плоскости стола станка. Экранирование станков также помогает в ряде случаев уменьшить влияние тепловых источников и температурные деформации станка;
- предварительный разогрев станков до температуры, при которой создается устойчивое тепловое равновесие. Разогрев может осуществляться путем работы станка на холостом ходу, на несколько форсированных режимах или путем искусственного нагрева;
- исключение длительных перерывов в работе станка, в течение которых он может заметно изменить температуру. Температурные деформации режущих инструментов оказывают в ряде случаев существенное влияние на точность обрабатываемых деталей.

Температурные деформации обрабатываемых заготовок оказывают во многих случаях решающее значение на получение требуемой точности. Количество теплоты, переходящей в обрабатываемую заготовку, зависит главным образом от режимов обработки и

может достигать при работе без охлаждения 50...60 % общего количества теплоты, выделяющейся при резании, особенно на чистовых и отделочных операциях. У большинства обрабатываемых заготовок производится постепенная обработка отдельных участков одной поверхности или одновременно нескольких поверхностей. Благодаря этому источник теплоты, образующийся в зоне резания, непрерывно (например, при точении, сверлении) или с перерывами (при строгании) перемещается по обрабатываемой поверхности заготовки. Это обстоятельство вызывает неравномерный нагрев обрабатываемой заготовки и, как правило, не только изменение ее размеров, но и геометрической формы.

Происходит это от того, что заготовка, нагреваясь в процессе обработки, искажает свою форму из-за невозможности свободного расширения вследствие ее закрепления. Поэтому заготовка обрабатывается в деформированном состоянии. После охлаждения она, естественно, приобретает погрешность вследствие деформации во время охлаждения.

Наибольшие температурные деформации происходят при односторонней обработке длинных заготовок.

Расчеты показывают, что температурные деформации заготовок соизмеримы в ряде случаев с допусками на их обработку. Например, температурная деформация чугуновой станины высотой 600 мм при длине 2000 мм доходит до 0,01 мм на 1 м при разности температур по высоте станины $2,4^\circ\text{C}$. Эта величина соизмерима с допуском на отклонение от прямолинейности станин точных станков.

Основными мероприятиями для уменьшения температурных деформаций являются:

- применение искусственного охлаждения с производительностью (литров в минуту), равной пяти-, десятикратной мощности главного привода станка в киловаттах;
- увеличение скорости резания, благодаря чему большая доля теплоты отводится в стружку;
- шлифование деталей кругами больших диаметров;
- закрепление обрабатываемых заготовок с возможностью компенсации их линейных деформаций, например, с использованием пружинных, гидравлических или пневматических задних центров на шлифовальных, многорезцовых и других станках;
- одностороннее жесткое закрепление длинных заготовок, с тем чтобы второй конец мог перемещаться при удлинении из-за нагрева;

- введение различного рода корректирующих устройств для компенсации температурных деформаций, а также искусственной деформации заготовок при их установке и закреплении в направлении, противоположном температурной деформации, в целях ее компенсации;
- правильная настройка технологической системы с учетом величины температурных деформаций и их расположения в поле допуска.

Как показывает опыт, при массовой обработке колебания температуры заготовок, поступающих на обработку с предшествующей операции, оказывают в ряде случаев существенное влияние на точность обработки заготовок на данной операции. Средством борьбы с этим явлением служит ритмичная работа или лучше установка между станками термостатических устройств для стабилизации температуры заготовок, поступающих на обработку.

Деформация деталей из-за перераспределения внутренних напряжений. Внутренними (остаточными) называются такие напряжения, которые остаются в деталях после снятия нагрузок или воздействия внешних факторов.

Внутренние напряжения образуются во всем объеме металла детали или в наибольшей его части (напряжения первого рода) и в микро- или ультрамикроскопических зонах (напряжения второго и третьего рода). Непосредственной причиной образования внутренних напряжений является неоднородность линейных или объемных изменений в смежных макро-, микро- или ультрамикроскопических объемах металла.

Обычно внутренние напряжения взаимно уравновешиваются и внешне ничем не проявляются до тех пор, пока по тем или иным причинам это равновесие не будет нарушено. Нарушение равновесия приводит к перераспределению внутренних напряжений и, как следствие, к деформации детали.

В технологии машиностроения приходится иметь дело с внутренними напряжениями, вызываемыми в машине процессами, происходящими при ее работе во время регулировки, испытаний и сдачи. Еще чаще приходится сталкиваться с внутренними напряжениями, порождаемыми такими технологическими процессами, как литье,ковка и прессование, сварка, термическая обработка, холодная обработка давлением (прокатка, штамповка, дробеструйная обработка), резание и др.

Например, при охлаждении отливки возникновение внутренних напряжений происходит вследствие сопротивления материа-

ла форм и стержней свободному протеканию усадки отливки (механическое торможение) и главным образом вследствие неравномерности охлаждения отдельных частей отливки при разной толщине стенок или различии в условиях охлаждения (термическое торможение усадки). Так, по некоторым данным, усадка больших цилиндров составляет по высоте 0,8 %, а по диаметру — всего 0,4 %, что объясняется механическим торможением усадки длины со стороны стержней.

Наибольших величин внутренние напряжения достигают в отливках, имеющих сложные конструктивные формы с резкими переходами от местных скоплений металла к тонким ребрам, стенкам и т.д. Примерами таких деталей могут быть станины станков, рамы, различные корпусные детали, кронштейны и т.д.

Неравномерность остывания отдельных частей таких отливок приводит к возникновению внутренних напряжений. Можно сказать, что литые заготовки очень многих деталей поступают на механическую обработку в напряженном состоянии.

Внутренние напряжения отливок под влиянием суточных и сезонных температурных колебаний постепенно перераспределяются, вызывая остаточные деформации заготовок. При этом перераспределение, а следовательно, и деформация отливок вначале протекают интенсивно, а затем постепенно замедляясь («успокаиваясь»). Практикой машиностроения установлено, что детали машин после их обработки продолжают деформироваться при работе в машинах вследствие продолжающегося перераспределения внутренних напряжений.

Таким образом, для сохранения требуемой точности машины и уменьшения себестоимости обработки деталей необходимо уменьшать величину внутренних напряжений в деталях. Основным путем решения этой задачи является правильная разработка конструктивных форм детали, отвечающая требованиям равномерного остывания всех ее частей. К основным технологическим мероприятиям относятся правильное ведение технологического процесса отливки, особенно остывания отливок, и выделение черновой обработки детали в отдельную операцию.

Практика машиностроения и исследования показали, что интенсивность процесса перераспределения внутренних напряжений, а следовательно, и деформаций отливок значительно возрастает при удалении в процессе обработки поверхностных слоев металла. Поэтому после черновой обработки следует освободить деталь от зажимов, крепящих ее к столу станка, или приспособления, чтобы дать ей возможность свободно деформироваться под

влиянием происходящего перераспределения внутренних напряжений. В противном случае при дальнейшей обработке деталь будет находиться в упругонапряженном состоянии и после освобождения от зажимов неизбежно будет деформироваться, чем и объясняется необходимость выделять черновую обработку в отдельную операцию.

Данная мера уменьшает величину последующих деформаций деталей, но обычно не настолько, чтобы их величиной можно было пренебречь. Поэтому после черновой обработки детали обычно подвергают естественному или искусственному старению. Естественное старение сводится к воздействию на деталь температурных колебаний воздуха внутри или вне помещения. Продолжительность естественного старения зависит от величины внутренних напряжений каждого типа и размера детали отдельно. Например, станина обычного токарного станка подвергается естественному старению в течение 5—10 сут. Некоторые детали прецизионных станков, приспособлений и других изделий подвергаются естественному старению в течение нескольких месяцев и даже лет.

Стремление сократить цикл производства и ускорить оборачиваемость средств, затрачиваемых на длительное естественное старение деталей, привело к замене этого процесса искусственным старением. Исследования и опыт показали, что наиболее экономичным способом искусственного старения является термическая обработка деталей, прошедших черновую обработку.

Известны механические способы искусственного старения путем нанесения по деталям большого количества мелких ударов. Для этого мелкие детали помещают во вращающиеся барабаны, где они обкатываются вместе с небольшими кусками чугуна или специальными деталями. Детали больших габаритных размеров встряхивают на специальных устройствах или подвешивают, после чего по местам переходов местных скоплений металла в тонкие ребра и стенки наносят удары пневматическими молотками.

Можно предполагать, что в ближайшем будущем для уменьшения внутренних напряжений будут использоваться высокочастотные колебания и вибраторы новейших типов.

Внутренние напряжения возникают в деталях и в результате их термической обработки. Известно, что при температуре порядка 400 °С для углеродистых и 500 °С для специальных сталей возникает явление ползучести. Ниже этих температур сталь находится в упругом состоянии, выше — в пластическом. В момент остывания, когда температура детали не достигла указанных значений, внутренние напряжения в детали не могут возникнуть, так как металл находится

в пластическом состоянии. При дальнейшем остывании поверхностные слои металла детали, охлаждаясь быстрее внутренних и достигая температуры, меньшей 400 °С или соответственно меньшей 500 °С, переходят в упругое состояние и, стремясь сократить объем, встречают сопротивление внутренних, более нагретых слоев.

В результате в наружных слоях металла возникают внутренние напряжения растяжения, в то время как во внутренних слоях создаются напряжения сжатия.

При дальнейшем остывании детали наступает момент, когда сокращение объема внутренних слоев металла компенсирует растяжение остывших поверхностных слоев, и внутренние напряжения в детали становятся равными нулю. Дальнейшее охлаждение внутренних слоев металла требует дальнейшего уменьшения их объема. Однако этому препятствуют связанные с ними наружные остывшие слои металла; теперь в наружных слоях возникают внутренние напряжения сжатия, в то время как во внутренних появляются напряжения растяжения.

Таким образом, детали, прошедшие термическую обработку, поступают на последующую обработку в напряженном состоянии. Чем сложнее конструктивные формы детали, чем резче переходы от одних объемов металла к другим и чем быстрее и неравномерное остывание детали, тем больше по величине возникающие в ней внутренние напряжения.

Нередки случаи, когда детали, прошедшие термическую обработку, после нескольких часов пролеживания разрушаются имеющимися в них внутренними напряжениями, усилившимися под воздействием каких-либо внешних факторов. Снятие поверхностных слоев металла на последующих операциях приводит к перераспределению внутренних напряжений и остаточным деформациям деталей.

Основными средствами сокращения внутренних напряжений являются придание деталям конструктивных форм, отличающихся плавными переходами от одних объемов металла к другим, правильное ведение процесса термической обработки, особенно обеспечение равномерного остывания деталей, а также введение дополнительной операции — отпуска.

В сварных деталях внутренние напряжения образуются вследствие их неравномерного нагрева и остывания во время сварки. В момент перемещения источника теплоты в виде электрической дуги или газового пламени происходит сильный (до 1600 °С) нагрев основного и наплавляемого металла в зоне наплавки, причем теплота, а следовательно, и температура распределяются неравно-

мерно. Участки металла, окружающие зону высоких температур, обладая более низкой температурой, препятствуют свободному расширению металла в этой зоне и тем самым создают в ней напряжения сжатия, которые, так как металл в зоне наплавки находится в пластическом состоянии, вызывают в нем значительные пластические деформации. После остывания в зоне наплавки вместо напряжений сжатия образуются остаточные напряжения растяжения, так как свободному уменьшению объема охлаждающегося металла этой зоны мешает связанный с ним остальной металл детали. Отличительными особенностями сварных деталей являются остающиеся температурные деформации.

Остаточные деформации, особенно в виде искажения правильных геометрических форм сварной детали, усложняют установку, базирование и закрепление деталей при обработке и нередко приводят к увеличению погрешности установки и введению дополнительных операций, обеспечивающих требуемую точность.

Остаточные деформации сварных деталей нередко достигают величин, соизмеримых с допусками на готовые детали. Для уменьшения остаточных деформаций сварных деталей необходимо осуществлять ряд конструктивных и технологических мероприятий. Например, чтобы избежать искривления оси детали, сварные швы следует располагать с разных сторон относительно ее геометрических осей. Примерами технологических мероприятий могут служить правильная последовательность наложения сварных швов, выбор интенсивности сварочных режимов, применение последующей термической правки деталей путем местных нагревов или наложения специальных фальшивых накладных швов (валиков) и т. д.

Перераспределение внутренних напряжений во времени вызывает появление дополнительных остаточных деформаций как в процессе обработки сварной детали, так и при последующей работе в машине. Для устранения перераспределения внутренних напряжений и сокращения в дальнейшем величин порождаемых ими деформаций сварных деталей прибегают к естественному и искусственному старению, аналогично тому, как это делается с чугунами отливками. Например, детали из низкоуглеродистых сталей нагревают в печах до температуры 600...650 °С.

Внутренние напряжения в поверхностных слоях металла возникают также в результате наклепа заготовок и деталей давлением в холодном состоянии — холодной прокаткой, волочением, развальцовкой, калибровкой отверстий при помощи прошивок, шариков и др.

Снятие поверхностного слоя металла (особенно с одной стороны детали) приводит к перераспределению внутренних напряжений и деформациям детали. Например, прорезка шпоночного паза в длинном валике, изготовленном из холоднотянутого материала, приводит к искривлению его оси.

В процессе обработки металлов резанием поверхностный слой претерпевает существенные пластические деформации и местный высокий кратковременный нагрев. Свойства этого слоя существенно отличаются от свойств остальной массы металла. На процесс образования поверхностного слоя наиболее существенное влияние оказывают процесс деформации металла в зоне образования стружки, его физико-механические свойства, взаимодействующие поверхности контакта режущей кромки и задней поверхности инструмента с обрабатываемой деталью, их размеры и состояние, степень и скорость деформации металла, свойства и количество СОЖ и др.

Влияние рабочего на качество продукции. Ни один технологический процесс не может быть выполнен без участия человека. Участие может выражаться в различных формах. При ручных работах рабочий непосредственно осуществляет технологический процесс. При высокомеханизированном, особенно автоматизированном, технологическом процессе участие рабочего сводится к наблюдению за ходом технологического процесса, когда ему приходится поддерживать непрерывность хода и надлежащий уровень процесса, обеспечивающий выпуск продукции требуемого качества и в необходимых количествах.

Индивидуальные особенности рабочего оказывают наибольшее влияние на качество продукции и производительность при непосредственном выполнении им технологического процесса. Действительно, квалификация рабочего, трудовые навыки и состояние, в котором он находится, оказывают решающее влияние, например, на величину прилагаемых им физических усилий, необходимых при выполнении технологического процесса.

Степень утомления рабочего зависит от времени, прошедшего от начала работы в течение дня и рабочей недели, а также от его душевного состояния. Это приводит к тому, что те или иные характеристики качества в партии изделий получают отклонения от заданных значений.

Повышение квалификации и культурного уровня рабочего является одним из основных средств повышения качества продукции и производительности труда. Опыт показывает, что на устойчивость качества продукции существенное влияние оказывают

механизация труда и особенно автоматизация технологических процессов. Например, механизация закрепления обрабатываемых деталей на станке с помощью пневматического и гидравлического зажимов резко сокращает влияние колебаний силы зажима (обычных при ручном зажиме) на величину деформаций устанавливаемых заготовок и тем самым уменьшает погрешность установки. Действительно, в таких случаях при значительно меньших колебаниях силы зажима деформация закрепляемой заготовки будет больше всего зависеть от колебаний размеров ее частей, которыми она при установке входит между зажимами и базами приспособления.

По мере увеличения степени механизации и автоматизации технологического процесса влияние индивидуальных особенностей рабочего на качество продукции уменьшается, и качество продукции становится выше.

Общеизвестно, что механизация и особенно автоматизация технологических процессов облегчают труд человека и увеличивают его производительность. По мере развития механизации и автоматизации производства рабочий из непосредственного исполнителя технологических процессов превращается в работника, руководящего ходом технологического процесса. На его долю остаются контроль, профилактика и устранение различного рода отклонений, нарушающих нормальный ход технологического процесса.

Выполнение этих функций требует всесторонних знаний и навыков, т.е. требует более квалифицированного труда. Следовательно, создание условий, способствующих непрерывному повышению квалификации всех рабочих, является одним из средств повышения качества продукции и производительности труда.

Совокупное влияние рассмотренных факторов на качество обрабатываемых деталей. Во время обработки деталей в любой технологической системе действуют все или часть рассмотренных факторов, их совместное действие оказывает решающее влияние на точность и другие характеристики качества обрабатываемых деталей.

В зависимости от условий протекания технологического процесса удельное влияние факторов бывает различно. Так, например, при обработке партии деталей со значительным колебанием припуска на обработку и твердости материала удельное значение влияния этих факторов среди других возрастает и приводит к достаточно большим полям рассеяния размеров и геометрических форм обрабатываемых деталей. Естественно, что удельное значе-

ние погрешностей установки и статической настройки размерных цепей при этих условиях относительно невелико.

Наоборот, при обработке деталей с небольшими колебаниями припуска на обработку и твердости материала удельное значение погрешностей установки и статической настройки существенно возрастет в общей погрешности обрабатываемых деталей.

Поскольку основной задачей каждого технологического процесса является достижение требуемого качества обрабатываемых деталей с наименьшими затратами, возникает необходимость разрабатывать такой процесс и управлять им при его выполнении.

Разработать процесс обработки на выбранной системе — это значит установить экономичные допуски на возможные отклонения всех факторов, действующих во время выполнения процесса обработки одной детали или партии деталей, другими словами, разработать теоретическую диаграмму достижения требуемого качества деталей с наименьшими затратами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы воздействия процессов резания на свойства материала заготовок?
2. Как изменяются свойства материала стальных заготовок в процессе термической обработки?
3. Какие меры предпринимают для уменьшения влияния на качество деталей остаточных напряжений в материале?
4. Как возникает погрешность установки заготовки?
5. Что представляет собой и как возникает погрешность статической настройки технологической системы?
6. Каково происхождение погрешности динамической настройки технологической системы?
7. Какие требования к размерам технологических баз должны соблюдаться при их выборе?
8. К чему приводит смена технологических баз?
9. В чем сущность и достоинства принципа единства баз?
10. Какие методы достижения требуемой точности замыкающего звена могут быть использованы при поднастройке технологической системы?
11. Каким образом непостоянства припусков и твердости заготовок преобразуются в рассеяние упругих перемещений в технологической системе?
12. Каковы пути повышения жесткости технологической системы?

13. Каково происхождение вибраций технологической системы?
14. Как размерное изнашивание инструмента влияет на точность изготавливаемых деталей?
15. Как тепловые деформации технологической системы влияют на точность изготавливаемых деталей?
16. Каково влияние рабочего на точность изготавливаемых деталей?

Глава 5

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ МАШИНЫ. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

5.1. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ЕДИНИЦЫ ПРОДУКЦИИ

Каждая выпускаемая машина должна полностью отвечать своему служебному назначению, т.е. обладать требуемым качеством. Без соблюдения этого условия никакое увеличение производительности общественного труда путем сокращения себестоимости машины не имеет смысла. Таким образом, обеспечение качества машины при оптимальной себестоимости является обязательным условием ее выпуска.

Себестоимость выпускаемой машины является одним из важнейших факторов, характеризующих в денежном выражении основные затраты человеческого труда и материалов на ее изготовление. Поэтому изучение основ снижения себестоимости изготовления машины является одним из главных средств изготовления машин на машиностроительном предприятии с наименьшими затратами.

Для решения поставленной задачи необходимо, прежде всего, выявить основные факторы, оказывающие влияние на себестоимость C изготовленной машины:

$$C = M + \left(1 + \frac{a_1 + a_3}{100}\right) Z + O + П + И,$$

где M — расход на материалы на единицу продукции; a_1 — процент начислений на расход по заработной плате на социальные нужды; a_3 — процент накладных расходов, начисляемых на расход по заработной плате; Z — расход на заработную плату; O — расход на амортизацию и содержание оборудования; $П$ — расход на

амортизацию и содержание приспособлений и технологической оснастки; И — расход на амортизацию и содержание инструмента.

Расход на материалы, руб., расходуемые на изготовление единицы продукции:

$$M = \sum_{i=1}^p G_1 q_1 - \sum_{i=1}^p G_2 q_2,$$

где G_1 — масса материала каждой марки, расходуемого на изготовление единицы продукции, кг; q_1 — стоимость 1 кг материала надлежащей марки, руб.; G_2 — масса отходов материалов каждой марки, кг; q_2 — стоимость 1 кг отходов материалов, руб.; p — число марок материалов, расходуемых на изготовление единицы продукции.

Расход на заработную плату, руб., приходящуюся на единицу производимой продукции, рассчитывается по формуле

$$З = \sum_{i=1}^m \left(\frac{sz_1}{f_1} + \frac{sz_2}{f_2} \right) \frac{t}{60},$$

где s — часовая ставка первого разряда, устанавливаемая на определенный период времени коллективным договором, руб.; z_1 — разрядный коэффициент работы, определяемый по квалификационному справочнику; f_1 — число станков или оборудования другого вида или рабочих мест, обслуживаемых одним рабочим, ед.; z_2 — разрядный коэффициент работы, выполняемой наладчиком, обслуживающим данный вид станка или другого оборудования; f_2 — число станков или оборудования другого вида, обслуживаемого одним наладчиком, ед.; t — время, затрачиваемое на операцию, мин (трудоемкость), иногда называемое штучно-калькуляционным временем; m — число операций, необходимых для изготовления единицы продукции.

Время t , затрачиваемое на операцию, складывается из двух частей:

- подготовительно-заключительного времени, затраченного на единицу продукции, проходящей данную операцию;
- штучного времени, т.е. времени, затрачиваемого на выполнение данной операции.

Следовательно, можно записать

$$t = \frac{t_{п-з}}{n} + t_{шт},$$

где $t_{п-з}$ — подготовительно-заключительное время; n — количество изделий в партии; $t_{шт}$ — штучное время.

В **подготовительно-заключительное время** входит время, которое рабочий затрачивает на выполнение следующих действий:

- приемы, производимые рабочим 1 раз на всю партию собираемых сборочных единиц или изготавливаемых заготовок и деталей;
- ознакомление с чертежом и технологическим процессом;
- подготовка рабочего места, оборудования, приспособления и инструмента;
- наладка станка;
- получение и сдача работы;
- снятие и сдача приспособлений и инструмента;
- сдача чертежа;
- приведение в порядок станка после окончания своей работы.

Штучное время включает в себя следующие составляющие:

$$t_{шт} = t_{о.т} + t_{в} + t_{об} + t_{д},$$

где $t_{о.т}$ — основное технологическое время; $t_{в}$ — вспомогательное время; $t_{об}$ — время обслуживания рабочего места; $t_{д}$ — время, необходимое на личные потребности и отдых при утомительных работах.

Основное технологическое время затрачивается на изменение размеров, формы, состояния поверхностного слоя, структуры материала (или других физико-механических свойств) заготовки или детали либо на изменение ее положения в процессе сборки и т.д.

Если перечисленные изменения производятся при помощи оборудования (станка, пресса, печи) без участия человека, основное технологическое время называется **машинным**. Если такие изменения производятся человеком без помощи оборудования, основное технологическое время называется **ручным**. При изменениях, производимых одновременно при помощи машины и с участием рабочего, основное технологическое время называется **машинно-ручным**.

Вспомогательное время затрачивается на приемы, сопутствующие изменению формы, размеров, состояния или изменению положения деталей.

К такого рода приемам относятся:

- установка и закрепление заготовок для обработки;

- открепление и снятие деталей;
- пуск и останов станков и подъемников;
- загрузка и выгрузка деталей из печей и ванн;
- измерение и перемещение деталей на рабочем месте;
- подвод инструмента и его отвод и т. д.

Сумму основного технологического и вспомогательного времени называют **оперативным временем**.

Время обслуживания рабочего места представляет собой время, затрачиваемое работающим на уход за рабочим местом и поддержание его в рабочем состоянии.

Обычно время обслуживания $t_{об}$ подразделяют на время технического обслуживания рабочего места и время организационного обслуживания рабочего места.

Время технического обслуживания затрачивается на поднастройку технологической системы, смену затупившегося режущего инструмента, удаление стружки с рабочих органов.

Время организационного обслуживания затрачивается на смазывание и чистку оборудования, удаление стружки со станка, приведение в порядок рабочего места. В ряде случаев время обслуживания рабочего места нормируется в процентном отношении к оперативному времени.

Время перерывов на отдых включает в себя лишь время, регламентированное условиями работы, например при работах, требующих интенсивного труда или затрат значительной физической силы. При нормальных условиях работы нормируется лишь время на личные потребности, которое обычно принимается равным 2 % оперативного времени.

При определении штучного времени время обслуживания $t_{об}$ и время перерывов на отдых t_A исчисляются обычно в процентах от оперативного времени. Тогда формула для определения штучного времени принимает вид

$$t_{шт} = (t_{о.т} + t_B) \left(1 + \frac{t_{об} + t_A}{100} \right)$$

или, если $t_{об} + t_A$ обозначить через k :

$$t_{шт} = (t_{о.т} + t_B) \left(1 + \frac{k}{100} \right).$$

Нормируемое количество времени t , необходимое для выполнения данной операции в нормальных производственных условиях при наиболее экономичном использовании всех средств производства, получило название **технической нормы времени**.

Величина, обратная технической норме времени, получила название **нормы выработки** (штук в единицу времени):

$$Q = \frac{1}{t}.$$

Норму выработки за определенный промежуток времени, например за смену, можно определить делением продолжительности времени одной смены $T_{см}$ на техническую норму времени:

$$Q_{см} = \frac{T_{см}}{t}.$$

Определение технических норм времени получило название **технического нормирования**.

5.2. НОРМА ВРЕМЕНИ

Основы технического нормирования. Для установления нормы времени необходимо уметь определять все ее слагаемые.

Наиболее просто определяется машинное время. Действительно, для определения машинного времени служит основная исходная формула

$$t_{маш} = \frac{Li}{S} = \frac{Li}{ns},$$

где L — требуемое перемещение инструмента с рабочей подачей относительно обрабатываемого объекта или, наоборот, обрабатываемого объекта относительно инструмента, мм; i — число необходимых для обработки проходов; S — минутная рабочая подача инструмента или обрабатываемой детали, мм/мин; n — число оборотов или двойных ходов обрабатываемой детали или инструмента; s — рабочая подача инструмента или обрабатываемой детали на один оборот шпинделя или двойной ход станка, мм.

Обычно перемещение L представляет собой сумму следующих составляющих:

$$L = l_1 + L_A + l_2,$$

где l_1 — добавочное относительное перемещение инструмента или детали, необходимое для исключения удара одного о другую; L_A — размер длины поверхности, указанный на чертеже обрабатываемого объекта; l_2 — добавочное относительное перемещение инструмента и детали, необходимое в ряде случаев для выхода режущего инструмента, как это, например, показано на рис. 5.1.

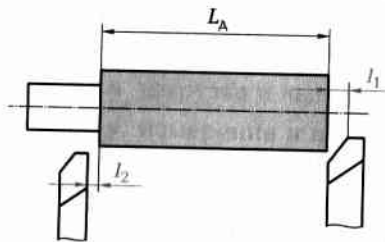


Рис. 5.1. Схема определения длины хода инструмента с рабочей подачей

Удары инструмента о деталь оказываются возможными вследствие колебаний размеров поверхностей обрабатываемых деталей, зазоров в кинематических цепях и упругих деформаций звеньев технологической системы, возникающих в результате действия сил, особенно при быстром подводе инструмента к детали или детали к инструменту.

При токарной обработке частота вращения шпинделя

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi d},$$

где v — скорость резания; d — диаметр обрабатываемой детали.

Тогда формула для определения машинного времени принимает вид

$$t_{\text{маш}} = \frac{\pi d L i}{1000 v s}.$$

При обработке деталей на продольно-строгальном станке

$$n = \frac{1000(v_{p.x} + v_{x.x})}{2(L_A + 2l_1)};$$

$$L = B + l_1 + l_2,$$

где $v_{p.x}$ и $v_{x.x}$ — соответственно скорость рабочего и холостого ходов стола станка, м/мин; B — ширина поверхности, подлежащей обработке, мм.

В этом случае машинное время определяется по формуле

$$t_{\text{маш}} = \frac{2(B + l_1 + l_2)(L_A + 2l_1)}{1000(v_{p.x} + v_{x.x})}.$$

Исходные данные для расчета $t_{\text{маш}}$ берутся из рабочих чертежей деталей технологических процессов их изготовления, нормативов по режимам обработки, технологических характеристик и паспортных данных оборудования и инструмента.

Сложнее обстоит дело с нормированием ручных приемов и их элементов, так как время, необходимое рабочему для их выполне-

ния, пока не поддается расчету. Поэтому для нормирования ручных приемов и их элементов используются различного рода нормативные данные в виде таблиц, графиков и номограмм, в которых приведены нормы времени на выполнение типовых ручных приемов и их элементов, связанных с подготовкой рабочего места к работе, управлением станком, сменой, установкой и закреплением обрабатываемых деталей.

Разработка нормативных данных базируется на сборе, систематизации и математической обработке статистических данных о фактических затратах времени на ручные приемы и их элементы при выполнении существующих технологических процессов в нормальных производственных условиях и при нормальной интенсивности труда.

Путем систематизации полученных таким способом однородных данных из различных технологических процессов обработки деталей на однородных станках разрабатывают нормативные таблицы.

Для изучения элементов отдельных ручных приемов, на которые затрачиваются иногда секунды и даже их доли, используется ускоренная киносъемка с отметкой малых промежутков времени.

Опыт нормирования ручных приемов показывает, что для получения наиболее надежных норм времени наилучшие результаты дает использование исходных нормативных данных, имеющих однозначные цифровые значения по каждому ручному приему или его элементу.

Имея исходные данные, рассчитывают и устанавливают прогрессивную норму времени, необходимую для выполнения операции. Под **прогрессивной нормой времени** понимается такая норма, в которую заложены нормальные условия труда надлежащей интенсивности на исправном оборудовании при использовании всех возможностей технологической системы. Благодаря этому прогрессивная норма времени способствует устранению различного рода неполадок и наилучшему использованию всех возможностей оборудования, технологической оснастки и организации.

Из изложенного следует, что для установления технической прогрессивной нормы времени необходимо иметь:

- тщательно разработанный с использованием передового опыта технологический процесс данной операции с перечнем всех ручных приемов (а в ряде случаев и их элементов), содержащий все исходные данные, необходимые для расчета машинного времени;

Таблица 5.1. Карта расчета нормы времени на черновую обработку

Цех механический

Составил _____

Проверил _____

Утвердил _____

Участок или группа валов

Состав нормы времени в минутах

Подготовительно-заключительное 6,8

Основное технологическое 4,85

На обслуживание рабочего места и перерывы 0,49

Штучное 10,02

Номер перехода

Переходы

Инструмент

Режущий

Наименование и размеры

Марка материала

Измерительный

Расчетные размеры обработки, мм

Диаметр или длина хода

Длина обработки в направлении подачи

Врезание, подхода и перебеги

Расчетная длина

Припуск на сторону, мм

A Установить деталь и снять

1 Обточить грубо поверхность 10 до Ø90_{-0,46}

2 Обточить грубо поверхность 8 до Ø100_{-0,46}

3 Обточить грубо поверхность 6 до Ø108_{-0,46}

4 Подрезать уступ 9

5 Подрезать уступ 7

Резец проходной 20 × 30

Резец подрезной

T5K10

Скоба

Шаблон

100

110

120

100

108

189

140

123

15

14

6

6

7

2

2

195

146

130

17

16

5

5

6

5

4

вала редуктора

Операция IV
 Наименование операции: грубая обработка с одной стороны (поверхностей 5, 6, 7, 8, 9, 10) и получистовая обработка (поверхности 4)
 Приспособление: центры, поводковый патрон, хомутик
 Индекс 10-104-021
 Разряд работы — 4-й
 Станок — токарно-центровой, H = 200; L = 1 000
 Инвентарный № 356
 Паспорт № 204
 Число станков, обслуживаемых рабочим 1
 Число одновременно обрабатываемых деталей 1

Изделие Редуктор
 Наименование детали... Вал редуктора
 № детали 12-205
 № чертежа 4723
 Вид и размер заготовки Штамповка
 Марка и механические свойства материала 18ХНВА, $\sigma_b = 800 \dots 900$ МПа, 232 ... 251 НВ
 Число деталей на одно изделие 1
 Масса черновой заготовки 49 кг
 Размер партии 25 шт.

Число проходов	Глубина резания, мм	Режим обработки				Основное технологическое время T_0 , мин	Вспомогательное время, мин				
		Подача на оборот или двойной ход, мм	Скорость резания, м/мин	Число оборотов или двойных ходов в минуту	Подача, мм/мин		Смена инструмента	Изменение режима		На прохода	Всего
								Подача	Обороты		
1	5	1,1	56,3	179	197	0,99	0,10	0,07	0,11	0,31	0,59
1	5	1,1	61,7	179	197	0,74	—	—	—	0,31	0,31
1	6	0,98	55,5	147	144	0,90	—	0,07	0,11	0,31	0,49
1	5	0,3 руч- ная	56,3	179	53,7	0,32	0,10	—	0,11	0,29	0,50
1	4	0,3 руч- ная	60,6	179	53,7	0,30	—	—	—	0,29	0,29

Номер перехода	Переходы	Инструмент			Расчетные размеры обработки, мм				Припуск на сторону, мм
		Режущий		Измерительный	Диаметр или длина хода	Длина обработки в направлении подачи	Врезание, подход и перебеги	Расчетная длина	
		Наименование и размеры	Марка материала						
6	Подрезать уступ 5	Резец подрезной	T5K10	Шаблон	122	14	2	16	7
7	Обточить получисто поверхность 4 до Ø120 _{-0,1}	Резец проходной чистовой 20 × 30	T5K6	Скоба	122	90	9	99	1

- нормативы по выбору режимов обработки, технологические характеристики и паспортные данные по оборудованию, технологической оснастке и инструменту;
- исходные нормативные данные по ручным приемам и их элементам.

Наличие перечисленных данных позволяет отдельно нормировать время, потребное на ручные приемы, и подсчитать машинное время. После этого простым суммированием продолжительности не совмещенных во времени ручных приемов и машинного времени подсчитывают оперативное и подготовительно-заключительное время. Имея эти данные, определяют техническую прогрессивную норму времени.

В качестве примера даны чертеж и карта расчета нормы времени на черновую обработку вала редуктора (табл. 5.1). Изложенный метод нормирования, получивший название аналитического расчетного, отличается от других детальной разработкой технологического процесса с учетом передового опыта и использованием новейшей техники. Этот метод рекомендуется в качестве основного для расчета прогрессивных технически обоснованных норм времени.

Установление таких норм времени диктуется, во-первых, требованием непрерывного повышения производительности труда и

Окончание табл. 5.1

Число проходов	Глубина резания, мм	Режим обработки				Основное технологическое время T_o , мин	Вспомогательное время, мин				
		Подача на оборот или двойной ход, мм	Скорость резания, м/мин	Число оборотов или двойных ходов в минуту	Подача, мм/мин		Смена инструмента	Изменение режима		На прохода	Всего
								Подача	Обороты		
1	7	0,2 руч- ная	56,4	147	29,4	0,55	—	—	0,11	0,29	0,40
1	1	0,25	144	375	93,75	$\frac{1,05}{4,85}$	0,1	0,07	0,77	0,42	$\frac{0,70}{4,68}$

наиболее экономичного использования всех средств производства и, во-вторых, необходимостью обеспечить надежные исходные данные для планирования производства, так как нормы времени, устанавливаемые на отдельные технологические операции, являются основой планирования.

Неправильные нормы времени приводят к значительным погрешностям в планировании и способствуют нарушению ритмичного хода производства.

В зависимости от изменения факторов, действующих при выполнении технологического процесса, время, фактически затрачиваемое на выполнение операции технологического процесса, может отличаться от расчетной нормы.

Нормирование должно производиться высококвалифицированными работниками, хорошо знающими оборудование, инструмент и другую оснастку современного производства, так как в противном случае нормы могут оказаться недостаточно обоснованными и ошибочными.

Используя аналитический расчетный метод, нормируют операции. Полученные нормы времени в виде точек наносят на графики: по оси ординат откладывают время, затрачиваемое на выполнение операции, по оси абсцисс — один из параметров обрабатываемой детали, характеризующий затраты времени на данную операцию. Полученные точки соединяют плавной кривой, как это

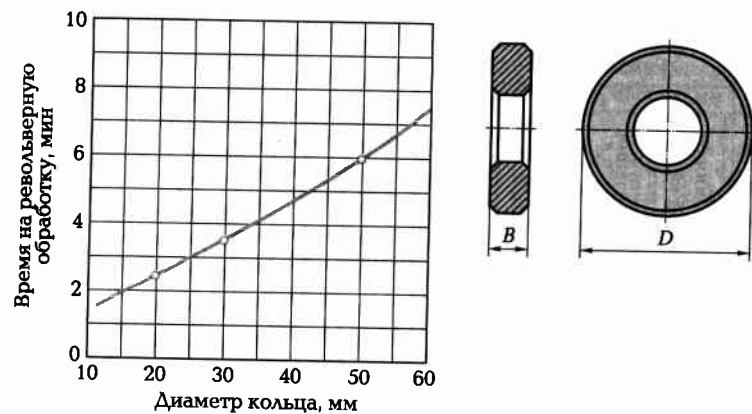


Рис. 5.2. График зависимости времени revolverной обработки колец от их диаметра:

D, B — диаметр и ширина кольца соответственно

схематически показано на рис. 5.2. В ряде случаев путем математической обработки находят эмпирическую формулу и составляют таблицу однозначных норм времени на аналогичные операции обработки подобных деталей, но других размеров.

В качестве примера приведены нормы времени на revolverную обработку колец, построенные по кривой, представленной на рис. 5.2:

Диаметр кольца, мм	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Норма времени, мин.....	1,9	2,3	3,0	3,6	4,0	4,6	5,1	6,0	6,8	7,5

Если норма времени на ту или иную операцию зависит от нескольких параметров, вместо одной строят семейство кривых, как это показано на рис. 5.3, для валов разных диаметров и длин.

По мере улучшения технологического процесса в нормы времени вносятся поправки. Для этого бывает достаточно пронормировать операцию для одной детали и, определив по полученной (на графике) точке разницу в нормах времени (старой и новой), сдвинуть шкалу норм времени на надлежащую величину, после чего внести необходимые поправки в табличные данные.

Описанный метод нормирования по укрупненным нормативам получил название **нормирования методом сопоставления (сравнения)**.

В ряде случаев аналитический расчетный метод нормирования заменяется статистическим и опытным методами. При статистическом методе нормы времени устанавливают на основании обра-

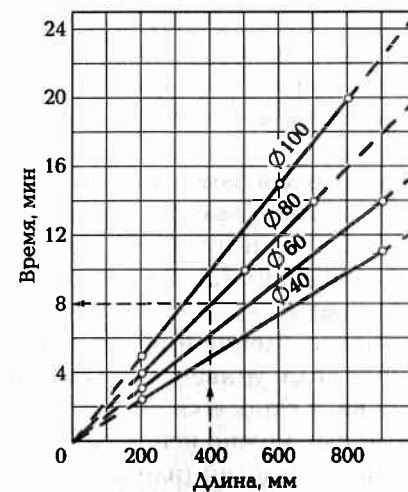


Рис. 5.3. График для определения норм времени на шлифование незакаленных гладких валов из стали с $\sigma_s = 530 \dots 600$ МПа

ботки статистических данных о времени, фактически затраченном на выполнение аналогичных операций обработки подобных деталей на станках одинакового типоразмера. Норму времени устанавливают сразу на всю операцию. В основе опытного метода нормирования заложен производственно-технический опыт работника, устанавливающего нормы времени на отдельные операции. Эти методы получили название суммарного нормирования, так как нормы времени устанавливают сразу на всю операцию без анализа технологического процесса, выявления возможностей технологической системы и учета передового опыта.

Определение расходов на содержание и амортизацию средств труда. Для осуществления технологических процессов следует содержать средства труда в таком состоянии, чтобы они в любой момент времени могли правильно выполнять свое служебное назначение. Для этого необходимо, чтобы все средства труда находились в теплом и светлом помещении, снабжались для приведения в действие потребной электроэнергией, сжатым воздухом, топливом, СОЖ, охлаждением и своевременно ремонтировались. На все это расходуются средства, называемые расходами на содержание средств труда. Эти расходы обычно подразделяют на расходы по содержанию оборудования, приспособлений и инструмента.

Средства труда постепенно изнашиваются. Различают два вида изнашивания: физическое, в результате которого средства труда

лишаются возможности выполнять свое служебное назначение, и моральное, в результате которого использование имеющихся средств труда, даже находящихся в хорошем состоянии, становится неэкономичным вследствие появления новых, более современных и экономичных.

Средства, необходимые для замены износившегося оборудования, приспособлений и инструмента новыми, накапливают за определенный период времени путем так называемых амортизационных отчислений, входящих как одно из слагаемых в себестоимость единицы продукции.

Оборудование, приспособления и инструмент принято подразделять на два основных вида: универсальные и специальные.

К универсальному виду относятся оборудование, приспособление и инструмент, которые можно использовать для изготовления или обработки различных изделий (или деталей), к специальному виду — оборудование, приспособление и инструмент, при помощи которых можно изготавливать или обрабатывать одно или одновременно несколько изделий (или деталей), для которых они предназначены.

При снятии с производства такого изделия (или детали) специальное оборудование, приспособление и инструмент совсем не могут быть использованы или требуют значительных дополнительных затрат на их переделку в целях использования при обработке нового изделия (или детали).

Расчет суммы амортизационных отчислений, входящих в себестоимость единицы продукции, производится различно для универсальных и специальных средств труда.

Для универсальных средств труда расчет производится следующим образом. Вначале рассчитывают сумму амортизационных отчислений, приходящихся на 1 мин работы оборудования, приспособления и инструмента. Затем, взяв из карт технологического процесса каждой операции время обработки или изготовления данной детали (или изделия), простым умножением на каждую из этих величин надлежащих амортизационных отчислений, приходящихся на 1 мин, получают суммы амортизационных отчислений, входящих в себестоимость каждой операции. Суммированием амортизационных отчислений по всем операциям определяют общую сумму амортизации, приходящуюся на единицу продукции.

Для специальных средств труда сумму амортизационных отчислений, входящих в себестоимость единицы продукции, рассчитывают путем деления первоначального расхода на необходимое оборудование, приспособление и инструмент на общее количе-

ство изделий, подлежащих изготовлению по неизменяемому чертежу.

Расход на содержание и амортизацию оборудования O складывается из расхода на электроэнергию, необходимую для работы оборудования O_1 , расхода на амортизацию оборудования O_2 , расхода на ремонт оборудования O_3 и расхода на амортизацию части здания, относящейся к данному оборудованию, O_4 . Таким образом,

$$O = O_1 + O_2 + O_3 + O_4.$$

Приведем формулы для подсчета каждого из этих слагаемых.

Расход на электроэнергию

$$O_1 = \sum \frac{M k_m q}{\eta_m \eta_c \cdot 60} t,$$

где M — мощность электродвигателей, кВт; k_m — коэффициент машинного времени работы электродвигателей, представляющий собой отношение машинного времени к общему времени обработки; q — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии; η_m — КПД двигателей; η_c — КПД сети (примерно 0,096); t — время, затрачиваемое на операцию, мин; m — число операций.

Расход на амортизацию универсального оборудования

$$O_2 = \sum \frac{S a_1 n}{F k_1 \cdot 100 \cdot 60} t;$$

расход на амортизацию специального оборудования

$$O_2' = \sum \frac{S n}{l},$$

где S — стоимость единицы оборудования, руб.; a_1 — процент амортизационных отчислений; n — число единиц одинакового оборудования, необходимого для выполнения данной операции; F — годовой фонд времени работы оборудования, ч; k_1 — коэффициент использования оборудования, представляющий собой отношение времени работы оборудования к общему времени обработки; l — общее число объектов производства, подлежащих обработке по неизменяемому чертежу.

Расход на ремонт оборудования

$$O_3 = \sum \frac{a_2 O_2}{100},$$

где a_2 — средняя норма расхода на ремонт в процентах от расхода на амортизацию оборудования.

Расход на амортизацию части здания, относящейся к данному оборудованию:

$$O_4 = \sum \frac{QHba_3n}{F \cdot 100 \cdot 60} t,$$

где Q — площадь здания, занимаемая оборудованием и обеспечивающая возможность обработки на нем изделий, m^2 ; H — высота здания, m ; b — стоимость $1 m^3$ здания, руб.; a_3 — процент амортизации здания.

Расход на содержание и амортизацию приспособлений (или другой технологической оснастки) на единицу продукции:

универсальных

$$\Pi = \sum \frac{\Delta(a_4 + a_5)n}{Fk_1 \cdot 100 \cdot 60} t;$$

специальных

$$\Pi = \sum \left(1 + \frac{a_6}{100}\right) \frac{\Delta n}{l},$$

где Δ — стоимость единицы приспособления, руб.; a_4 — процент амортизационных отчислений; a_5 и a_6 — расходы на содержание (эксплуатацию) приспособления, выраженные в процентах от его стоимости.

Расход на содержание и амортизацию инструмента на единицу продукции:

универсального

$$И = \sum \sum \frac{(J + it_n r_n) \alpha k_n}{(1+i)R \cdot 60} t;$$

специального

$$И = \sum \sum \frac{(J + it_n r_n) k_c}{l},$$

где J — стоимость инструмента, руб.; i — число переточек, допускаемых инструментом; t_n — время, затрачиваемое на одну переточку, ч; r_n — стоимость 1 ч переточки инструмента, руб.; α — число одинаковых одновременно работающих инструментов; k_n — коэффициент использования инструмента по времени, представляющий собой отношение времени работы данного инструмента к общему времени обработки t ; R — стойкость инструмента, т.е. продолжительность его работы между двумя переточками в час; k_c — число одинаковых инструментов, необходимых для выпуска l объектов, изготавливаемых по неизменяемому чертежу; s — число различных типов инструмента, одновременно работающего на каждой из операций.

Таким образом, имея в своем распоряжении все необходимые данные, можно определить себестоимость единицы продукции.

Ранее указывалось, что основным показателем экономичности изготовления единицы продукции является себестоимость единицы продукции. В ряде случаев, когда, например, изменение конструкции и технологии изготовления нескольких деталей какой-либо сборочной единицы изделия не сказывается на конструкции (и технологии изготовления) других сборочных единиц, надобность в калькуляции себестоимости всего изделия (в целях сравнения вариантов) отпадает. В таких случаях можно и целесообразно определять себестоимость рассматриваемых вариантов конструкции только надлежащей сборочной единицы. Аналогично поступают и в тех случаях, когда, например, изменение конструкции или технологии изготовления какой-либо детали не сказывается существенно на изменении количества материала, расходуемого на ее изготовление. В таких случаях обычно оказывается достаточным сопоставить себестоимость вариантов обработки, не включая расходы на материал.

5.3. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ РАСХОДОВ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАШИНЫ

Как следует из формулы

$$M = \sum_{i=1}^p G_1 q_1 - \sum_{i=1}^p G_2 q_2,$$

основными путями сокращения расходов на изготовление машины являются:

- сокращение массы материалов, расходуемых на изготовление одной машины, т.е. величины $\sum G_1$;
- использование по возможности наиболее дешевых материалов, т.е. материалов с наименьшей стоимостью единицы массы q_1 ;
- получение отходов материалов в наиболее ценном виде в целях их последующего использования для изготовления других деталей, т.е. увеличение q_2 .

Сокращение массы материалов, затрачиваемых на изготовление одной машины, зависит в первую очередь от того, насколько рационально разработана конструкция машины. Неполное знание свойств материалов, недостаточно стабильное качество материалов и приближенные методы расчета приводят в конечном счете к значительным величинам запасов прочности, т.е. к излишнему расходу материалов.

Повышение однородности свойств материалов является одним из средств сокращения их расхода. Например, использование однородных исходных материалов при составлении шихты, рациональное ведение технологии плавки, литья и остывания отливок повышает однородность свойств металла литых заготовок, приводит к уменьшению колебаний массы отливки, сокращению брака и повышению производительности операций последующей обработки.

Сокращение различного рода отходов и потерь материалов является одним из основных технологических и организационных мероприятий, способствующих сокращению расходов на материалы. Значительное количество отходов и потерь имеет место на машиностроительных предприятиях при получении заготовок деталей. К такого рода отходам и потерям относятся угар металлов при плавке, сплески, скрап, остатки в плавильных агрегатах, окалина при нагреве, отходы в виде заусенцев, обрезки, облой, брак заготовок и др.

При механической обработке часть материалов уходит в стружку, обрезки при раскрое деталей из листового материала, обрезки, получающиеся из-за неkratности длины детали длине куска исходного материала (прутковые заготовки) и в виде кусков, необходимых для закрепления деталей при обработке, на изготовление пробных деталей при настройке технологической системы на требуемую прочность и др.

Сокращение потерь и отходов экономит не только материалы, позволяя увеличить выпуск изделий, но и непроизводительные затраты обоих видов труда как на данной, так и на всех предшествующих стадиях производства.

Для суждения о рациональности использования материалов обычно служит коэффициент использования материала η_m , представляющий собой отношение массы материала готового изделия g_2 к массе материала g_1 , затраченного на его изготовление:

$$\eta_m = \frac{g_2}{g_1}.$$

Потери материалов сокращаются с уменьшением количества стадий, которые проходит продукт природы до его превращения в готовое годное изделие. Идеальным было бы непосредственное превращение продукта природы в годное изделие. В машиностроении эта тенденция сводится к непосредственному получению годного изделия из полуфабриката или к сокращению до минимума количества операций, которые должен пройти полуфабрикат



Рис. 5.4. Сравнительное количество отходов металла при изготовлении болта на токарном автомате (а) и методами холодной высадки с последующей накаткой резьбы (б)

до его превращения в готовое изделие. Например, непосредственное получение готовых болтов М10 из круглого прутка на современных холодно-высадочных автоматах позволяет сократить отход металла, как это видно из рис. 5.4, в 2,4 раза по сравнению с изготовлением тех же болтов из шестигранного прутка на токарном автомате.

Если получить готовое изделие непосредственно из полуфабриката не удастся, наибольший эффект дает повышение качества заготовки путем максимального приближения ее по форме и размерам к готовому изделию. При этом не только экономится материал, но и сокращаются затраты, связанные с необходимостью съема с заготовки излишнего материала для ее превращения в готовое изделие.

Примером может служить сопоставление масс заготовок коленчатого вала, из которых одна, полученная свободной ковкой, составляет 162,7 кг (рис. 5.5, а), а другая, близкая по размерам к готовому коленчатому валу (рис. 5.5, б), полученная штамповкой в закрытых штампах, составляет 87 кг, что дает сокращение расхода металла почти в 2 раза.

Трудоемкость механической обработки при одинаковом масштабе выпуска и на том же оборудовании в первом случае составляет 40,6 нормо-ч, а во втором — всего 19 нормо-ч, т. е. сокращается на 59 %.

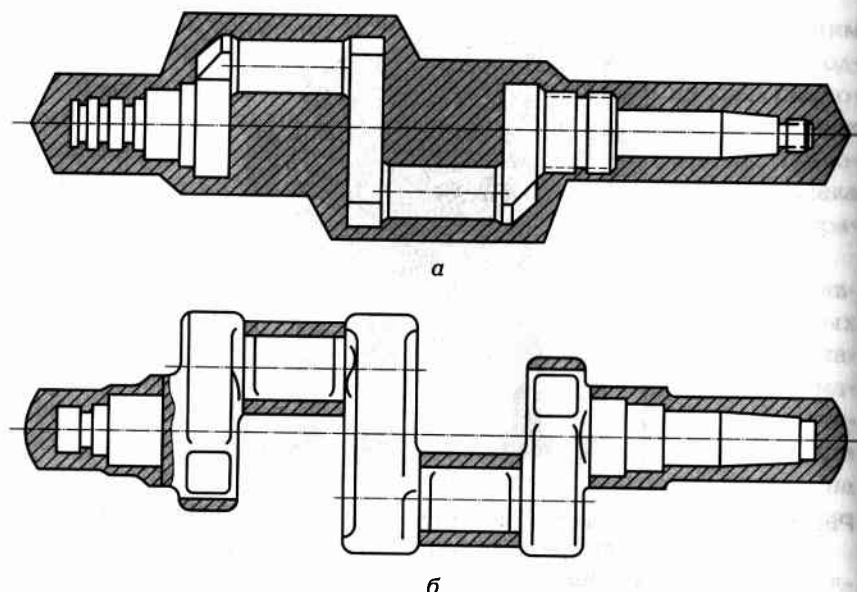


Рис. 5.5. Заготовки коленчатого вала:

а — полученная свободной ковкой; б — полученная штамповкой в закрытом штампе.

Переход от литья в землю к литью в кокиль для стола горизонтально-фрезерного станка дает снижение массы отливки с 107 до 85 кг, или на 20,6 % при одновременном снижении трудоемкости механической обработки с 23,14 до 16,4 ч, или на 29 %.

Значительную экономию металла во многих случаях дает использование сварных, штампованных и литейно-сварных заготовок. Примером может служить перевод конструкции передней тормозной камеры колеса автомобиля с литой (рис. 5.6, а) на штампованную (рис. 5.6, б). Литая камера имеет массу 1,8 кг, масса штампованной заготовки снижается до 0,44 кг, или на 75,6 %. При этом трудоемкость изготовления камеры снижается с 9,6 до 2,71 мин, или на 71,8 %, а себестоимость изготовления — на 64 %.

Значительную экономию листового материала дает рациональный раскрой листов, в особенности сопровождаемый изменением конструктивных форм деталей, способствующий сокращению отходов.

Из рассмотренных примеров видно большое влияние повышения качества заготовки на экономию материалов и, следовательно, затрат на материалы в структуре себестоимости машины.

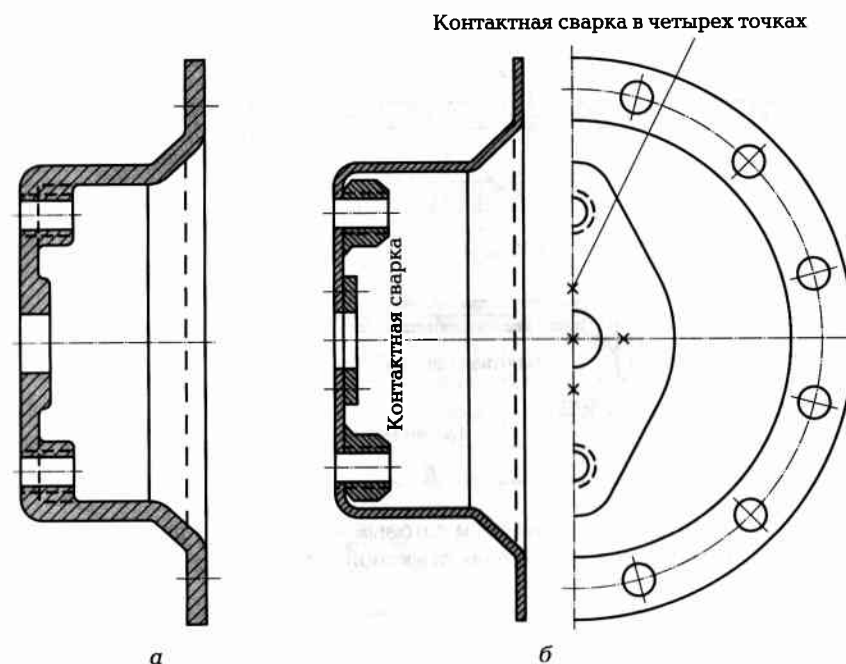


Рис. 5.6. Литая (а) и штампованная (б) конструкции передней тормозной камеры колеса автомобиля

Использование наиболее дешевых материалов. Углубленное выявление служебного назначения каждой детали в машине и четкие формулировки всех условий, в которых должна работать та или иная деталь, дают возможность использовать для ее изготовления наиболее дешевые материалы без снижения качества машины.

Уровень развития современной технологии позволяет делать отдельные части той или иной детали, работающие в различных условиях, из разных материалов. Например, втулку, служащую опорой для вала, выполняют из разных материалов: внутреннюю часть втулки — из более дорогостоящего цветного сплава, а основную часть — из обычной стали (биметаллическая втулка).

Головка выхлопного клапана двигателей внутреннего сгорания работает в потоке горящих газов с высокой температурой, в то время как стержень клапана — в нормальных условиях. Стыковая сварка позволяет делать стержень клапана из обычной хромистой стали, а головку клапана из жаростойкой силхромовой стали 4X10C2M (рис. 5.7).

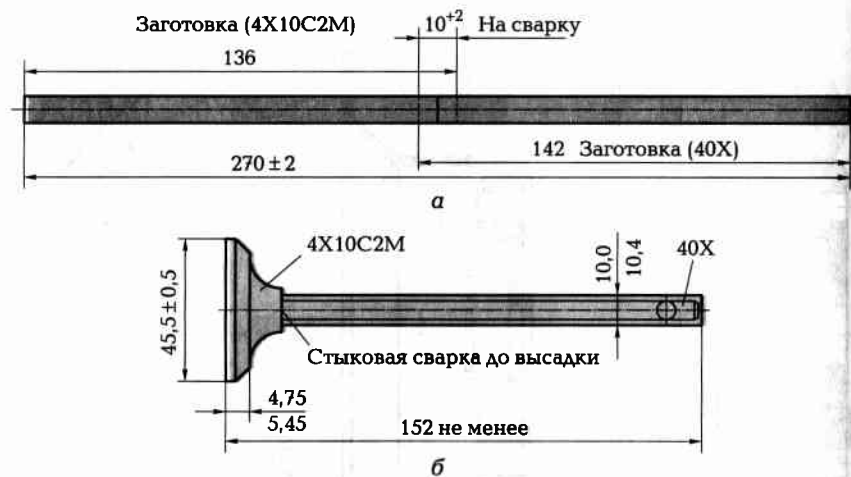


Рис. 5.7. Заготовка клапана (а) и готовый клапан (б) из двух различных материалов, сваренных стыковой сваркой

Во многих случаях экономия металла получается при переводе некоторых деталей на изготовление из различного рода заменителей — древопластиков, пластмасс и др.

Получение отходов наибольшей стоимости. Отходы, получаемые при обработке различных материалов, могут иметь разную стоимость, зависящую от возможности их дальнейшего использования. Действительно, если при обработке отходы, например, металла превращаются в стружку, обрезки, заусенцы, стоимость 1 кг отходов получается значительно ниже первоначальной стоимости материала. Если отходы могут быть использованы для получения полноценных заготовок для изготовления других деталей, их стоимость обычно или не отличается от первоначальной стоимости материала, или близка к ней.

Примером может служить получение отхода в виде стержня металла при кольцевом сверлении детали большой длины специальной кольцевой головкой, как это показано на рис. 5.8.

На ряде предприятий отходы нередко используют для изготовления других деталей машины или других машин либо изделий широкого потребления.

Сокращение расхода на заработную плату, приходящихся на единицу продукции. Сокращение расхода на заработную плату, приходящегося на единицу продукции, вычисляют по формуле

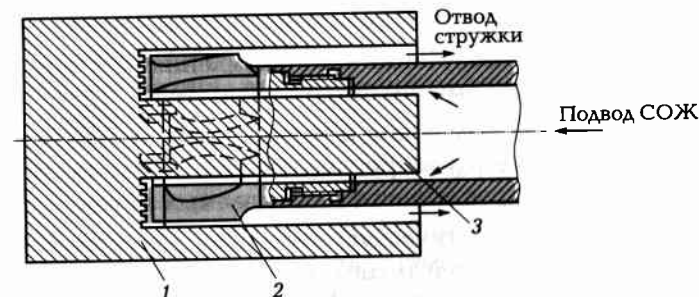


Рис. 5.8. Схемы высверливания центральной части заготовки в виде стержня вместо превращения ее в стружку:

1 — обрабатываемая деталь; 2 — сверлильная головка; 3 — высверливаемый стержень (отход)

$$Z = \sum \left(\frac{sz_1}{f_1} + \frac{sz_2}{f_2} \right) \frac{t}{60}.$$

Как видно из этой формулы, сокращение заработной платы может быть осуществлено путем:

- 1) сокращения времени t , затрачиваемого на выполнение операции;
- 2) увеличения числа единиц оборудования, обслуживаемых рабочим f_1 и наладчиком f_2 ;
- 3) снижения квалификации z_1 и z_2 работы путем ее упрощения;
- 4) уменьшения числа операций, необходимых, при всех прочих равных условиях, для изготовления изделия.

Уменьшение факторов 1, 2 и 4 осуществляется путем сокращения времени, затрачиваемого на выполнение операций, т.е. их трудоемкости, или, другими словами, за счет увеличения производительности труда рабочего и наладчика (живого труда).

5.4. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ

Сокращение подготовительно-заключительного времени. Анализ формулы затрат времени на выполнение операции технологического процесса показывает пути повышения производительности труда рабочего: сокращение подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$, увеличение количества изделий n в партии и сокращение штучного времени $t_{шт}$.

Подготовительно-заключительное время складывается:

- из времени получения и ознакомления рабочего с задачей, которую ему необходимо выполнить (t_q);
- времени на получение и установку на станке режущего инструмента ($t_{и}$) и приспособлений, служащих для установки и закрепления обрабатываемых объектов (t_o);
- времени на статическую настройку размерных и кинематических цепей технологической системы (t_c):

$$t_{п-з} = t_q + t_{и} + t_o + t_c.$$

Четко и исчерпывающе ясно написанный технологический процесс и разработанный чертеж позволяют быстро понять задачу и тем самым сократить время t_q .

При современной организации производства считается необходимым всю технологическую оснастку и обрабатываемые объекты доставлять к рабочему месту. Сокращение времени $t_{и}$, затрачиваемого на установку режущего инструмента, осуществляется с помощью быстросменных приспособлений, например, для смены сверл, разверток, блоков с заранее установленными режущими инструментами, если для достижения точности используются методы взаимозаменяемости.

Сокращение времени на установку приспособления t_o достигается путем его правильного базирования на станке с использованием правила шести точек.

Для сокращения времени t_c , затрачиваемого на статическую настройку размерных цепей технологической системы, используются различные средства, служащие одновременно и для увеличения точности, в виде встроенных индикаторов, линейек, габаритов и т.д.

Одним из путей сокращения подготовительно-заключительного времени, приходящегося на единицу изделия, является увеличение количества изделий в партии, обрабатываемой при одной настройке размерных и кинематических цепей технологической системы.

Увеличение количества изделий может быть достигнуто двумя путями:

- увеличением одинаковых изделий в партии, как это имеет место, например, в массовом производстве, когда на ряде настроенных систем производится непрерывная обработка одних и тех же изделий иногда в течение нескольких лет. В таких условиях $t_{п-з}$ вообще теряет смысл, так как становится исчезающе малой величиной;

- увеличением количества деталей за счет обработки различных деталей, близких по служебному назначению, конструкции, размерам, материалу, техническим условиям и т.д.

Следовательно, обработка группы таких деталей требует незначительной переналадки технологической системы при переходе от обработки одной детали к другой. Действительно, если, например, на revolverном станке обрабатывают винты одного диаметра, но различных длин, для перехода на обработку более длинных винтов необходимо только переставить упоры для ограничения длины хода revolverной головки. Таким образом, обработка группы такого типа деталей как бы увеличивает количество деталей, обрабатываемых с одной настройки или при небольшой перенастройке системы.

Сокращение штучного времени. Из формулы штучного времени

$$t_{шт} = t_{o.т} + t_{в} + t_{ос} + t_{д}$$

видно, что его можно сократить двумя путями:

- уменьшением составляющих значений;
- совмещением полным или частичным переходов технологического процесса во времени.

Штучное время сокращается главным образом за счет уменьшения основного технологического и вспомогательного времени.

Машинное время определяется по формуле

$$t_{маш} = \frac{(L_A + l_1 + l_2)i}{ns},$$

где $t_{маш}$ — машинное время; L_A — длина поверхности, данной на чертеже; l_1 и l_2 — расстояния, необходимые для входа и выхода режущего инструмента (обычно l_1 и l_2 режущий инструмент проходит с рабочей подачей); i — число проходов; n — число оборотов или двойных ходов обрабатываемой детали или режущего инструмента; s — рабочая подача на оборот или двойной ход.

Анализ этой формулы показывает, что сокращение основного технологического времени, если оно является машинным, может производиться:

- уменьшением пути относительного движения режущего инструмента и обрабатываемой детали с рабочей подачей ($L_A + l_1 + l_2$);
- уменьшением числа проходов i ;

- посредством обработки каждой детали с оптимальными режимами;
- совмещением переходов во времени.

Сокращение пути относительного движения режущего инструмента и обрабатываемой детали может осуществляться за счет уменьшения расстояний для входа l_1 и выхода l_2 режущего инструмента.

В качестве примера на рис. 5.9 схематически показаны размеры l_1 и l_2 при обработке отверстия спиральным сверлом. Режущий инструмент проходит расстояния l_1 и l_2 с рабочей подачей s , поэтому все мероприятия, позволяющие их уменьшить, способствуют сокращению машинного времени. Примерами могут служить два способа уменьшения размера при обработке деталей торцовой фрезой. На рис. 5.10, а показано уменьшение l_1 путем увеличения диаметра фрезы, а на рис. 5.10, б — за счет установки оси фрезы по оси симметрии детали (в обоих случаях $l_1'' < l_1'$). Уменьшению размеров l_1 и l_2 способствуют повышение точности работы станков и введение предварительного натяга в системе.

Обработка нескольких последовательно установленных деталей также способствует сокращению расстояний входа и выхода инструмента, приходящихся на одну деталь, особенно если детали установлены впритык одна к другой.

Наибольшее значение сокращения расстояний входа и выхода режущего инструмента приобретает при переходе к обработке коротких поверхностей деталей.

Наибольший эффект получается при сокращении длины пути рабочего хода инструмента путем обработки каждой из поверхно-

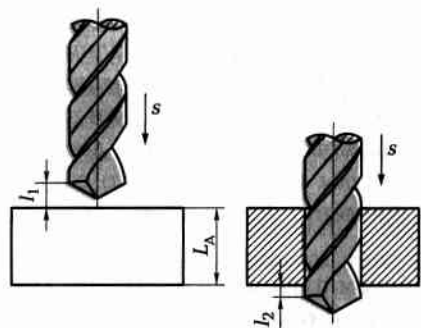


Рис. 5.9. Схема удлинения пути, проходимого режущим инструментом с рабочей подачей s за счет входа (l_1) и выхода (l_2) инструмента

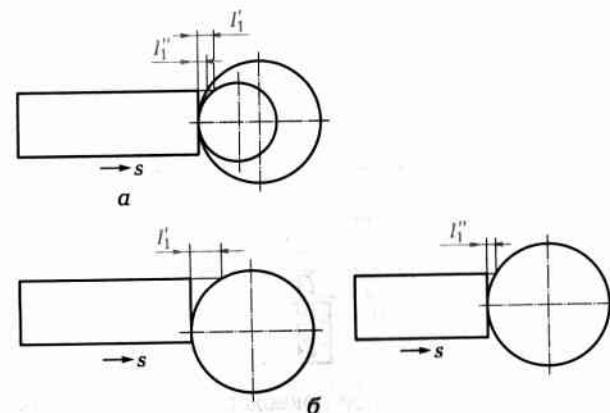


Рис. 5.10. Схемы уменьшения величины добавки на вход режущего инструмента при фрезеровании за счет увеличения диаметра фрезы (а) и установки оси фрезы по оси симметрии детали (б)

стей одновременно несколькими инструментами. Наиболее часто этот способ находит применение на многолезцовых токарных и револьверных станках и автоматах. Как видно из схемы на рис. 5.11, увеличение числа резцов позволяет сократить длину рабочего хода пропорционально их числу. В соответствии с этим машинное время уменьшается также в надлежащее число раз:

$$t_{\text{маш } 1} = \frac{(L_A + l_1 + l_2)i}{ns};$$

$$t_{\text{маш } 2} = \frac{(L_A + l_1 + l_2)i}{2ns};$$

$$t_{\text{маш } m} = \frac{(L_A + l_1 + l_2)i}{mns};$$

где m — число резцов.

В результате обработки одной поверхности одновременно несколькими инструментами в местах стыка участков поверхностей, полученных при обработке каждым из инструментов, всегда остается ступень из-за различной динамической погрешности в каждой из размерных цепей, с помощью которых образуется каждый из этих участков, обрабатываемых отдельным инструментом.

Увеличение параметров режимов обработки является одним из основных средств сокращения машинного времени. Выбор режи-

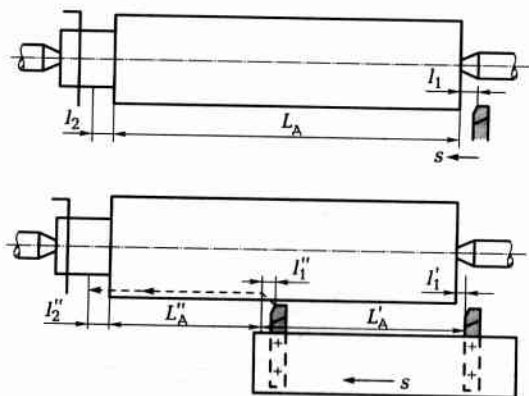


Рис. 5.11. Схемы обработки одной поверхности детали несколькими инструментами

мов обработки тесно связан с требуемой точностью обрабатываемой детали. Упругие перемещения технологической системы, порождающие в значительной части погрешности обработки, и особенно недостаточная жесткость обрабатываемых деталей лимитируют допускаемую при обработке силу резания, а тем самым и подачу при всех прочих равных условиях. Скорость резания лимитируется размерной стойкостью режущего инструмента и количеством образующейся теплоты, порождающей температурные деформации системы.

Таким образом, установление режимов обработки должно основываться исходя из экономического достижения требуемой точности детали, а в ряде случаев и качества поверхностного слоя.

Этот способ обработки таит в себе значительные резервы сокращения машинного времени.

Сокращение числа проходов i также позволяет уменьшить машинное время. Достичь сокращения числа проходов можно уменьшением припусков на обработку путем приближения заготовок к размерам и форме готовой детали. Другим средством уменьшения числа проходов является обработка деталей на технологических системах, позволяющих вручную или автоматически управлять упругими перемещениями.

Увеличение точности обработки на одной из операций позволяет, как правило, сократить число проходов или увеличить режимы обработки на последующих операциях и, следовательно, выполнить их более производительно.

В пределах обработки каждой детали система управления упругими перемещениями может также изменять режимы резания (например, подачу) в зависимости от изменения жесткости технологической системы по координате движения инструмента.

Доля (удельный вес) вспомогательного времени в штучном времени и его абсолютная величина при обработке деталей на некоторых видах оборудования достигают значений, довольно часто в несколько раз превосходящих основное технологическое время. Увеличение режимов обработки (особенно скорости резания) путем использования новых видов режущего инструмента, оснащенного пластинами из твердого сплава и керамики, и внедрение нового, более быстроходного и мощного оборудования способствуют дальнейшему возрастанию доли вспомогательного времени. Это может стать помехой на пути дальнейшего внедрения высокопроизводительного оборудования и повышения производительности труда. Действительно, при незначительной доле в штучном времени машинного времени дальнейшее уменьшение последнего уже не дает значительного эффекта.

Отсюда следует, что сокращение вспомогательного времени является во многих случаях одним из решающих факторов дальнейшего увеличения производительности труда. Сокращение вспомогательного времени осуществляется двумя путями: непосредственным сокращением времени, затрачиваемого при выполнении технологического процесса на вспомогательные приемы, и частичным или полным совмещением затрат времени на вспомогательные приемы с основным технологическим временем. Наибольший эффект дает одновременное использование обоих этих путей.

Непосредственное сокращение вспомогательного времени осуществляется следующими способами:

- уменьшением времени, расходуемого на замену одних обработанных деталей другими: путем использования методов взаимозаменяемости и определенности базирования для достижения требуемой точности установки при смене обрабатываемых деталей, сокращения времени закрепления при смене обрабатываемых деталей, автоматизации смены обрабатываемых деталей и др.;
- уменьшением времени, затрачиваемого на управление оборудованием и приспособлениями, путем упрощения управления, его механизации и автоматизации;
- уменьшением времени, затрачиваемого на контроль за ходом выполнения технологического процесса, путем

правильного выбора методов и средств измерения, механизации и автоматизации контроля;

- комплексной автоматизацией технологического процесса.)

Смена обрабатываемых заготовок и их установка с требуемой точностью на станке занимает, как известно, много времени. Например, установка и закрепление тяжелых крупногабаритных деталей иногда занимают 8...12 ч. Использование для этой цели метода взаимозаменяемости путем применения приспособлений или универсальных средств, позволяющих при смене обработанной детали сразу установить новую заготовку с требуемой точностью, резко сокращает потребное время.

Применение при установке и закреплении заготовок стандартизованных и нормализованных средств в виде крепежных болтов, подкладок, накладных планок и других деталей является одним из наиболее простых средств сокращения затрат вспомогательного времени.

Сокращение времени, затрачиваемого на управление станком, осуществляется концентрацией управления в одном месте, его механизацией и автоматизацией. Введение механизмов ускоренных перемещений режущих инструментов в рабочее и исходное положения, приспособлений и механизмов для быстрой смены режущих инструментов является основным мероприятием по сокращению затрат вспомогательного времени.

Совмещение переходов. В общем случае у каждой заготовки необходимо обработать несколько одинаковых или различных поверхностей, расположенных на одной или нескольких сторонах.

Обработку поверхностей можно выполнять последовательно, одновременно и комбинированно.

При последовательной обработке основное технологическое время $t_{o.т}$ будет представлять собой сумму затрат времени на обработку каждой из k поверхностей:

$$t_{o.т} = t_{o.т1} + t_{o.т2} + \dots + t_{o.тk} = \sum_{i=1}^k t_{o.ти}$$

На рис. 5.12, а показана **последовательная обработка** трех отверстий в детали.

Основное технологическое время в этом случае

$$t_{o.т} = \frac{l_1' + L_{A1} + l_2'}{n_1 s_1} + \frac{l_1'' + L_{A2} + l_2''}{n_2 s_2} + \frac{l_1''' + L_{A3} + l_2'''}{n_3 s_3},$$

где $l_1', l_2', l_1'', l_2'', l_1''', l_2'''$ — расстояния входа и выхода соответственно первого, второго и третьего инструментов.

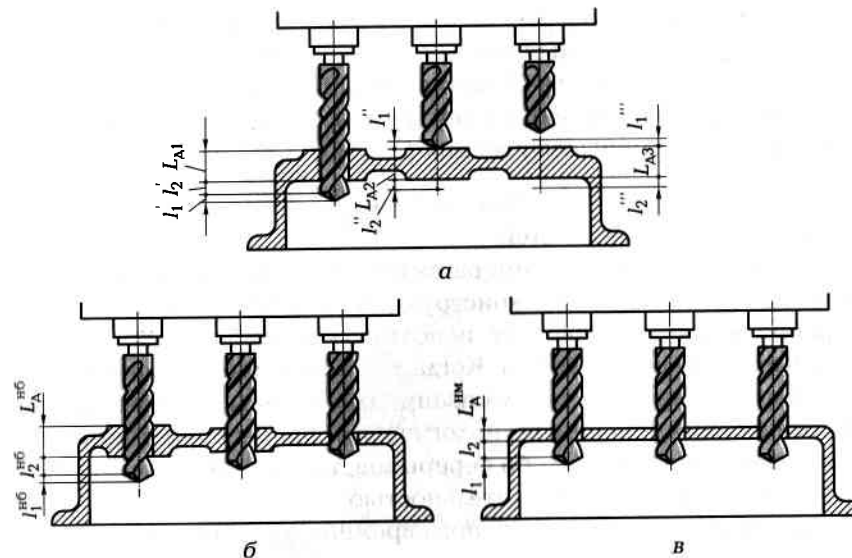


Рис. 5.12. Схемы обработки трех отверстий детали:

а — последовательная обработка; б — одновременная обработка; в — обработка в случае, когда все размеры обрабатываемых поверхностей равны наименьшему из них

Из анализа равенств видно, что при последовательной обработке поверхностей детали сократить основное технологическое время можно только путем сокращения его слагаемых.

При **одновременной обработке** (рис. 5.12, б) всех поверхностей детали основное технологическое время $t_{o.т}$ будет равно времени, затрачиваемому на выполнение наиболее продолжительного перехода:

$$t_{o.т} = t_{o.ти}^{нб},$$

если

$$t_{o.т1} \leq t_{o.ти}^{нб}, \quad t_{o.т2} \leq t_{o.ти}^{нб}, \quad t_{o.т3} \leq t_{o.ти}^{нб}.$$

Сопоставляя неравенства, можно увидеть возможность существенного сокращения основного технологического времени при одновременной обработке всех поверхностей детали. Например, в случае **одинаковых размеров** всех поверхностей их одновременная обработка сокращает затраты основного технологического времени в k раз, так как

$$\frac{\sum t_{o.ти}}{t_{o.т}} = k.$$

Достигается этот эффект путем совмещения выполнения переходов во времени при выполнении условия. Наибольшее сокращение основного технологического времени может быть достигнуто, если размеры всех поверхностей детали, подлежащих обработке, будут равны наименьшему из них L_A^{HM} (рис. 5.12, в):

$$L_{A1} = L_{A2} = \dots = L_{Ak} = L_A^{HM},$$

где k — число поверхностей.

Из рассмотренного примера видно, что технология обработки деталей предъявляет к их конструкции свои требования, удовлетворение которых позволяет использовать наиболее производительные способы обработки. Когда все переходы вспомогательного времени и времени обслуживания совмещены с основным технологическим временем, технологический процесс будет протекать непрерывно, без каких-либо перерывов, т.е. потерь, а следовательно, с наибольшей производительностью.

Представим формулу штучного времени в развернутом виде:

$$t_{шт} = t_{см} + t_y + t_{o.т} + t_{из} + t_{под} + t_{об} + t_A,$$

где $t_{см}$ — время, затрачиваемое на смену обрабатываемых деталей; t_y — время, затрачиваемое на управление станком (включение, переключение, подвод инструмента в рабочее положение и возвращение в исходное, перемещение деталей из одной рабочей позиции в другую и т.д.); $t_{o.т}$ — основное технологическое время; $t_{из}$ — время, затрачиваемое на измерение обрабатываемых деталей; $t_{под}$ — время, затрачиваемое на подналадку технологической системы; $t_{об}$ — время, затрачиваемое на обслуживание технологической системы; t_A — дополнительное время.

Из этой формулы видно, что совмещение затрат времени на переходы может быть полным, если может быть соблюдено условие

$$t_q \geq t_1; t_q \geq t_2; \dots; t_q \geq t_i,$$

где t_q — продолжительность перехода, с которым совмещаются другие переходы продолжительностью t_i ; i — порядковый номер совмещаемого перехода.

При этом условии, если все переходы совмещаются с основным технологическим переходом, т.е. $t_{o.т}$, формула штучного времени превращается в равенство

$$t'_{шт} = t_{o.т}$$

Совмещение переходов, связанных с измерением обрабатываемых деталей, осуществляется обычно или с помощью приспособ-

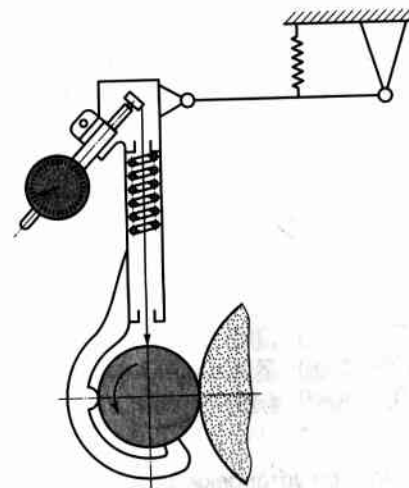


Рис. 5.13. Схема прибора, служащего для контроля диаметров валов во время обработки

лений и измерительных устройств, позволяющих осуществлять измерение во время обработки (рис. 5.13), или путем использования систем активного контроля. Системы активного контроля позволяют также осуществлять совмещение переходов, связанных с поднастройкой технологической системы, с переходами, выполненными в рамках основного технологического времени, поскольку поднастройка осуществляется во время обработки.

Эту же задачу можно в ряде случаев решить и с помощью систем управления упругими перемещениями.

Совместная обработка деталей. При увеличении количества деталей прибегают к их совместной обработке в целях увеличения производительности оборудования и труда.

При совместной обработке детали могут устанавливаться и обрабатываться последовательно (рис. 5.14, а), параллельно (рис. 5.14, б), комбинированно (рис. 5.14, в).

Основное технологическое время при **обработке последовательно установленных деталей** (рис. 5.15) определяется по формуле

$$t_{o.т} = \left[\frac{\sum_{k=1}^m (l_{1k} + L_{Ak} + l_{2k})}{ns} + \frac{\sum_{k=1}^{m-1} L_{xk}}{ns_1} \right] i,$$

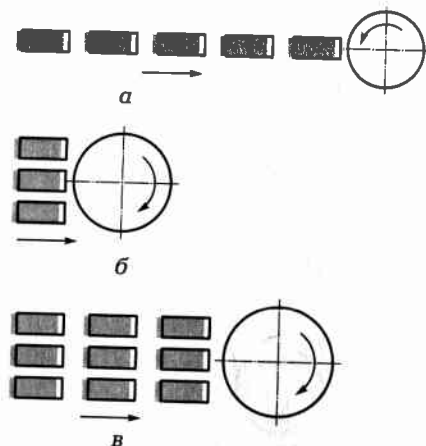


Рис. 5.14. Схемы возможной установки деталей для обработки:
а — последовательная; б — параллельная; в — комбинированная

где l_{1k} — расстояние для входа инструмента при обработке k -й детали; l_{2k} — расстояние для выхода инструмента при обработке k -й детали; L_{Ak} — размер k -й детали, проходимой инструментом с рабочей подачей; L_{xk} — относительное перемещение инструмента и детали без обработки; i — число проходов; n — число двойных ходов или оборотов; s — подача на двойной ход или оборот; s_1 — ускоренная подача.

Из анализа формулы следует, что для сокращения основного технологического времени необходимо:

- по возможности сокращать расстояние между последовательно устанавливаемыми деталями для уменьшения L_x . При установке деталей вплотную одна к другой, во-первых, устраняются холостые пути режущего инструмента (т.е. $\sum_{k=1}^{m-1} L_{xk}$) и, во-вторых, сокращаются расстоя-

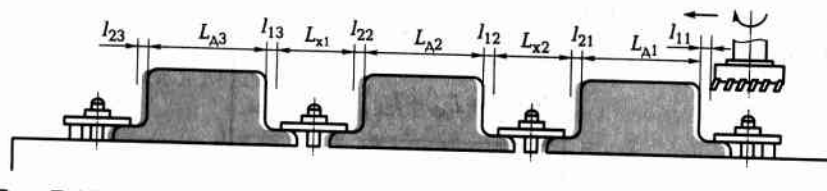


Рис. 5.15. Схема обработки последовательно установленных деталей

ния для входа и выхода инструмента, так как остается расстояние для входа инструмента в начале обработки первой детали и выхода при обработке последней:

$$t_{o.t} = \frac{\left(l_1 + \sum_{k=1}^m L_{Ak} + l_m \right) i}{ns} = \frac{\left(l_1 + \sum_{k=1}^m L_{Ak} + l_m \right) i}{s};$$

- при невозможности выполнения предыдущего условия необходимо все расстояние между деталями L_x проходить с ускоренной подачей.

При **обработке параллельно установленных деталей** (в один ряд) (рис. 5.16) основное технологическое время определяется по формуле

$$t_{o.t} = \frac{(l_1 + L + l_2) i}{nsK} = \frac{(l_1 + L + l_2) i}{sK},$$

где K — число параллельно устанавливаемых деталей.

При **обработке деталей с комбинированной установкой**, т.е. установленных последовательно-параллельно (см. рис. 5.14, в), основное технологическое время при наличии расстояний между

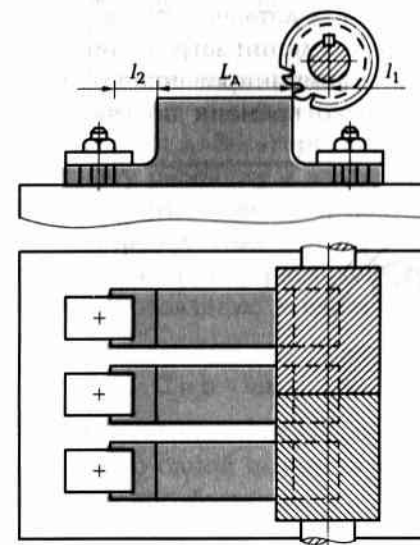


Рис. 5.16. Схема обработки параллельно установленных деталей

деталью в направлении движения подачи определяется по формуле

$$t_{o.т} = \left[\frac{\sum_{k=1}^m (l_{1k} + L_{\Delta k} + l_{2k})}{nsK} + \frac{\sum_{k=1}^{m-1} L_{\chi k}}{nsK} \right] i.$$

Одновременное использование совмещения переходов и совместной обработки деталей. При увеличении количества деталей, подлежащих обработке, становится экономичным одновременное использование совмещения переходов и совместной обработки деталей. Как правило, для этого создается высокопроизводительное оборудование в виде многошпиндельных полуавтоматов и автоматов, агрегатных многошпиндельных и многопозиционных станков, автоматических линий, роторных линий, автоматических цехов и заводов. Например, при обработке большого количества ступенчатых валов используют полуавтоматы параллельного действия (иногда их называют полуавтоматами непрерывного действия). Такой полуавтомат представляет собой как бы несколько многорезцовых или копировально-токарных станков, подвешенных на роторе (барабане), который непрерывно вращается вокруг вертикальной колонки. Следовательно, на таком полуавтомате можно обрабатывать параллельно несколько одинаковых деталей.

Смена обрабатываемых деталей осуществляется во время вращения ротора при прохождении загрузочного места (рис. 5.17).

Последовательная и комбинированная обработки деталей с совмещением переходов во времени получили наиболее широкое

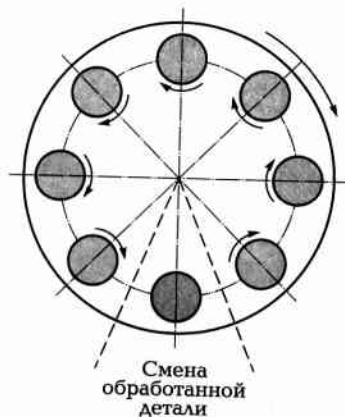


Рис. 5.17. Схема обработки деталей на роторном станке

применение. Примером может служить обработка одинаковых деталей на многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия, например токарных, где за один оборот шпиндельного блока шестишпиндельного полуавтомата производится полная обработка одной детали, но при этом на каждой из рабочих позиций, которые последовательно проходит каждая из деталей, обычно одновременно осуществляется несколько совмещенных во времени технологических переходов, на четырех- и шестишпиндельном прутковых автоматах.

5.5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для сопоставления двух и большего количества возможных вариантов технологических процессов в целях выбора наиболее экономичного можно воспользоваться графоаналитическим методом. Для этого все расходы, связанные с выполнением надлежащих вариантов, подразделяют на две группы:

- расходы, не зависящие от количества подлежащих обработке заготовок;
- расходы, зависящие от количества заготовок, подлежащих обработке.

В первую группу включают такие расходы, как расходы на оборудование, приспособления и комплект инструмента, настройки оборудования и процесса и т.д. Во вторую группу включают расходы на заработную плату рабочему и наладчику, расходы на материалы, содержание и амортизацию оборудования, приспособлений и инструмента, электроэнергию.

Если обозначить первую группу расходов через b , вторую через m , себестоимость изготовления x единиц продукции можно выразить формулой

$$C = b + mx.$$

Формула действительна только в пределах значений от $x = 0$ до $x = x_1$, при которых вместо одной единицы оборудования с установленными на нем приспособлениями и инструментами требуются уже две единицы, вследствие чего независимые расходы b увеличатся сразу в 2 раза. Аналогичное явление будет происходить каждый раз, когда при увеличении количества изделий потребует-

ся добавлять единицу оборудования с необходимым количеством приспособлений и инструмента.

Изложенное можно представить в виде графика в координатах $C-X$ (рис. 5.18).

При сравнении нескольких вариантов технологических процессов, например трех, понадобится составить три уравнения типа

$$C_1 = b_1 + m_1x; C_2 = b_2 + m_2x; C_3 = b_3 + m_3x,$$

каждое из которых действительно в различных пределах значения величины x .

Из графика следует, что при $x = x_1$ при первом варианте технологического процесса следует добавить единицу оборудования с потребным количеством приспособлений и инструмента и сделать то же самое второй раз при $x = x_4$. При втором варианте технологического процесса добавление одной единицы оборудования необходимо при $x = x_3$. При третьем варианте значение x , при котором нужно добавлять оборудование, находится за пределами графика.

Из графика видно, что при значениях x от 0 до x_1 обработку детали экономичнее вести по первому варианту технологического процесса, в пределах от x_1 до x_2 — по второму варианту и после $x = x_3$ — по третьему варианту. Из графика также видно, что, если сопоставлять только первый и второй варианты, первый вариант оказывается экономичнее второго в пределах значений от 0 до x_1 и от x_3 до x_4 , а второй вариант экономичнее первого в пределах зна-

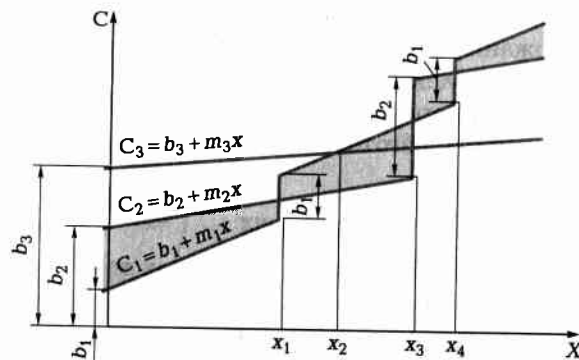


Рис. 5.18. Графическое сопоставление себестоимости трех различных вариантов технологического процесса

чений от x_1 до x_3 и от x_4 до некоторого значения x_5 , выходящего за пределы графика.

Таким образом, графики рассмотренного вида, построенные для различных технологических процессов изготовления типовых деталей или сборочных единиц изделий, применительно к данным производственным условиям, позволяют правильно и быстро выбирать наиболее экономичный вариант технологического процесса как при освоении новых, так и при изменении количества выпускаемых изделий.

Нанесение на графики кривых себестоимости обработки деталей по каждому вновь появляющемуся технологическому процессу, связанному с возможностью использования новых видов оборудования, приспособлений, инструмента и других изделий, позволяет легко видеть область его экономичного использования и определять его эффективность.

Используя приведенные формулы, можно создать алгоритмы, т.е. системы вычислительных и логических операций, подлежащих выполнению в строго определенной последовательности для решения задачи сопоставления и выбора наиболее экономичного варианта технологического процесса в заданных производственных условиях.

Используя алгоритмы, можно создать рабочие программы для решения задачи на любой универсальной цифровой автоматической вычислительной машине.

Ознакомившись с основными факторами, влияющими на себестоимость изготовления машины, и методами расчета их влияния, можно перейти к рассмотрению вопроса управления этими факторами для снижения себестоимости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение себестоимости выпускаемой машины.
2. Перечислите слагаемые себестоимости.
3. Какова структура затрат времени на выполнение операции?
4. Какие виды и формы организации производственного процесса применяют при изготовлении деталей?
5. Как может быть организован производственный процесс сборки изделий?
6. Как устанавливают норму времени?
7. Перечислите составляющие штучного времени.
8. Каковы пути сокращения подготовительно-заключительного времени?

9. Как уменьшить основное технологическое время?
10. Каковы пути уменьшения доли вспомогательного времени: в оперативном времени?
11. Что такое прогрессивная норма времени?
12. Каковы пути сокращения расходов на материалы?
13. Как добиться уменьшения расходов на содержание, амортизацию и эксплуатацию средств труда?
14. Как представление об уровне технологичности конструкции изделия связано с объемом выпуска изделий?
15. Как сопоставить экономичность вариантов технологического процесса?

Глава 6

РАСЧЕТ МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРОВ И ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

6.1. ПОНЯТИЕ О МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРАХ, ДОПУСКАХ И ПРИПУСКАХ НА ОБРАБОТКУ

Если согласиться с общепринятым мнением, что на любую операцию технологического процесса поступает заготовка, а с операции выходит деталь, то **заготовку** можно охарактеризовать как предмет производства, форма которого приближена к форме детали. Из заготовки можно получить годную деталь или неразъемную (сварную) сборочную единицу путем изменения ее параметров: формы, размеров и шероховатости поверхностей, свойств материала и др.

Конфигурацию заготовки обуславливают конструкция детали, ее размеры, материал и условия работы детали в готовой машине. Можно с уверенностью сказать, что многие параметры заготовки предопределяются условиями эксплуатации машины.

Технологический процесс изготовления конкретной детали начинается с получения исходной заготовки. Следовательно, на первую операцию (механической обработки или термическую) поступает **исходная заготовка**, которая превращается в готовую деталь путем снятия лишнего материала, т. е. общего припуска.

Так как в большинстве случаев заготовка проходит через несколько технологических систем или операций, прежде чем из нее получают готовую (годную) деталь, то возникает необходимость расчета промежуточных припусков, межоперационных размеров и допусков.

Межпереходным размером будем называть промежуточный размер каждой из поверхностей детали, образующийся после выполнения каждого перехода, необходимого для его получения. Ис-

ключением является последний переход, когда получают окончательный размер, требуемый служебным назначением детали в машине, а точнее, рабочим чертежом детали.

Все межпереходные размеры связаны один с другим и образуют технологические размерные цепи.

Действительно, из рис. 6.1 видно, что размер заготовки вала $L_{\text{заг}}$ связан с требуемым размером готовой детали L_A рядом межпереходных размеров и размерами припусков на обработку Z , снимаемых при выполнении каждого перехода. Все они образуют технологическую размерную цепь

$$L_{\text{заг}} - Z_1 - Z_2 - Z_3 - Z_4 - L_A = 0,$$

где $Z_1 = L_{\text{заг}} - L_1$; $Z_2 = L_1 - L_2$; $Z_3 = L_2 - L_3$; $Z_4 = L_3 - L_A$ — при получении линейных размеров.

Размеры, входящие в цепь в качестве звеньев, являются расчетными (номинальными).

Для того чтобы иметь возможность рассчитать межпереходные размеры, как видно из технологических размерных цепей, необходимо знать или уметь рассчитывать припуски на обработку.

Под **припуском на обработку** следует понимать слой материала заготовки, удаляемый в процессе ее механической обработки для получения требуемых точности и параметров поверхностного слоя готовой детали. Припуск снимают с заготовки постепенно в процессе отдельных переходов. Поэтому используется также понятие **промежуточного (межпереходного) припуска на обработку**, под которым понимают слой материала, снимаемый при выполнении одного технологического перехода. Этот припуск определяется как разность двух размеров: размера поверхности заготовки, полученного на предыдущей операции, и размера этой же поверхности детали, полученного при выполнении данного перехода в одной операции по обработке рассматриваемой поверхности.

Операционный припуск — это толщина слоя материала, удаляемого с конкретной поверхности заготовки в процессе одной операции. Размер операционного припуска зависит в основном от следующих параметров: высоты неровностей поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; глубины дефектного слоя поверхности заготовки, поступившей на операцию; допуска на операционный размер и др. Определяют операционные припуски расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.

Общий припуск — это сумма всех межпереходных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки

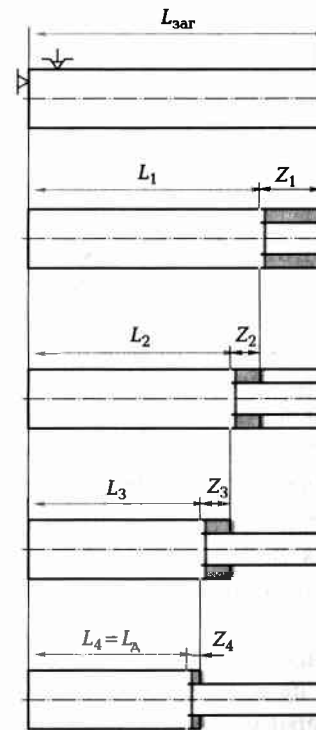


Рис. 6.1. Схема образования межпереходных размеров в технологических размерных цепях

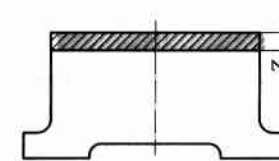


Рис. 6.2. Схема одностороннего расположения припусков на обработку

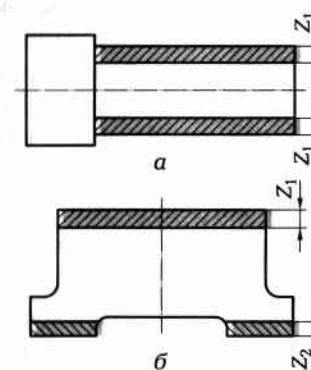


Рис. 6.3. Схема двустороннего расположения припусков на обработку:

а — удаление припусков с образующих;
б — удаление припусков с двух сторон

конкретной поверхности заготовки. Общий припуск для каждой поверхности заготовки можно определить в виде разности размера данной поверхности заготовки и размера той же поверхности готовой детали.

Различают односторонние припуски Z на обработку (рис. 6.2), удаляемые с какой-либо одной стороны заготовки, и двусторонние Z_1 и Z_2 , удаляемые с двух сторон заготовки (рис. 6.3).

Двусторонние припуски на обработку в зависимости от значений их составляющих, расположенных на каждой из сторон или по образующим детали, подразделяют на симметричные и асимметричные. У симметричного припуска на обработку значения его составляющих Z_1 с каждой из сторон равны между собой (рис. 6.3, а), а у асимметричного припуска значения Z_1 и Z_2 не равны (рис. 6.3, б).

Необходимо различать расчетный, или номинальный, размер припуска, устанавливаемый расчетом, действительный размер припуска, т. е. размер слоя материала, фактически удаляемого при обработке деталей, и измеренный размер припуска, полученный путем измерения и вычисления.

Припуски на обработку должны быть вследствие необходимости компенсации:

- погрешности установки Δ_y заготовки на станке, в приспособлении или на рабочем месте. Чем больше погрешность установки, тем больший припуск необходимо иметь для ее компенсации. Из рис. 6.4 видно, что при недостаточном припуске поверхность детали может оказаться обработанной не полностью. В результате на вновь полученной поверхности останется часть поверхности А, образованной на предыдущем переходе, как это в утрированном виде показано на рис. 6.4;
- погрешностей относительных поворотов поверхностей заготовки или обрабатываемой детали, поступающей на данный переход;
- погрешностей форм поверхностей заготовки, если эти погрешности по каким-либо причинам могут выходить за пределы допуска на размер (например, в результате термической обработки, деформации и т. д.);
- следов режущего инструмента, оставшихся от предыдущего перехода, в виде шероховатости поверхности;
- удаления дефектного поверхностного слоя материала, если он появляется в результате выполнения предыдущего перехода и может сохраниться частично.

Из изложенного следует, что для компенсации всех рассмотренных погрешностей, оказывающих влияние на качество поверхности детали, получаемой на данном переходе, необходимо оставлять наименьший припуск $Z^{нм}$, рассчитываемый по формуле

$$Z^{нм} = H^{нб} + T + \Pi + \Phi + Y,$$

где $H^{нб}$ — расчетная высота микронеровностей, установленная для поверхности детали, получаемой на предыдущем переходе; T — расчетная глубина дефектного поверхностного слоя, получаемого на предыдущем переходе; Π — расчетная погрешность относительных поворотов поверхности детали, получаемой на предыду-



Рис. 6.4. Сохранение части поверхности, полученной на предыдущем переходе, из-за погрешности установки детали на данном переходе

щем переходе; Φ — расчетная погрешность формы поверхности детали, получаемой на предыдущем переходе; Y — расчетная погрешность установки детали на данном переходе.

Для поверхностей вращения расчетно-аналитический метод позволяет определять припуск либо на диаметр, либо на радиус (на сторону). Для практических и учебных целей при расчете размеров круглой заготовки значение Z_{0d} операционного припуска на диаметр можно определить по упрощенной формуле

$$Z_{0d} = 2(Rz + h_A + T), \quad (6.1)$$

где Rz — высоты неровностей поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; h_A — глубина дефектного слоя поверхности заготовки; T — допуск на операционный размер.

При обработке плоской поверхности (при односторонней обработке) припуск задается на сторону. В этом случае значение Z_{0L} припуска на сторону можно также определить по упрощенной формуле:

$$Z_{0L} = Rz + h_A + T. \quad (6.2)$$

Так как общий припуск на механическую обработку определяется сравнением размеров соответствующих поверхностей заготовки и детали, то для наружной цилиндрической поверхности (рис. 6.5, а) общий припуск на диаметр

$$2Z_{общd} = d_0 - d_A, \quad (6.3)$$

где d_0 — наружный диаметр заготовки; d_A — наружный диаметр готовой детали.

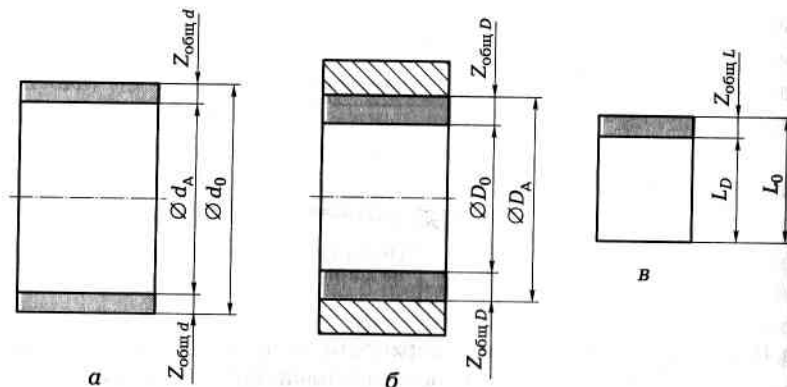


Рис. 6.5. Схемы определения общего припуска на обработку наружной (а), внутренней (б) цилиндрической и плоской (в) поверхностей

Для внутренней цилиндрической поверхности (рис. 6.5, б) общий припуск на диаметр

$$2Z_{\text{общ}D} = D_A - D_0, \quad (6.4)$$

где D_A — внутренний диаметр готовой детали; D_0 — внутренний диаметр заготовки.

Для плоской поверхности (рис. 6.5, в) общий припуск на сторону

$$Z_{\text{общ}L} = L_0 - L_D, \quad (6.5)$$

где L_0 — линейный размер заготовки; L_D — линейный размер детали.

При расчете минимально необходимого припуска на обработку следует всегда учитывать конкретные условия протекания разрабатываемого технологического процесса, так как в зависимости от этого в ряде случаев часть составляющих припуска будет не нужна. Благодаря этому можно существенно уменьшить минимальный припуск на обработку, сэкономив материал и сократив расходы на его удаление при обработке. Например, при выполнении некоторых технологических процессов дефектный слой настолько незначителен, что легко удаляется за счет других составляющих припуска на обработку и для его компенсации нет необходимости специально оставлять слой материала. Так, при закалке направляющих станин дефектный слой удаляют при последующей обработке шлифованием за счет других составляющих припуска на обработку. При обработке поверхностей жестких деталей с одной установки погрешности их относительных поворотов получаются

настолько незначительными, что ими практически можно пренебречь, а следовательно, нет необходимости оставлять слой материала для их компенсации.

6.2. РАСЧЕТ МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРОВ И ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

Для расчета в первом приближении минимальных припусков на обработку в качестве исходных данных можно использовать таблицы значений отдельных их составляющих, разработанные В.М. Кованом.

Зная минимальный межпереходный припуск на обработку, можно рассчитать его максимальное значение по формуле

$$Z^{нб} = \delta_n + Z^{нм} + \delta_A,$$

где δ_n — допуск на расстояние или размер поверхности, установленный для предыдущего перехода; $Z^{нм}$ — наименьший расчетный припуск, установленный для данного перехода; δ_A — допуск на расстояние или размер поверхности, установленный для данного перехода.

Взаимосвязи между межпереходными припусками на обработку и полями их рассеяния иллюстрируют схемы, показанные на рис. 6.6.

Используя эти схемы, можно рассчитать межпереходные средние и предельные размеры. Для этого необходимо выбрать начало отсчета. Если, например, за начало отсчета взять наибольший из допустимых размеров готового вала D , предельные межпереходные размеры, как это видно из рис. 6.6, а, можно определить по следующим формулам:

для последнего перехода

$$D_1^{нб} = D + Z_1^{нм} + \delta_1;$$

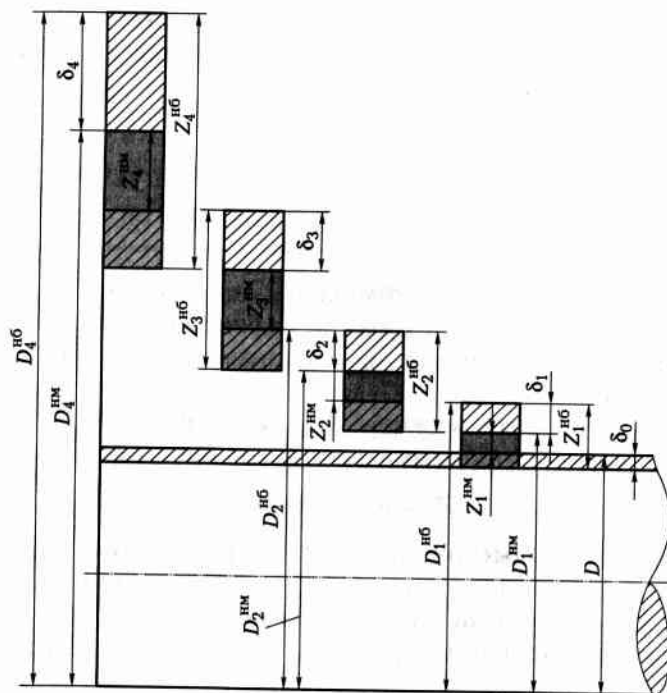
$$D_1^{нм} = D + Z_1^{нм};$$

для предыдущего перехода

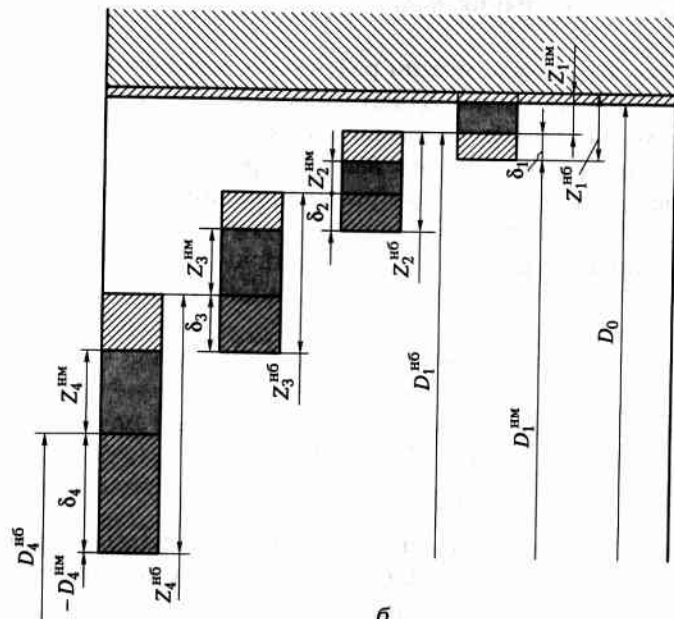
$$D_2^{нб} = D_1^{нб} + Z_2^{нм} + \delta_2;$$

$$D_2^{нм} = D_1^{нб} + Z_2^{нм}.$$

Обозначив индексом «п» последующие переходы, а индексом «д» данный переход, для любого перехода (при принятом начале отсчета $D^{нб}$ готовой детали) можно записать



а



б

$$D_A^{ноб} = D_{II}^{ноб} + Z_A^{нм} + \delta_A;$$

$$D_A^{нм} = D_{II}^{ноб} + Z_A^{нм}.$$

Аналогично для охватываемых размеров при принятом на рис. 6.5, б начале отсчета (за которое принят наименьший допустимый диаметр готового отверстия D_0) получаем

$$D_1^{ноб} = D_0 - Z_1^{нм};$$

$$D_1^{нм} = D_0 - Z_1^{нм} - \delta_1.$$

В общем случае при принятом начале отсчета

$$D_A^{ноб} = D_{II}^{нм} - Z_A^{нм};$$

$$D_A^{нм} = D_{II}^{нм} - Z_A^{нм} - \delta_A.$$

Симметричные припуски на обработку обычно устанавливают на поверхностях, получаемых вращением образующей вокруг оси (цилиндрические, конические и т. д.). Асимметричные припуски устанавливаются на размеры, связывающие поверхности или оси поверхностей детали.

Из изложенного видно, что предельные межпереходные размеры устанавливаются в зависимости от выбранной системы отсчета, т. е. системы расположения поля устанавливаемого допуска относительно номинальной величины размера.

Например, при симметричной системе расположения поля допуска на размер в качестве номинальных размеров берут средние размеры:

$$A_{ср} = \frac{A^{ноб} + A^{нм}}{2}.$$

В таких случаях в качестве номинальных при расчете межпереходных размеров нужно брать их средние значения, в том числе среднее значение припуска

$$Z_{ср} = \frac{Z^{ноб} + Z^{нм}}{2}.$$

Таким образом, расчет номинальных межпереходных размеров основан на использовании теории размерных цепей и особого труда не представляет. Остается выяснить вопрос, откуда следует брать допуски на межпереходные размеры.

Рис. 6.6. Схемы связей между межпереходными размерами, припусками и допусками на обработку:

а — для охватываемого размера; б — для охватывающего размера

Из ранее рассмотренных точечных диаграмм было видно, что каждая технологическая система при ее наиболее производительном использовании дает определенную точность.

При разработке технологического процесса, как указывалось ранее, выбирают технологические системы (одну или несколько) в зависимости от требуемого значения уточнения, необходимого для превращения заготовки в годную деталь.

После выбора технологической системы, становятся известны ее точностные характеристики, а следовательно, появляется возможность установить на их основе допуск на каждый межпереходный размер. В практике машиностроения для установления допусков на межпереходные размеры используют так называемую среднюю экономически достигаемую точность.

В качестве примера рассмотрим назначение припусков на обработку наружной цилиндрической поверхности (рис. 6.7) на токарном станке проходным резцом. При точении методом продольной подачи наибольший размер припуска помимо уже рассмотренных ограничивают следующие факторы:

- вылет, прочность и жесткость резца;
- мощность токарного станка;
- жесткость и прочность обрабатываемой заготовки.

Размер минимального необходимого операционного припуска зависит от качества предыдущей операции, которое определяется наличием в заготовке внутренних дефектов, раковин, трещин и высотой неровностей ее поверхности. Наибольший припуск снимают на первой операции, например на обдирке, которая следует непосредственно за ковкой или отливкой заготовки. Наименьший припуск снимают на финишной (окончательной) операции.

В Приложении 6 приведены руководящие технические материалы, позволяющие определить (для учебных целей) операционные припуски для чернового и чистового обтачивания.

В рассматриваемом примере деталь «вал» (рис. 6.7, а) изготавливают в условиях мелкосерийного производства из горячекатаной заготовки (рис. 6.7, б). Требуется установить общий припуск на обработку поверхности М заготовки, ее межпереходные припуски и размеры и выполнить операционные эскизы на переходы.

Исходная информация для расчета приведена в табл. 6.1.

Проанализировав чертежи детали и заготовки, выберем вариант обработки заготовки, состоящий из трех операций:

- операция 05 — фрезерно-центровальная;

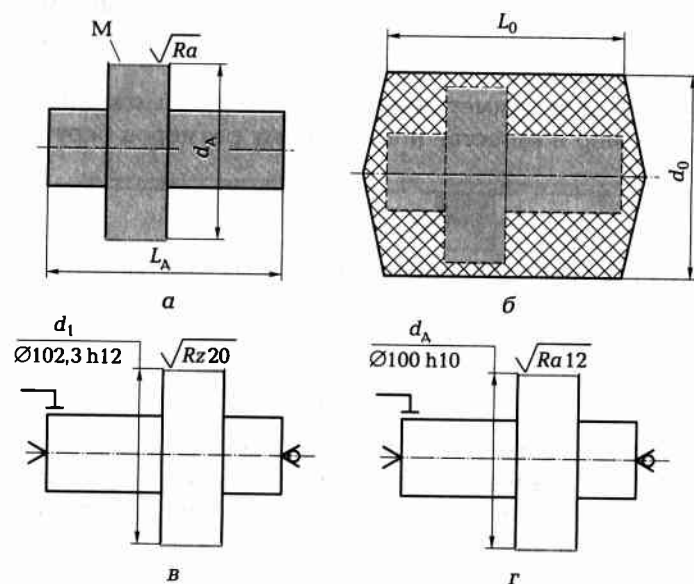


Рис. 6.7. Схема расчета общего припуска на наружную цилиндрическую поверхность:

а — эскиз детали; б — эскиз заготовки; в — эскиз чернового точения; г — эскиз чистового точения

Таблица 6.1. Исходные данные для расчета припусков на обработку

Параметры заготовки						Параметры детали					
L_0			d_0			L_A			d_A		
Номинальный размер, мм	Квалитет точности	Шероховатость, мкм	Номинальный размер, мм	Квалитет точности	Шероховатость, мкм	Номинальный размер, мм	Квалитет точности	Шероховатость, мкм	Номинальный размер, мм	Квалитет точности	Шероховатость, мкм
410	h14	Rz 80	110	h14	Rz 80	400	h12	Rz 40	100	h10	Ra 12

- операция 10 — черновое точение с обеих сторон в три основных перехода;
- операция 15 — чистовое точение с обеих сторон в три основных перехода.

Так как по условию задания требуется определить межпереходные припуски и размеры только по отношению к обработке поверхности М, то по формуле (6.3) с учетом данных табл. 6.1 найдем общий припуск на механическую обработку этой поверхности:

$$2Z_{\text{общ}d} = d_0 - d_A = 110 - 100 = 10 \text{ мм.}$$

Припуск на диаметр при чистовом точении найдем по Приложению 6:

$$2Z_{2\text{табл}} = 1,8 \text{ мм.}$$

Для мелкосерийного производства найденный припуск на диаметр целесообразно увеличить, для чего введем коэффициент $K = 1,3$:

$$2Z_{\text{расч}} = 2Z_{2\text{табл}}K = 1,8 \cdot 1,3 = 2,34 \text{ мм} \approx 2,3 \text{ мм.}$$

Припуск на диаметр при черновом точении можно определить по Приложению 6 или расчетом:

$$2Z_1 = 2Z_{\text{общ}} - 2Z_{2\text{расч}} = 10 - 2,3 = 7,7 \text{ мм.}$$

Номинальный диаметр d_1 после чернового точения (рис. 6.7, в) определяется исходя из максимального диаметра $d_{A\text{max}}$ детали и припуска $Z_{2\text{расч}}$ на чистовое точение:

$$d_1 = d_{A\text{max}} + 2Z_{2\text{расч}} = 100 + 2,3 = 102,3 \text{ мм.}$$

Точность определяем по качеству h12, т. е. 102,3 h12, а шероховатость поверхности для чернового точения Rz 20 мкм. Операционный эскиз чернового точения представлен на рис. 6.7, в.

Номинальный диаметр d_A получаем после чистового точения (рис. 6.7, г) при снятии припуска $2Z_{\text{расч}} = 2,3$ мм. Этот размер определяем исходя из номинального диаметра d_1 детали после чернового точения и припуска на диаметр $2Z_{2\text{расч}}$ на чистовое точение:

$$d_A = d_1 - 2Z_{\text{расч}} = 102,3 - 2,3 = 100 \text{ мм.}$$

Размеры детали, соответствующие заданным (окончательные размеры), получим при чистовом точении, эскиз которого представлен на рис. 6.7, г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют межпереходным размером?
2. Что принято называть припуском на обработку?
3. Какие различают припуски на обработку?
4. Назовите причины необходимости припусков на обработку.
5. Как рассчитать минимально необходимый припуск на обработку?
6. На каких поверхностях устанавливают симметричные припуски на обработку?
7. Как устанавливают предельные межпереходные размеры?
8. Как рассчитать межпереходные размеры на обработку?

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИНЫ И ДЕТАЛИ

7.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИНЫ

Общие сведения. Разработка технологического процесса изготовления машины представляет собой решение сложной комплексной задачи, которая включает в себя процессы сборки машины и изготовления деталей, входящих в ее состав.

Последовательность разработки технологического процесса изготовления машины как решение прямой (проектной) задачи направлена от конечного результата, т. е. машины в сборе, к изготовлению деталей и получению заготовок. Необходимость придерживаться такой последовательности объясняется тем, что построение технологических процессов изготовления деталей подчинено процессу сборки машины, а выбор способов получения заготовок и простановка размеров в их чертежах находятся в зависимости от технологии изготовления деталей. Только придерживаясь такой последовательности можно обеспечить с помощью технологии формирование размерных связей в машине, диктуемых ее служебным назначением.

Для разработки технологического процесса изготовления машины необходимы следующие исходные данные:

- описание служебного назначения машины;
- технические требования и нормы точности, вытекающие из служебного назначения машины;
- рабочие чертежи машины;
- число машин, намечаемых к выпуску в единицу времени по неизменяемым чертежам;

- условия, в которых предполагается организовывать и осуществлять изготовление машин (действующее или создаваемое предприятие, возможности кооперирования с другими предприятиями, условия снабжения, наличие и перспективы получения кадров и т. д.);
- плановые сроки подготовки производства и выпуска машины.

Все эти исходные данные необходимы для детального уяснения задачи, которая ставится перед технологическим процессом, и условий, в которых он должен осуществляться. Чем правильнее и глубже будет понята поставленная задача, тем быстрее и правильнее она будет решена.

Очень важно знать условия, в которых будет осуществляться технологический процесс. Если технологический процесс разрабатывается для создаваемого предприятия, свобода выбора оборудования, приспособлений и инструментов значительно шире, чем если бы он разрабатывался для действующего предприятия. В последнем случае пришлось бы привязывать технологический процесс к имеющемуся оборудованию, считаться с его загрузкой, учитывать возможности инструментального цеха и получения по кооперации заготовок, готовых деталей и сборочных единиц (крепежных деталей, подшипников, электродвигателей и др.).

Задачей каждого технологического процесса является экономичное изготовление машин, отвечающих их служебному назначению. Для успешного решения этой задачи используется следующий порядок разработки технологического процесса изготовления машины:

- изучение служебного назначения машины, технических требований, норм точности и критический анализ их соответствия служебному назначению;
- ознакомление с намечаемым количественным выпуском машин в единицу времени и по неизменяемым чертежам;
- изучение рабочих чертежей машины и их критический анализ с точки зрения возможности выполнения машиной ее служебного назначения, методов достижения геометрической точности, заложенных в конструкцию, технологичности конструкции машины;
- разработка технологии общей сборки машины и сборки ее сборочных единиц;

- изучение служебного назначения деталей, технических требований, норм точности и критический анализ их соответствия своему служебному назначению, а также анализ технологичности конструкции деталей;
- выбор наиболее экономичных способов получения заготовок, обеспечивающих требуемое качество деталей;
- разработка технологических процессов изготовления деталей;
- планировка оборудования и рабочих мест;
- оформление заказов на проектирование и изготовление оборудования, приспособлений и инструмента;
- внесение в технологический процесс коррективов и устранение допущенных ошибок и недочетов.

Изучение служебного назначения машины и анализ технических требований и норм точности. Приступая к разработке технологического процесса, технолог должен отчетливо представлять цель своей работы, каковой является изготовление качественной и экономичной машины. Для усвоения цели необходимо вникнуть в формулировку служебного назначения машины, ознакомиться с показателями ее качества, понять, как требования к качеству обеспечиваются конструкцией машины, и убедиться в правильности выдвинутых требований.

Каждая машина предназначена для выполнения определенного процесса, результатом которого является продукция того или иного вида. Поэтому изучение служебного назначения машины нужно начинать с ознакомления с результатами ее действия. Например, изучение служебного назначения станка необходимо начинать с ознакомления с формами, размерами и требованиями к точности деталей, для изготовления которых предназначен станок. Далее следует изучение требований к производительности, мощности, надежности станка и т. д.

Формулировка служебного назначения машины должна включать в себя перечень условий, в которых машине предстоит работать и производить продукцию требуемого качества в необходимых количествах. Условия работы машины следуют из технологического процесса с предельными отклонениями, характеризующими вид и качество исходного продукта, потребляемой энергии, режимы работы машины, состояние окружающей среды и т. п.

Любая машина выполняет технологический процесс с помощью различного рода связей (размерных, кинематических, дина-

мических, электрических, гидравлических, пневматических и др.), действующих между ее исполнительными поверхностями. Возможность осуществления связей, необходимых для работы машины, заложена в ее конструкцию в виде связей свойств материалов и размерных связей. Поэтому, изучая служебное назначение машины и выявляя соответствие ему технических требований и норм точности, технолог должен понять связь последних со служебным назначением машины и требованиями к ее качеству.

Следует отметить большую ответственность первого этапа в разработке технологического процесса изготовления машины. Практика показывает, что недооценка его важности нередко оказывается причиной производства недоброкачественных машин. При анализе технических требований и норм точности, заданных в чертежах или приложениях к ним, приходится сталкиваться с недостаточно глубоким их обоснованием. Недочеты исходных данных приводят к неправильной технологии изготовления машины, что неизбежно отражается на ее качестве.

Намечаемый выпуск машины. Ознакомление с намечаемым выпуском машин в единицу времени и по неизменяемым чертежам необходимо для выбора наиболее экономичных видов и форм организации производственных процессов сборки машины и изготовления деталей. Организация производственного процесса предопределяет построение технологических процессов, выбор оборудования и технологической оснастки, степень его механизации и автоматизации.

Стремление обеспечить более полную загрузку выбираемого оборудования может привести к выводам об экономической целесообразности изменения объема выпуска машин в ту или иную сторону. Такие выводы могут возникнуть на любых этапах разработки технологического процесса изготовления машины и построения производственного процесса.

Изучение рабочих чертежей машины. Рабочие чертежи машины изучают в целях ознакомления с ее устройством, функциями узлов, механизмов и деталей и размерных связей, обеспечивающих исполнение машиной своего служебного назначения.

Изучение следует начинать со сборочных чертежей машины. При этом в самом начале нужно выявить исполнительные поверхности машины и связи между ними, обеспечивающие выполнение машиной предписанного процесса. Далее следует определить механизмы и детали, с помощью которых эти связи осуществляются. Обычно к чертежам машины прилагают кинематическую, гидравлическую, электрическую и другие схемы, облегчающие выполне-

ние этой работы. Однако схемы размерных связей за редким исключением в чертежах машины не дают, поэтому технологу самому приходится выявлять конструкторские размерные цепи для того, чтобы разобраться в размерных связях, обеспечивающих относительное положение исполнительных поверхностей машины и необходимые формы движения в машине, выявить сборочные единицы и детали, с помощью которых в машине реализуются вышеуказанные связи, определить размерные связи между сборочными единицами и деталями, составляющими машину, установить характер связей между размерными цепями.

В результате изучения рабочих чертежей должны быть разработаны схемы размерных цепей, если таковые отсутствуют. Рабочие чертежи машины изучают на протяжении разработки всего технологического процесса изготовления машины. Это необходимо для изучения служебного назначения сборочных единиц и деталей, оценки технологичности их конструкции, выявления заложенных в конструкцию методов достижения требуемой точности машины, установления последовательности ее сборки, анализа правильности простановки размеров в чертежах, выбора технологических баз и решения прочих задач.

Ознакомление с чертежами машины на этой стадии разработки технологического процесса дает общее представление о ее устройстве, составных частях и конструктивном обеспечении действия связей, необходимых для исполнения машиной своего служебного назначения.

7.2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Последовательность технологического процесса изготовления детали. Задача разработки технологического процесса изготовления детали заключается в определении для данных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката, поставляемого на машиностроительное предприятие, к готовой детали. Выбранный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при ее наименьшей себестоимости.

Рекомендуется следующий порядок разработки технологического процесса изготовления детали:

- проанализировать технические требования и нормы точности;

- выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени, и наметить вид и форму организации производственного процесса изготовления;
- выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь или заготовка;
- определить технологический процесс получения заготовки, если неэкономично или физически невозможно изготавливать деталь непосредственно из полуфабриката;
- обосновать выбор технологических баз и установить последовательность обработки поверхностей заготовки;
- выбрать способы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности исходя из требований к качеству детали;
- рассчитать припуски и установить межпереходные размеры и допуски на отклонения всех показателей точности детали;
- оформить чертеж заготовки;
- выбрать режимы обработки, обеспечивающие требуемое качество детали и производительность;
- установить нормы на технологический процесс изготовления детали;
- сформировать операции из переходов и выбрать оборудование для их осуществления;
- выявить необходимую технологическую оснастку для выполнения каждой операции и разработать требования, которым должен отвечать каждый вид оснастки (приспособления для установки заготовки и режущего инструмента, режущий инструмент, измерительный инструмент и т. п.);
- разработать альтернативные варианты операций технологического процесса изготовления детали, рассчитать их себестоимость и выбрать наиболее экономичный вариант;
- оформить технологическую документацию;
- разработать технические задания на конструирование нестандартного оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструментов.

При разработке технологического процесса изготовления детали используют чертежи сборочной единицы, в состав которой вхо-

дит деталь, чертежи самой детали, сведения об объеме выпуска деталей, стандарты на полуфабрикаты и заготовки, типовые и групповые технологические процессы, технологические характеристики оборудования и инструмента, различного рода справочную литературу, руководящие материалы, инструкции, нормативы.

Технологический процесс разрабатывают либо с привязкой к действующему, либо для создаваемого производства. В последнем случае технолог обладает большей свободой в принятии решений по построению технологического процесса и выбору средств для его осуществления.

Разработка технологического процесса требует глубоких знаний свойств материалов, используемых для их обработки процессов и явлений, сопровождающих изготовление деталей. Разрабатывая технологический процесс, технолог неукоснительно должен стремиться к обеспечению требуемого качества деталей, максимальной производительности процесса и минимальной себестоимости изготавливаемых деталей.

Анализ технических требований и норм точности. Разработка технологического процесса изготовления любой детали должна начинаться с анализа технических требований и норм точности, заданных чертежом.

Анализ технических требований и норм точности следует вести в двух направлениях. Прежде всего, должна быть сделана оценка технических требований и норм точности с качественной стороны. Эта оценка касается правильности формулировок технических требований, правильности размерных связей, установленных между поверхностями детали, наличия необходимых размеров, формы задания допусков, достаточности технических требований и норм точности и т. п.

Проводя качественный анализ, в первую очередь необходимо обратить внимание на относительные положения поверхностей в комплексах конструкторских баз и свободных поверхностей.

Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления деталей. Вид и форму организации производственного процесса изготовления деталей выбирают в соответствии с их количественным выпуском. Прежде всего необходимо выяснить возможность использования наиболее производительных вида и формы организации производственного процесса (непрерывного или переменного потока). Непрерывно-поточное производство можно организовать при условии, что технологическое оборудование будет полностью загружено изготовлением деталей одного наименования. В тех случаях, когда относительно неболь-

шое число малотрудоемких деталей делают неэкономичным использование непрерывно-поточного производства, детали объединяют в группы по признакам близости служебного назначения, конструктивных форм, размеров, технических требований, материалов. Объединение деталей в группы позволяет использовать метод групповой технологии и организовать переменнo-поточное производство.

Там, где незначительное число одноименных деталей делает неэкономичным их изготовление поточными методами, остается возможность создания технологически замкнутых участков с использованием высокопроизводительного оборудования, технологической оснастки и применением метода групповой технологии.

В мелкосерийном и единичном производстве приходится организовывать участки, объединяющие оборудование со сходным служебным назначением.

Выбор полуфабриката и технологического процесса изготовления заготовок. Задачей разработчика технологического процесса на этом этапе является определение кратчайшего и экономичного пути превращения полуфабриката, производимого металлургической, химической и другими отраслями промышленности, в готовую деталь.

Для изготовления деталей машиностроительные предприятия используют разнообразные виды прокатов черных и цветных металлов, стальные слитки, чугун и алюминий в виде чушек, порошковые металлические материалы, гранулированные и порошковые пластические материалы и т. п. При избранном конструктором материале детали возможны различные пути превращения полуфабриката в готовую деталь. Опыт показывает, чем короче будет путь такого превращения, тем более экономичным оказывается технологический процесс изготовления детали. Поэтому при разработке технологического процесса прежде всего необходимо оценить возможность изготовления детали непосредственно из полуфабриката.

Можно привести многочисленные примеры, когда полуфабрикаты для получения деталей используют в качестве исходного материала. Так, на токарных прутковых автоматах, револьверных станках детали изготавливают из круглого проката. Некоторые детали можно изготавливать из профильного проката, номенклатура которого довольно широка.

Болты и гайки изготавливают на холодновысадочных автоматах, объединяемых часто в автоматические линии. Исходным полуфабрикатом для изготовления болтов является бунт проволоки.

Первые три перехода выполняются на первом холодно-высадочном автомате, два последующих — на втором, шестой — на резьбонакатном автомате, последним переходом является термическая обработка.

Получать детали в готовом виде в ряде случаев удается методами точного литья, пластического деформирования и прессованием металлических порошков. Тех же результатов достигают при изготовлении деталей из пластмасс с помощью литьевых машин.

Если для изготовления детали нельзя подобрать полуфабрикат, который можно сразу превратить в готовую деталь, приходится сначала превращать полуфабрикат в заготовку, а затем — заготовку в готовую деталь. В таких случаях необходимо выбирать полуфабрикат, обеспечивающий экономичное получение заготовки, и изыскивать способ получения заготовки, позволяющий превратить ее в деталь с наименьшими затратами труда и материала.

В современном машиностроении для получения заготовок деталей используют разнообразные технологические процессы и их сочетания: различные способы литья (в землю, в опоках, кокильное, центробежное, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, под давлением и др.), различные способы пластического деформирования металлов (свободная ковка, ковка в подкладных штампах, штамповка на молотах и прессах, периодический и поперечный прокат, высадка, выдавливание и др.), резку, сварку, комбинированные способы штамповки-сварки, литья-сварки, порошковую металлургию и др.

Заготовки для ответственных деталей, например для современных авиационных двигателей, в зависимости от служебного назначения детали подразделяют на три группы контроля по методу приемки.

В первую группу контроля включают заготовки, материал каждой из которых должен проверяться на соответствие механических свойств заявленным параметрам. Размеры каждой такой заготовки должны быть несколько увеличены, чтобы из имеющегося объема материала изготовить образцы для испытаний.

Во вторую группу контроля включают заготовки, материал которых должен проверяться на соответствие механических свойств заявленным параметрам по одной-двум заготовкам из партии при проверке твердости материала каждой заготовки.

В третью группу контроля включают заготовки, твердость материала которых должна проверяться на соответствие заявленным значениям в состоянии поставки.

Группа контроля указывается на рабочем чертеже заготовки.

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие:

- конструктивные формы готовой детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- размеры и масса заготовки;
- количество деталей, выпускаемых в единицу времени по неизменяемым чертежам, и объемы партий;
- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;
- себестоимость заготовки, получаемой выбранным способом;
- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Критерием избираемого процесса получения заготовки служит ее себестоимость с учетом затрат на изготовление детали.

Корпусные детали. Корпусные детали отличаются большим разнообразием конструктивных форм, размеров, массы и материалов, используемых для их изготовления. В настоящее время наиболее распространенными технологическими процессами изготовления заготовок корпусных деталей являются литье, в меньшей степени — резка-гибка, сварка, штамповка и литье-сварка. Последние два процесса, по-видимому, получат в ближайшее время значительно большее распространение благодаря достоинствам и дальнейшему бурному развитию технологии литья, сварки и штамповки.

Заготовки корпусных деталей, рам и оснований больших габаритных размеров и наиболее сложных конструктивных форм получают при помощи литья обычно с использованием закрытой почвенной формовки по моделям, шаблонам, скелетным моделям, контрольным сечениям и т.п. Как правило, применяется ручная формовка с использованием простейших средств механизации (пневматические трамбовки, подъемники и т.д.).

За последнее время при изготовлении отливок корпусных и других деталей в машиностроении появились новые процессы, значительно приближающие заготовки к требованиям, предъявляемым к готовым деталям. Основным из них является литье в оболочковые формы (оболочковые вставки), изготавливаемые из химически твердеющих смесей с жидким стеклом. Процесс химического твердения оболочковых форм или их частей осуществляется продувкой уплотненной смеси диоксидом углерода (угле-

кислым газом) до их отделения от моделей или стержневых ящиков.

После сборки оболочковой формы из составляющих ее отдельных частей — оболочек — производится ее заливка металлом. Полученная отливка отличается припусками на обработку, составляющими примерно 5...7 мм на сторону вместо 12...18 мм при обычном способе литья в землю. В связи с этим в приведенном примере масса стружки, снимаемой при механической обработке отливки, сократилась с 756 до 314 кг, или на 58,5%; общая трудоемкость снизилась с 432 до 312 нормо-ч (на 26,5%), причем время, затрачиваемое на механическую обработку, сократилось с 208 до 128 нормо-ч (на 38,4%).

За последние годы в связи с дальнейшими успехами электро-сварки появились новые технологические возможности получения заготовок крупных деталей. Заготовку делают на ряд простых частей, каждая из которых получается при помощи литья. Последующей сваркой отдельные части соединяются, образуя литейно-сварную заготовку детали. Так, например, получают заготовки статоров диаметром 14 000 мм для больших гидротурбин. Для этого статор делят на два кольца и надлежащее число ребер, получаемых литьем и соединяемых сваркой. В результате цикл изготовления статоров сократился больше чем в 2 раза по сравнению с изготовлением цельнолитой детали, резко сократилась и трудоемкость изготовления статора.

При изготовлении заготовок ряда деталей их отдельные части получают газовой резкой и гибкой с последующей сваркой.

Основными достоинствами рассмотренного типа заготовок является устранение расходов на изготовление дорогостоящих моделей, значительное сокращение цикла изготовления, экономия металла и обычно меньшая трудоемкость изготовления. Многие ответственные сварные заготовки корпусных деталей сложных конструктивных форм требуют отжига для снижения внутренних напряжений, образующихся при сварке. Без отжига сварные детали такого типа во время и после их обработки теряют достигнутую точность, что сказывается на увеличении себестоимости изготовления и эксплуатации.

Несмотря на отмеченные недостатки, последние способы получения крупных заготовок находят все более широкое применение, особенно при изготовлении деталей больших габаритных размеров и массы, литье которых целиком трудно выполнимо, требует много времени и связано с риском получения неисправимого брака.

Вопрос о выборе технологического процесса получения заготовки в каждом конкретном случае решается как комплексная задача на основе технико-экономических расчетов.

Менее точные заготовки деталей получают при помощи литья в земляные формы с использованием ручной, пескоструйной и машинной формовки. Ручная формовка даже с использованием пневматических трамбовок и других средств механизации отличается малой производительностью и получением отливок относительно невысокой точности, поэтому используется в основном при получении заготовок деталей, изготавливаемых единицами или в малых количествах.

Более высокая точность отливок по сравнению с получаемой при формовке в почву и более высокая производительность позволяют экономично использовать опочную формовку с набивкой пескоструйным методом при изготовлении заготовок деталей, отличающихся большими габаритными размерами в плане и по высоте (станины станков, рамы, столы, коробки, траверсы) при их единичном и серийном изготовлении.

Машинная формовка по сравнению с ручной имеет следующие преимущества:

- более высокую точность форм при удалении из них моделей;
- возможность уменьшения формовочных уклонов;
- получение форм больших прочности и однородности уплотнения вследствие механизации процесса уплотнения;
- меньшую трудоемкость формовки с использованием менее квалифицированного труда.

В результате применения машиной формовки отливки получают более точными по размерам и геометрическим формам, с меньшими колебаниями по массе. С одной формовочной машины в смену в зависимости от сложности отливок можно снять в среднем от 30 до 360 форм. Относительно высокая точность отливок, получаемых при помощи машинной формовки, при высокой производительности процессов и невысокой трудоемкости делает этот способ одним из основных в производстве литых заготовок различных корпусных и других деталей при серийном и массовом производстве.

Машинная формовка, заливка, выбивка и очистка отливок организуются в виде поточного производства с использованием рольгангов и непрерывно движущихся напольных и подвесных конвейеров.

В последние годы на ряде предприятий нашло применение получение заготовок корпусных деталей, столов и плит при помощи кокильного литья. При этом способе используется сочетание металлической формы с земляным стержнем. Экономическая эффективность этого вида заготовок в значительной степени зависит от стоимости изготовления постоянных металлических форм.

В практике машиностроения разработаны простые и дешевые способы изготовления кокилей, обладающих достаточной стойкостью, что сделало экономичным использование этого способа для получения отливок таких деталей, как коробки скоростей, столы, салазки станков и других деталей.

Заготовки, полученные при помощи полукокильного литья, отличаются точностью и правильностью геометрических форм — меньшими припусками на обработку и их меньшими колебаниями. Результатом являются экономия металла и сокращение трудоемкости механической обработки отливок.

Для изготовления литых заготовок мелких корпусных и ряда других деталей используется литье под давлением до 10^4 Па и более. Для литья используются пресс-формы, изготавливаемые из жаростойких сплавов, допускающих нагрев до $1\,000^\circ\text{C}$. Поэтому литье под давлением используется для отливок из цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов, латуни и бронзы. Полученные литые заготовки отличаются высокой точностью размеров и форм (порядка $0,02 \dots 0,04$ мм). Заготовка, отлитая под давлением, обычно подвергается только отделочной обработке плоских поверхностей и отверстий, сверлению отверстий малых (не более 2 мм) диаметров и большой длины.

Все это позволяет сократить трудоемкость механической обработки отливок, получаемых литьем под давлением, на $80 \dots 85\%$ по сравнению с обычными литыми заготовками.

За последнее время наметилось расширение области применения литья под давлением для получения заготовок средних размеров (например, алюминиевых массой до 60 кг и выше). Получение точных литых заготовок средних размеров позволит резко сократить трудоемкость механической обработки отливок, особенно таких, как сложные детали реактивных двигателей (крыльчатка вентилятора, корпус маслопомпы и др.).

Для изготовления заготовок некоторых корпусных и других деталей средних размеров используются такие технологические процессы, как штамповка, сварка, резка, гибка. Заготовки детали предварительно разделяют на несколько более простых частей. Отдельные части изготавливают из листового, ленточного, сорто-

вого или профильного материала путем резки, гибки, штамповки, после чего соединяют при помощи сварки, образуя заготовки деталей. Заготовки, полученные штамповкой отдельных частей и их последующей сваркой, получили название штамповсварных.

Основными достоинствами деталей, изготовленных из перечисленных заготовок, являются наиболее полное использование свойств материалов, вследствие чего достигается уменьшение массы деталей и отходов, и незначительная продолжительность цикла изготовления деталей по сравнению с литьем. Недостатком данного способа является необходимость отжига заготовок для сниже-



Рис. 7.1. Два различных способа получения заготовки корпуса заднего моста грузового автомобиля:

а — из трубы; б — из листа

ния внутренних напряжений, возникающих при сварке, в целях уменьшения деформаций деталей.

Использование электросварки позволяет получить заготовку корпуса из листового материала толщиной 7,5 мм, сгибаемого на трехвалковой гибочной машине или в штампах на прессе с последующей сваркой по образующей. Новый вид заготовки снижает ее массу с 20,8 до 4,8 кг, общий расход металла в 4 раза и трудоемкость обработки в 12 раз.

В качестве примера на рис. 7.1 показан процесс формообразования заготовок корпуса заднего моста грузового автомобиля из трубы (рис. 7.1, а) и листа (рис. 7.1, б) с последующей приваркой фланца и других частей, на которые предварительно была разделена заготовка.

Опыт машиностроения показывает, что штампосварные заготовки получили наиболее широкое применение при изготовлении деталей большими сериями и особенно при их массовом производстве, когда расходы на изготовление штампов и другой технологической оснастки, приходящиеся на одну деталь, становятся незначительными.

Особого внимания заслуживает получение штампосварных заготовок, части которых изготавливают из металлической ленты шириной в ряде случаев до 1,5 м. Части заготовок, полученные на одном или нескольких прессах, соединяются сваркой. При массовом выпуске деталей устанавливают несколько прессов, образующих автоматически действующую линию. Такая линия используется, например, для выпуска готовых частей кузова легкового автомобиля.

Большая производительность и сравнительно малая занимаемая площадь делают экономичным внедрение рассмотренного вида получения частей заготовок и деталей в условиях массового поточного производства.

Заготовки для валов. Подавляющее большинство заготовок для изготовления различных валов на машиностроительных предприятиях изготавливают из стали различных марок. Использование в качестве заготовки круглого проката экономично только для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшой разницей в диаметрах шеек, так как в противном случае получаются значительные отходы металла в стружку и затраты на обработку резанием.

Заготовки для многоступенчатых и коленчатых валов, изготавливаемых единицами, получают при помощи свободнойковки, под ковочными молотами и прессами.



Рис. 7.2. Заготовка коленчатого вала, выполненная с напуском

В процессековки предварительно нагретый кусок металла свободно устанавливают и координируют на молоте или прессе рабочий или бригада рабочих с использованием необходимых подъемных средств или специальных манипуляторов, механизмирующих эту работу. Используемый инструмент, также свободно устанавливаемый, координирует рабочий относительно поковки или молота (пресса).

Для упрощения конфигурации заготовок по сравнению с готовой деталью в целях облегчения ее изготовления нередко прибегают к добавлению к заготовке некоторого объема металла, получившего название **напуска**. Примером может служить заготовка коленчатого вала, показанная на рис. 7.2.

В зависимости от размеров деталиковка ведется с одного или нескольких нагревов, каждый нагрев вызывает появление окалины и дефектного поверхностного слоя металла. В результате точность заготовки, полученной методом свободнойковки, и другие показатели ее качества, зависящие почти целиком от квалификации рабочих, отличаются большими колебаниями, для компенсации которых приходится оставлять большие припуски на механическую обработку, что удорожает изготовление валов. Применение подкладных штампов и фигурных бойков при получении заготовки позволяет значительно приблизить заготовку к требова-

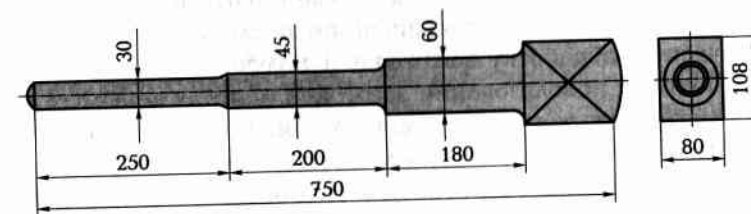


Рис. 7.3. Кованая заготовка ступенчатого вала

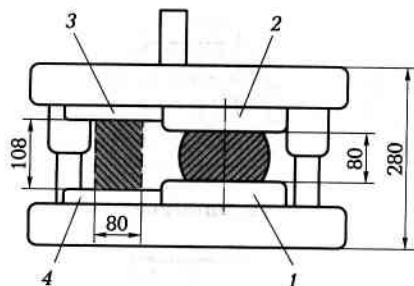


Рис. 7.4. Схема формирования головки ступенчатого вала:

1, 2 — мерные подкладки для получения размера 80 мм; 3, 4 — мерные подкладки для получения размера 108 мм

ниям готовой детали за счет сокращения напусков, припусков и особенно допусков на припуски.

При замене ковочного молота кривошипным прессом появляется ряд дополнительных возможностей достижения точности и других характеристик качества заготовок, получаемых с помощью подкладных штампов и других видов инструмента. В качестве примера на рис. 7.3 показана кованая заготовка ступенчатого вала, а на рис. 7.4 — схема формирования головки этого вала размером 80...108 мм при помощи подкладного инструмента. Из рис. 7.4 видно, что размеры головки получаются за два хода пресса с поворотом заготовки на 90°. Так как ход пресса постоянен, при формировании головки вала используются мерные подкладки 1 и 2 для получения размера 80 мм и 3 и 4 — для получения размера 108 мм.

Постоянство хода кривошипного пресса и жесткость системы пресс — приспособление — подкладки позволяют получить значительно более высокую точность размеров головки вала, чем это может быть осуществлено на ковочном молоте. Для получения поверхностей шеек вала также используются подкладки необходимой формы и размеров.

Дополнительные расходы, связанные с изготовлением подкладных штампов, окупаются сокращением последующих расходов на механическую обработку заготовки и получаемой экономией металла. Поэтому использование заготовок, изготавливаемых в подкладных штампах, экономично даже при их производстве в небольших количествах (от нескольких штук до нескольких десятков). Бóльшее приближение заготовок к требованиям, предъявляемым к готовым деталям, достигается путем их штамповки в открытых и закрытых штампах. Штампы делают одно- и многоручьевыми.

Получение заготовок в одноручьевых штампах обычно осуществляют путем нескольких ударов ковочного молота. При этом происходит довольно интенсивный износ штампов, вызываемый появлением внецентровых ударов и наличием окалины.

Окалину выдувают при каждом подъеме верхней части штампа, что делается также для уменьшения припуска, необходимого для компенсации дефектного поверхностного слоя металла, в который вдавливаются окалина.

Для снижения расходов, связанных с амортизацией штампов, заготовку, поступающую на штамповку, предварительно приближают по размерам и форме к штампованной заготовке при помощи свободнойковки,ковки с подкладными штампами или использованием периодического проката.

Характерным недостатком штамповки в открытых штампах является образование вокруг заготовки облоя по плоскости разреза верхней и нижней частей штампа. Удаление облоя осуществляют в обрезных штампах. Штамповка на штамповочных молотах благодаря отсутствию жесткой связи в системе молот — верхняя и нижняя части штампа всегда дает колебания размеров штампованных заготовок в направлении удара.

Относительно высокая стоимость изготовления и содержания штампов, особенно многоручьевых, делает экономичным использование штамповки на штамповочных молотах при крупносерийном и массовом производстве валов и других подобных деталей.

Использование кривошипных ковочно-штамповочных прессов позволяет сократить расходы на амортизацию и содержание штампов вследствие повышения их стойкости за счет безударной работы пресса. Постоянство хода ползуна позволяет уменьшить колебания размеров штампованных заготовок в направлении усилия, а возможность использования жестких выталкивателей заготовок из штампа — уменьшить штамповочные уклоны, повысить точность заготовок и сократить на 1...15% расход металла и стоимость последующей обработки резанием.

Безударная работа ковочно-штамповочных прессов дает возможность легко встроить их в комплексные поточные линии и автоматизировать производство заготовок.

Производительность кривошипных ковочно-штамповочных прессов в 1,5 раза больше производительности штамповочных молотов. Подсчеты показывают, что получение заготовок валов и других подобных деталей рассмотренным способом экономично в ряде случаев даже при изготовлении их в относительно небольших количествах.

Для изготовления в значительных количествах валов небольших габаритных размеров применяют экономичный способ получения заготовок на горизонтально-ковочных машинах. В качестве исходного полуфабриката для получения заготовок обычно используют круглые прутки, полученные прокаткой. Инструментом служит одно- или многоручьевый штамп, состоящий из двух половин, и пуансон, совершающий поступательно-возвратные движения в горизонтальной плоскости. Жесткость конструкции машины и возможность регулировки объема исходного материала с большой точностью позволяют получать заготовки валов и других деталей с незначительными колебаниями припусков, малошероховатой поверхностью и небольшими (не более 0,5...1 %) отходами металла в заусенцы, легко удаляемые при помощи наждачного круга. Производительность горизонтально-ковочных машин достигает 900 заготовок в час.

Значительного внимания и распространения заслуживает использование поперечно-винтовой прокатки для получения заготовок многоступенчатых валов, полуосей автомобилей и других деталей. На рис. 7.5 представлена схема получения заготовки переменного профиля на трехвалковом стане. Радиальные перемещения валков 1, необходимые для получения требуемой формы заготовки, осуществляются при помощи трех гидравлических цилиндров 2, управляемых щупом 3, скользящим по копировальной линейке 4.

Основными достоинствами рассматриваемого способа получения заготовок являются:

- более высокая точность по сравнению со штампованными заготовками (отклонения от требуемых размеров составляют в среднем не более 1 % по диаметру и не более 1,5 мм по длине);
- экономия металла до 24...30 %;
- повышение механических свойств металла по сравнению с заготовками, полученными ковкой или обработкой из целого куска металла;
- высокая производительность, характеризуемая средней скоростью выхода заготовок из валков 6...10 м/мин;
- возможность производства широкой номенклатуры заготовок благодаря простоте и скорости переладки;
- возможность полной автоматизации процесса.

Эти достоинства создают необходимые предпосылки для внедрения нового способа получения заготовок валов и других деталей как в условиях массового, так и серийного производства.

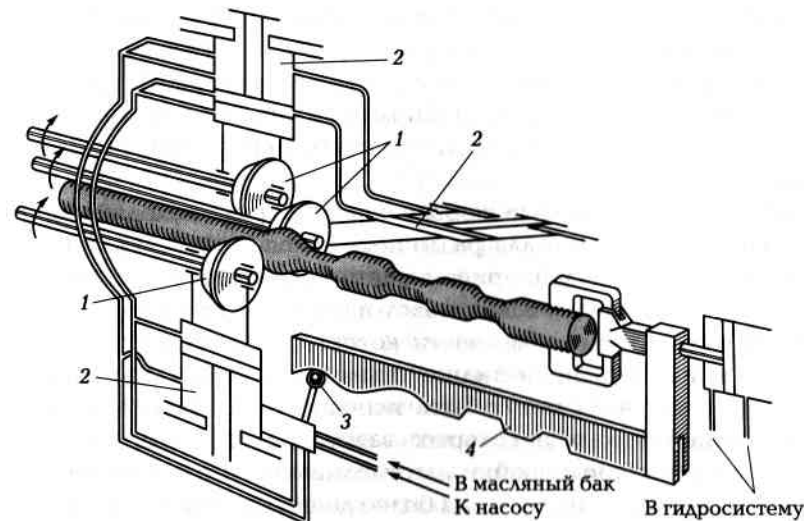


Рис. 7.5. Схема получения заготовки переменного профиля на трехвалковом стане:

1 — валки; 2 — гидравлические цилиндры; 3 — щуп; 4 — копировальная линейка

Для получения литых заготовок используются все ранее рассмотренные методы литья. Для получения качественных литых заготовок длинных валов целесообразно производить заливку металла в формы с вертикальным расположением оси отливаемой заготовки. Ряд заготовок не только заливают, но и формуют в специальных, вертикально располагаемых формах.

Для получения более качественных литых заготовок пустотелых валов используют центробежный способ литья, при котором заготовка получает требуемую форму путем использования центробежной силы расплавленного металла, создаваемой вращением изложницы вокруг своей оси. При этом внутренняя поверхность самой отливки всегда получается цилиндрической или в виде параболоида вращения (при вертикальной оси вращения изложницы).

Основными достоинствами центробежного литья пустотелых заготовок являются сокращение расхода жидкого металла, что снижает массу литых заготовок пустотелых валов и других деталей и приводит к сокращению трудоемкости и себестоимости их механической обработки.

Литые заготовки коленчатых валов автомобильных двигателей требуют только обработки шеек, шлифования, сверления мелких

отверстий, обработки шпоночных канавок, нарезания резьбы и других мелких операций. Время на обработку сокращается на 60...70 % по сравнению с обработкой штампованных заготовок.

В оболочковых (корковых) формах отливают заготовки массой до 100 кг из серого, ковкого чугуна, стали, алюминиевых и медных сплавов.

Заготовки, отливаемые в оболочковые формы, находят широкое применение не только для различных валов, но и для других особенно сложных деталей, причем с автоматизацией их получения.

Для получения заготовок некоторых валов средних и небольших размеров, отдельные части которых работают в различных условиях, находит применение стыковая сварка. При этом для разных частей вала могут быть использованы различные марки стали. Например, у некоторых валов, работающих на опорах скольжения, опорные шейки изготавливают из легированной стали, в то время как другие — из более дешевых марок сталей. Этим достигается экономия на расходах на материал и обработку за счет сокращения припусков на обработку.

Заготовки зубчатых колес. Зубчатые колеса изготавливают в основном из различных марок сталей, реже чугунов, цветных металлов и сплавов, пластмасс и других материалов.

При изготовлении зубчатых колес небольшого диаметра (до 60...80 мм) с небольшой разницей диаметров зубчатого венца и ступицы считается экономичным использование в качестве заготовок калиброванных прутков материала. В зависимости от количества изготовления зубчатых колес ведется обычно или на revolverных станках, или на одно- и многшпиндельных автоматах. Объясняется это тем, что при данных способах обработки отходы металла обычно не выше, чем при изготовлении зубчатых колес из штампованных заготовок, получаемых (при малых диаметрах) без прошивного отверстия и с потерями металла на облой. Трудоемкость изготовления зубчатых колес малых диаметров из пруткового материала обычно ниже, чем из штампованных заготовок.

Изготавливать зубчатые колеса диаметром более 80 мм экономичнее из штучных заготовок. При этом для получения штучных заготовок в зависимости от размеров, материала, конструктивных форм и потребного количества могут использоваться свободная ковка, штамповка в подкладных, открытых и закрытых штампах, на ковочных молотах и прессах, штамповочных молотах и кривошипных прессах, горизонтально-ковочных машинах.

Изготовление заготовок свободной ковкой на ковочных молотах и прессах может быть рекомендовано только при единичном и

мелкосерийном производстве зубчатых колес или в тех случаях, когда отсутствует необходимое оборудование для получения более качественных заготовок.

Опыт показывает, что даже при изготовлении заготовок в количестве 200—300 шт. по неизменяемому чертежу экономичен переход на использование штампов. Предварительная группировка деталей по размерам и подобию конструктивных форм способствует сокращению расходов на штампы, в расчете на одну заготовку, вследствие возможности использования их основных деталей для изготовления большего количества подобных заготовок.

С увеличением количества зубчатых колес, подлежащих изготовлению, становится экономичным использование штамповки в открытых штампах, осуществляемой на штамповочных молотах и прессах или на более производительных кривошипных прессах. Получение штампованных заготовок в открытых штампах производится с образованием значительных штамповочных уклонов (внешних поверхностей примерно 7° , внутренних — примерно 10°), что приводит не только к увеличенным припускам на обработку, но и к трудностям, связанным с надежным закреплением и обработкой деталей. По данным автотракторных заводов, расход металла на образование штамповочных уклонов доходит до 2...8 % массы заготовки. При штамповке в открытых штампах теряется свыше 20 % металла на образование облоя, требующего, помимо того, дополнительных расходов на его обрезку.

Штампованные заготовки, получаемые на штамповочных молотах, отличаются меньшими припусками на обработку и колебанием их величин по сравнению с получаемыми свободной ковкой и в подкладных штампах.

Лучшие результаты по производительности и качеству штампованных заготовок дают штамповочные кривошипные прессы, работающие без ударов, их производительность по сравнению со штамповочными молотами выше на 60...100 %. При этом сокращаются расходы, приходящиеся на одну заготовку, главным образом за счет сокращения стоимости штампов и повышения их стойкости. Поэтому штамповку следует производить на штамповочных кривошипных прессах.

В целях наибольшего приближения формы заготовки к форме готовой детали штамповку выполняют с использованием двух или более отдельных штампов или многоручьевых штампов. При этом имеется возможность сократить штамповочные уклоны с 7° до 3° и уменьшить припуски на обработку и их колебания у партии заготовок.

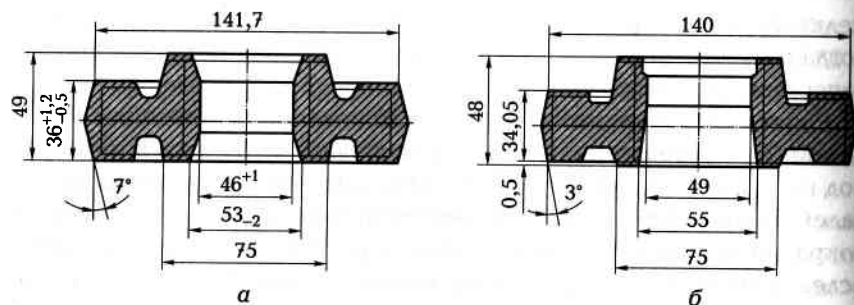


Рис. 7.6. Заготовка зубчатого колеса:

а — полученная на штамповочном молоте; б — полученная на кривошипном прессе

Для иллюстрации изложенного на рис. 7.6 показаны две заготовки зубчатого колеса, из которых одна получена штамповкой на штамповочном молоте, вторая — на кривошипном прессе. При штамповке на молоте расходуется 4,68 кг металла при массе готовой детали 2,35 кг; при штамповке на кривошипном прессе расходуется 4 кг, т.е. на 14,5 % меньше. Как видно из рис. 7.6, припуск на обработку почти по всем размерам также значительно меньше.

Еще большее приближение заготовки к требованиям, предъявляемым к готовой детали, обеспечивает штамповка в закрытых штампах.

На рис. 7.7 дана принципиальная схема безоблойной штамповки в закрытом штампе. Для удаления заготовки из штампа используют механические выталкиватели. Количество заготовок, получаемых в закрытых штампах, растет, так как удается почти полностью избавиться от штамповочных уклонов.

Наиболее широкое применение закрытые штампы получили на горизонтально-ковочных машинах.

Вопрос о выборе технологического процесса получения заготовок зубчатых колес в зависимости от их количества, подлежащего изготовлению по неизменяемому чертежу, должен решаться как комплексная задача нахождения наиболее экономичного варианта изготовления зубчатого колеса в целом.

В первом приближении можно сказать, что для изготовления зубчатых колес малых размеров (диаметром меньше 80 мм) в небольших количествах экономично использовать калиброванные прутки материала, а при больших количествах колес — штучные заготовки, полученные на горизонтально-ковочных машинах.

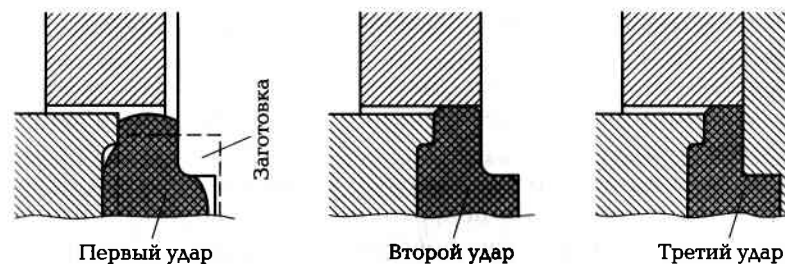


Рис. 7.7. Принципиальная схема безоблойной штамповки в закрытом штампе

С увеличением размеров зубчатых колес, изготавливаемых единицами или в небольших количествах, можно использовать свободную ковку, выяснив предварительно, не будет ли экономичнее использовать при этом подкладные штампы.

При увеличении количества колес до несколько сотен необходимо переходить к штамповке, по возможности в закрытых штампах с использованием штамповочных кривошипных прессов, а при больших количествах и надлежащих размерах использовать горизонтально-ковочные машины.

Для сокращения расхода металла на изготовление зубчатых колес и снижения их себестоимости в последнее время практическое применение получил метод накатки зубьев. Существуют два способа накатки зубьев на штампованных заготовках или заготовках, прошедших механическую обработку резанием, при помощи валков, представляющих собой зубчатые колеса того же модуля, что и накатываемые.

При первом способе накатки расстояние между валками остается постоянным. По мере индукционного нагрева заготовки (которая может быть длинной цельной или состоять из набора заготовок) ей сообщается осевая подача со скоростью 6...8 мм/с (снизу вверх). Для облегчения захвата заготовки заборная часть валков делается конической.

При втором способе накатка штучных заготовок осуществляется после установки их на оправку и индукционного нагрева путем перемещения валков в радиальном направлении. Температура нагрева заготовки 1 050...1 100 °С, температура в конце процесса накатки должна быть не ниже 850...950 °С. Окружная скорость накатки 0,2...0,5 мм/с. Производительность стана при втором способе накатки зубьев достигает 60 больших колес в час (диаметром до

600 мм с модулем до 10) и 1 500 малых колес (диаметром до 24 мм с модулем 3).

Накатка зубьев позволяет сэкономить 10...15 % металла и повысить стойкость накатанных зубьев по сравнению с нарезанными («сырыми») на 20...50 %.

Накатка дает достаточно высокую точность наружной поверхности головок зубьев, эта поверхность и используется в качестве одной из баз при обработке поверхности отверстия. При некоторых способах накатки зуба на детали одновременно производят обработку резанием поверхности головок зубьев и торцов для использования их в качестве технологических баз при обработке поверхностей центрального отверстия.

Не исключена возможность использования литья в оболочковые (корковые) формы и центробежного литья для получения литых заготовок зубчатых колес вместо штампованных.

Заготовки деталей типа рычагов, вилок и профильных стержней. Детали типа рычагов, вилок и профильных стержней (шатунны, балки передних осей автомобилей, крюки) изготавливают из чугунов обычных марок, ковкого чугуна, различных марок сталей, цветных металлов и сплавов. При получении литых чугунных заготовок для перечисленных деталей в зависимости от их количества и размеров используют разные виды формовки.

Заготовки из ковкого чугуна применяют для изготовления деталей, испытывающих при работе толчки и удары.

Отличительной особенностью заготовок из ковкого чугуна является необходимость их отжига, в результате которого многие заготовки теряют правильность геометрических форм вследствие коробления. Поэтому в дополнение к отжигу многие заготовки подвергают правке.

Все это удорожает производство и в ряде случаев делает более экономичным замену заготовок из ковкого чугуна стальными литыми, коваными, штампованными.

Заготовки ряда деталей, особенно сложных конструктивных форм и небольших габаритных размеров, экономично получать при помощи литья по выплавляемым моделям. Заготовки мелких рычагов, собачек, лопаток роторов газовых турбин и других деталей отливают этим способом даже при изготовлении небольших количеств заготовок.

Применение давления (пневматического или от центробежной силы) при заливке форм обеспечивает получение отливок, не уступающим кованым по механическим свойствам. Отсутствие у формы плоскостей разъема позволяет получить точную форму заго-

товки без перекосов, смещений и заусенцев. Изготовленные этим методом заготовки отличаются высокой точностью и в ряде случаев совсем не нуждаются в обработке резанием или позволяют сократить ее на 90...95 %.

Ниже указаны допуски, устанавливаемые на размеры отливок, полученных методом литья под давлением:

Размеры отливок, мм.....До 6	Свыше 6	Свыше 12
Допуски, мм..... $\pm 0,06$	$\pm 0,08$	$\pm 0,1$
Размеры отливок, мм.....Свыше 25	Свыше 50	Свыше 100
Допуски, мм..... $\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,25$

По выплавляемым моделям изготавливают отливки из чугуна, различных марок легированных сталей, твердых сплавов и других материалов.

Процесс литья по выплавляемым моделям заключается в получении эталона детали или заготовки, изготовлении по нему пресс-формы для получения выплавляемых моделей, изготовлении моделей оболочки и формы, выплавке модели и прокаливании формы, заливке ее металлом, выбивке и очистке отливок и удалении литников.

Стальные заготовки рассматриваемых типов деталей получают свободной ковкой при изготовлении единичных заготовок или заготовок в небольшом количестве. С увеличением количества заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемому чертежу, становится экономичным использовать подкладные штампы для формообразования заготовки в целом или ее отдельных более сложных частей (например, концов рычага).

При больших количествах заготовок, особенно в массовом производстве, экономично использовать штамповку в открытых и тем более в закрытых штампах на штамповочных молотах, лучше — на кривошипных и фрикционных прессах, горизонтально-ковочных машинах и ковочных вальцах. Последние, однако, дают заготовки, отличающиеся невысокой точностью размеров и недостаточным приближением формы заготовки к форме готовой детали. Поэтому ковочные вальцы обычно используют для предварительного высокопроизводительного формирования заготовки из исходного полуфабриката.

Окончательное формирование заготовки производится в штампах на штамповочных молотах, кривошипных прессах или горизонтально-ковочных машинах.

Такой комбинированный процесс позволяет во многих случаях получать высококачественные штампованные заготовки с наибольшей производительностью и снизить их себестоимость.

Для получения заготовок, максимально приближающихся к требованиям, предъявляемым к готовым деталям, используются калибровка и чеканка штампованных заготовок. Наибольший эффект от использования этих процессов достигается в тех случаях, когда они полностью или частично заменяют обработку деталей резанием.

В результате калибровки и чеканки можно получить заготовки, не требующие обработки наружных поверхностей деталей, так как размеры, форма и шероховатость поверхностей нередко укладываются в допуски 7-го качества точности. Обычно остается только обработка внутренних поверхностей отверстий, пазов и т. п.

Калибровка представляет собой как бы дополнительную штамповку заготовок для повышения их точности и других характеристик качества. Калибровку производят обычно с одного нагрева, сразу после штамповки и обрезки заусенцев, чтобы избежать снижения качества поверхности из-за образующейся при каждом нагреве окалины. Для калибровки используют штамповочные прессы, молоты и фрикционные прессы. Для чеканки конструируют и изготавливают специальные штампы и используют специальные чеканочные прессы мощностью от 30 до 2 500 т. Чеканка заготовок производится после их термической обработки, холодной правки и очистки от окалины.

Практически при многократной чеканке достигается точность размеров по высоте заготовки до ± 25 мк.

Заготовки мелких и крепежных деталей. Мелкие и крепежные детали составляют большую номенклатуру самых разнообразных деталей. Примерами могут служить различного рода кулачки, угольники, тройники, штуцеры, резьбовые втулки, болты, гайки, винты, шпильки, шурупы, шпонки. Мелкие детали изготавливают из самых различных металлов, сплавов, пластмасс и других материалов.

В целях использования наиболее производительных и экономичных технологических процессов изготовление мелких деталей обычно организуют на специализированных предприятиях или, по крайней мере, в специализированных цехах (участках предприятия). Чтобы увеличить серийность выпуска мелких и крепежных деталей, при разработке конструкций новых машин номенклатуру этих деталей обычно ограничивают, используя в максимальной степени нормализованные детали в машинах, выпускаемых данным предприятием, или, что еще эффективнее, целой отраслью машиностроения.

Одним из наиболее экономичных технологических процессов получения заготовок крепежных и других видов мелких деталей, выпускаемых в большом количестве, является их холодная высадка на специальных холодно-высадочных автоматах.

В настоящее время на предприятиях работает ряд автоматических линий для производства болтов, гаек и других деталей, выпускаемых в больших количествах. Линии состоят из холодно-высадочных автоматов и резьбонакатных или резьбонарезных станков. В зависимости от технических требований к деталям в состав линий включается оборудование для термической обработки.

Исходным полуфабрикатом для изготовления болтов является бунт проволоки. Первые три перехода выполняют на первом холодно-высадочном автомате, два последующие — на втором, шестой — на резьбонакатном автомате; последним переходом является термическая обработка.

Для получения заготовок мелких и крепежных деталей при небольшом объеме выпуска используют штамповку в закрытых и открытых штампах, свободную ковку и различные способы литья. Для производства литых заготовок мелких деталей, особенно сложных форм, изготавливаемых из цветных металлов и сплавов, считается экономичным даже при условии небольшого объема выпуска деталей использовать литье по выплавляемым моделям и под давлением.

Выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки указывает на то, с чего должна быть начата ее обработка. Логично, что на первой или первых операциях технологического процесса изготовления детали должны быть обработаны те поверхности заготовки, которые в дальнейшем будут служить ее технологическими базами. В связи с этим возникает задача о базировании заготовки на первой или первых операциях технологического процесса. Для того чтобы изложить подход к выбору технологических баз на первой операции, необходимо разъяснить роль первой операции в технологическом процессе изготовления детали.

На первой операции технологического процесса решаются две группы важных задач:

- определение размерных связей между обрабатываемыми и не подлежащими обработке поверхностями детали;
- распределение припусков между поверхностями, подлежащими обработке.

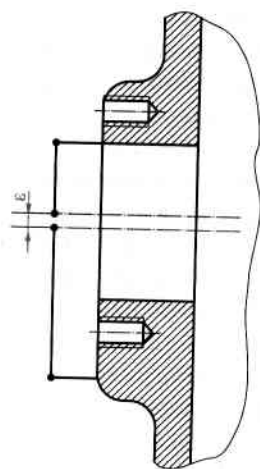


Рис. 7.8. Связь отверстий под опоры валов и корпусных деталях с контурами поверхностей бобышек

Результат решения любой задачи каждой из этих групп зависит от выбранной схемы базирования заготовки на первой (первых) операции.

К задачам первой группы можно отнести получение расстояний и относительных поворотов поверхностей детали, определяющих:

- положение необрабатываемых исполнительных поверхностей детали относительно ее основных баз;
- товарный вид деталей. Например, неравномерность толщины полки у корпуса редуктора и несоосность с отверстиями под опоры валов с бобышками (рис. 7.8) портят внешний вид детали, смещение отверстий относительно центров бобышек может привести к тому, что отдельные резьбовые крепежные отверстия окажутся на краях бобышек или даже выйдут за пределы их контуров;
- равномерность толщины стенок, а следовательно, прочность детали.

Важность задач второй группы объясняется тем, что от равномерности припусков зависит качество изготавливаемых деталей и производительность процесса обработки заготовок.

Следствием неудачного решения задач по распределению припусков на первой операции могут быть оставшиеся «черноты» на поверхностях заготовки, подвергнутых обработке.

Все перечисленные задачи решаются на первой операции путем выбора технологических баз.

Для того чтобы проанализировать приемлемость того или иного варианта базирования заготовки на первой операции, необходимо:

- составить список задач, решение которых будет зависеть от базирования заготовки на первой операции;
- наметить возможные варианты базирования заготовки;

- по каждому варианту базирования определить размерные связи, с помощью которых в технологическом процессе будет решаться каждая задача, вошедшая в список, воспользовавшись правилами выявления технологических размерных цепей;
- рассчитать технологические размерные цепи и определить ожидаемую точность размеров, получение каждого из которых составляет самостоятельную задачу;
- сопоставить результаты решения задач при намеченных вариантах базирования заготовки на первой операции и выбрать схему базирования, удовлетворяющую решению всех задач.

Изложенные подходы к выбору технологических баз на первой операции в полной мере относятся к случаю, когда имеется возможность полной обработки заготовки с одной установки. В качестве технологических баз в таких случаях используют свободные необрабатываемые поверхности. Размерные связи при этом будут возникать между размерами, полученными на переходах операций, и размерами заготовки.

При значительных объемах выпуска деталей задачи первой операции решают с помощью приспособлений. Учитывая роль первой операции в технологическом процессе, нетрудно представить ответственность разработчика приспособления за благополучное решение всего комплекса задач, зависящее от базирования заготовки на первой операции. Приступая к разработке приспособления, необходимо из всего состава задач выделить наиболее важную и на надлежащем уровне обеспечить ее решение и решение всех остальных задач.

Часто значение первой операции в технологическом процессе недооценивают, считая, что последующая обработка заготовки устраним все недочеты первой операции. Такой взгляд нередко приводит к снижению качества детали, потере производительности процесса изготовления детали и введению в технологический процесс дополнительных операций, необходимых для устранения ошибок, допущенных на первой операции.

При установлении последовательности обработки поверхностей заготовки приходится учитывать конструктивные особенности детали и требования к ее качеству, выбранные способы базирования заготовки в технологическом процессе и методы получения размеров детали, свойства заготовки (материал, масса, размеры, припуски на обработку), возможности имеющегося или избираемого технологического оборудования, необходимость термической об-

работки, организацию производственного процесса и другие факторы.

Обработку заготовок обычно начинают с подготовки технологических баз. При этом первой в комплекте баз обрабатывают поверхность (или сочетание поверхностей), с помощью которой у заготовки в технологическом процессе будет отбираться большее число степеней свободы. Такой поверхностью может быть либо установочная, либо двойная направляющая база. Используя эту поверхность в качестве одной из технологических баз, далее обрабатывают другие поверхности заготовки, входящие в состав комплекта технологических баз. При этом необходимо иметь в виду, что базирование заготовки по необработанным поверхностям в направлении выдерживаемых размеров допустимо лишь один раз. В ряде случаев комплект технологических баз удается получить с одной установки заготовки на многоинструментальном станке. Это обеспечивает более высокую точность относительного положения поверхностей, составляющих комплект баз.

Обычно в начале технологического процесса изготовления детали стремятся удалить с заготовки наибольшие припуски. К этому побуждает необходимость создать лучшие условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке и вскрыть возможные дефекты (например, в литье — раковины, пустоты) на ранней стадии ее обработки. Для снятия с заготовки больших припусков обычно применяют мощные станки невысокой точности.

Высокие требования к точности формы, размеров и относительного положения поверхностей детали вынуждают вести обработку заготовки в несколько этапов и применять различные способы обработки. В отдельных случаях предварительную и окончательную обработку поверхностей удастся выполнить последовательно при одной установке заготовки. Однако чаще эти этапы разделяют, относя окончательную обработку поверхностей на конец технологического процесса.

В конце технологического процесса выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например наружных резьб, уменьшая риск их повреждения при транспортировании, установке и складировании заготовок.

На последовательность обработки поверхностей заготовки влияют термическая и химико-термическая обработка. Неизбежное деформирование заготовки в результате такой обработки вынуждает предусматривать в технологическом процессе предварительную и окончательную обработку и начинать последнюю с правки технологических баз. Поверхности, исправление которых до тер-

мической обработки затруднительно (например, крепежные отверстия в корпусных деталях), обрабатывают после термической обработки заготовок.

Некоторые виды термической обработки усложняют процесс механической обработки. Так, при цементации, если требуется науглеродить только отдельные поверхности заготовки, остальные защищают либо омеднением, либо дополнительным припуском, удаляемым после цементации, но до закалки.

При проектировании технологических процессов для действующих предприятий приходится считаться с принятыми видом и формой организации производственного процесса. Например, при группировании оборудования по признаку общности его служебного назначения необходимо стремиться к тому, чтобы маршрут следования заготовки через различные участки был наиболее коротким.

Устанавливая последовательность обработки поверхностей заготовки, необходимо учитывать технологические возможности имеющегося или избираемого оборудования. Использование возможностей концентрации и совмещения переходов повышает производительность процесса обработки и сокращает число установок заготовки в технологическом процессе. Последнее особенно важно для тяжелого машиностроения, где всякая установка крупногабаритной заготовки трудоемка.

На последовательность обработки поверхностей налагает ограничения и необходимость соблюдения определенной очередности образования различных конструктивных элементов детали. Например, крепежные резьбовые отверстия нужно обрабатывать после того, как будет окончательно обработана поверхность заготовки, с которой они сопряжены (рис. 7.9, а). В противном случае

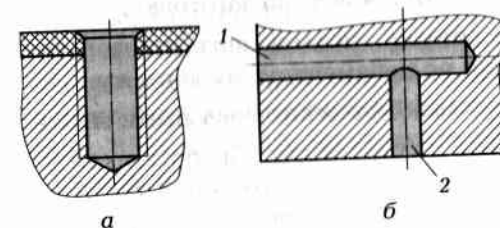


Рис. 7.9. Примеры элементов конструкции детали, нуждающихся в соблюдении определенной последовательности их образования в процессе обработки:

а — крепежные отверстия; б — пересекающиеся отверстия 1 и 2

резьбы в отверстиях будут испорчены. Если деталь имеет пересекающиеся отверстия (рис. 7.9, б), первым должно быть обработано отверстие 1, а затем отверстие 2. Обработка отверстий в такой последовательности предупредит возможную поломку сверла. Решая вопрос об очередности обработки поверхностей заготовки, следует иметь в виду, что в паре сопряженных поверхностей в первую очередь должна быть обработана та, к которой примыкает другая поверхность детали.

Последовательность обработки поверхностей заготовки, намечаемая на данном этапе разработки технологического процесса, может быть изменена и уточнена в дальнейшем. Тем не менее первое представление о маршруте технологического процесса крайне необходимо, так как оно будет составлять основу в дальнейших действиях по построению технологического процесса изготовления детали.

Выбор способов и обоснование числа переходов обработки поверхностей заготовки. Задачей этого этапа разработки технологического процесса изготовления детали является выбор таких способов и средств обработки ее поверхностей, которые позволили бы самым коротким и экономичным путем превратить заготовку в деталь и обеспечить при этом ее качество по всем показателям.

Идеальным решением этой задачи было бы превращение заготовки в деталь путем обработки каждой ее поверхности за один переход, если только сама заготовка не отвечает требованиям готовой детали. К сожалению, пока в подавляющем большинстве случаев для обеспечения требуемого качества детали необходима обработка поверхностей заготовки в несколько переходов.

На выбор способов обработки и необходимого числа переходов влияют:

- требования к качеству готовой детали;
- особенности и качество заготовки;
- число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени по неизменяемому чертежу;
- технико-экономические показатели способов обработки.

Выбор способов и средств для обработки каждой поверхности заготовки следует начинать с нахождения такой технологической системы, которая позволит экономичным путем достичь необходимого качества материала и геометрической точности детали. Однако выбранная технологическая система в состоянии обеспечить требуемое качество детали только при определенных входных характеристиках заготовки.

Воздействия способа обработки и технологической системы на заготовку могут быть как улучшающими (уточняющими) показатели качества, так и ухудшающими их. Примером может служить термическая обработка заготовки, улучшающая свойства ее материала, но ухудшающая геометрическую точность. Разнонаправленность воздействия можно наблюдать и при механической обработке заготовок. Например, если высокоточную по всем геометрическим показателям заготовку вала обточить на обычном токарном станке, произойдет ухудшение этих показателей.

Отсюда следует, что выбор способа обработки и технологической системы должен находиться в строгом соответствии с задачами, решаемыми на данном переходе. Делая выбор, необходимо стремиться к тому, чтобы добиться улучшения всех показателей качества детали. Если это невозможно, последующая обработка заготовки не должна нарушать ее качества, достигнутого на предшествующих переходах.

На практике необходимое число переходов по обработке поверхности заготовки нередко назначают на основании накопленного опыта. Установлено, что в зависимости от требований к качеству по тем или иным показателям необходимо последовательно обработать поверхность заготовки несколькими способами. Например, для получения в корпусной детали из чугуна отверстия седьмого качества точности (отверстие в заготовке получено при литье) необходимо провести его растачивание, зенкерование и развертывание. Однако такого же результата можно достигнуть при двукратном растачивании и развертывании отверстия.

Конечно, практический опыт очень ценен, но далеко не всегда можно на него полагаться. От технолога требуется глубокое понимание сущности физических явлений, сопутствующих процессу обеспечения требуемого качества изготавливаемых деталей и осознанное принятие решений при выборе способов и числа переходов по обработке поверхностей заготовки.

При разработке технологического процесса для действующего производства выбор способа обработки поверхностей заготовки приходится ориентировать на имеющееся в наличии технологическое оборудование. В создаваемом производстве технолог располагает большой свободой.

При всех обстоятельствах желательно, чтобы возможно большее число поверхностей можно было обработать одним способом. Это позволит совместить во времени выполнение наибольшего числа переходов, уменьшить число операций, сократить трудоемкость и себестоимость обработки.

Поскольку требуемое качество отдельной поверхности детали может быть достигнуто при ее обработке различными способами, следует сопоставить эти способы по производительности и экономичности. Для этого по каждому способу необходимо определить трудоемкость и себестоимость обработки заготовки. Однако сделать это можно только после выбора режимов обработки и проведения технического нормирования затрат времени на обработку. Поэтому решение о способах и числе переходов обработки поверхностей заготовки, принятое на данной стадии разработки технологического процесса, в дальнейшем может быть скорректировано.

Маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей с некоторым приближением можно выбрать по схеме, приведенной в Приложении 7.

Маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей с некоторым приближением можно выбрать по схеме, приведенной в Приложении 8.

Расчет припусков, межпереходных размеров и допусков. В технологии машиностроения под припуском понимают слой материала, удаляемый в процессе обработки заготовки для достижения требуемых качества, размера и положения обработанной поверхности детали.

Строгое обоснование припусков на обработку и допусков на межпереходные размеры имеет существенное технико-экономическое значение для массового и крупносерийного производства. Завышенные припуски приводят к перерасходу материала, инструментов и энергии, увеличению трудоемкости изготовления деталей и в конечном счете к росту себестоимости изделий. Заниженные припуски не обеспечивают требуемого качества изготавливаемых деталей и создают неприемлемые условия для работы режущего инструмента по корке или окалине. При недостаточных припусках возрастает брак, что повышает себестоимость изделий.

В мелкосерийном и единичном производстве из-за значительной трудоемкости расчетно-аналитического метода межпереходные и общие припуски обычно определяют по нормативам. Допуски, ограничивающие отклонения межпереходных размеров, устанавливаются с использованием таблиц средней экономической точности способа обработки.

После определения общих припусков на обработку каждой поверхности и размеров исходной заготовки можно окончательно оформить чертеж заготовки. При простановке размеров, определяющих относительное положение поверхностей заготовки, следует придерживаться следующего правила: все размеры простав-

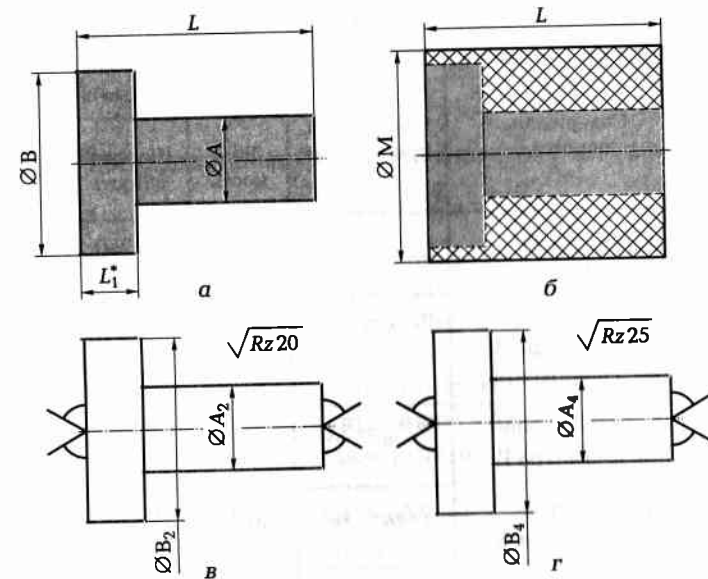


Рис. 7.10. Схемы, поясняющие методику определения межпереходных припусков:

а — эскиз детали; б — эскиз заготовки; в, г — операционные эскизы соответственно черновой и чистовой обработки

ляются от поверхностей заготовки, используемых в качестве технологических баз на первой операции. Такая простановка размеров обеспечит наиболее благоприятное распределение припусков между переходами, а следовательно, и наиболее экономичный путь превращения заготовки в деталь.

Методику определения номинальных значений межпереходных (операционных) припусков и расчет межпереходных (операционных) размеров рассмотрим на примере изготовления детали типа вала (рис. 7.10, а) со следующими размерами: $A = 42f9$ ($Ra 2,5$); $B = 90f8$ ($Ra 2,5$); $L = 350$ мм ($Rz 80$); $L_1^* = 30$ мм ($Rz 80$). На обработку поступают заготовки-поковки (рис. 7.10, б), термически необработанные и прошедшие операцию 05 — фрезерно-центровальную, с размерами $ØM = 96$ мм ($Rz 250$); $L = 350$ мм ($Rz 80$). Для расчета используем статистические данные, приведенные в Приложениях 6, 9 и 10.

С учетом данных Приложения 7 маршрут обработки заготовки, установленной в рифленых центрах, можно представить в виде табл. 7.1.

Таблица 7.1. Последовательность обработки заготовки

Номер операции	Содержание перехода	Снимаемый припуск, мм	Полученные параметры		
			Точность	Шероховатость	Номинальный размер
10 — токарная	Установка заготовки	—	d11	Rz 250	$B_0 = 96$
	Черновое точение диаметра А (8—14 проходов)	$2Z_{1A} = 52,1$	f14	Rz 40	$A_1 = 43,9$
	Черновое точение диаметра В	$2Z_{1B} = 3,6$	f14	Rz 40	$B_1 = 92,4$
	Чистовое точение диаметра А	$2Z_{2A} = 1,5$	f12	Rz 20	$A_2 = 42,4$
	Чистовое точение диаметра В	$2Z_{2B} = 1,8$	f12	Rz 20	$B_2 = 90,6$
	Снятие детали	—	—	—	—
15 — шлифовальная	Установка заготовки	—	—	—	—
	Предварительное шлифование диаметра А	$2Z_{3A} = 0,4$	f10	Ra 6,2	$A_3 = 42,1$
	Предварительное шлифование диаметра В	$2Z_{3B} = 0,4$	f10	Ra 6,2	$B_3 = 90,2$
	Чистовое шлифование диаметра А	$2Z_{4A} = 0,1$	f9	Ra 2,5	$A_4 = 42,0$
	Чистовое шлифование диаметра В	$2Z_{4B} = 0,2$	f8	Ra 1,25	$B_4 = 90$
	Снятие детали	—	—	—	—
15	Контроль параметров детали	—	—	—	—

Для диаметра В общий припуск для механической обработки найдем по формуле (6.3):

$$2Z_{\text{общ } d} = d_0 - d_A = M - B = 96 - 90 = 6 \text{ мм.}$$

С учетом последовательности обработки (табл. 7.2) получим

$$2Z_{\text{общ } d} = 2Z_{1B} + 2Z_{2B} + 2Z_{3B} + 2Z_{4B},$$

где $2Z_{1B}$ — припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_{2B}$ — припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_{3B}$ — припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_{4B}$ — припуск на диаметр для чистового шлифования.

По Приложению 9 найдем операционный припуск на диаметр при шлифовании — 0,6 мм. Распределим этот припуск на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 2:1) и получим $2Z_{3B} = 0,4$ мм, $2Z_{4B} = 0,2$ мм.

По Приложению 10 найдем припуск на чистовое точение $2Z_{2B} = 1,8$ мм. Тогда припуск на черновое точение $2Z_{1B} = 2Z_{\text{общ } d} - 2Z_{2B} - 2Z_{3B} - 2Z_{4B} = 6 - 1,8 - 0,4 - 0,2 = 3,6$ мм.

С учетом полученных данных найдем размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения:

$$B_1 = B_0(\varnothing M) - 2Z_{1B} = 96 - 3,6 = 92,4 \text{ f14.}$$

После чистового точения:

$$B_2 = B_1 - 2Z_{2B} = 92,4 - 1,8 = 90,6 \text{ f12.}$$

После предварительного шлифования:

$$B_3 = B_2 - 2Z_{3B} = 90,6 - 0,4 = 90,2 \text{ f10.}$$

После чистового шлифования:

$$B_4 = B_3 - 2Z_{4B} = 90,2 - 0,2 = 90 \text{ f8.}$$

Для диаметра А алгоритм расчета общего припуска на диаметр для механической обработки аналогичный:

$$2Z_{\text{общ } d} = d_0 - d_A = M - A = 96 - 42 = 54 \text{ мм.}$$

С учетом последовательности обработки, изложенной в табл. 7.1, получим

$$2Z_{\text{общ } d} = 2Z_{1A} + 2Z_{2A} + 2Z_{3A} + 2Z_{4A},$$

где $2Z_{1A}$ — припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_{2A}$ — припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_{3A}$ — припуск на диа-

Таблица 7.2. Исходные данные для нормирования операции

Поверхности заготовки		
А	Номинальный размер, мм	100
	Квалитет точности	h14
	Шероховатость, мкм	Rz 80
Б	Номинальный размер, мм	80
	Квалитет точности	h14
	Шероховатость, мкм	Rz 80
В	Номинальный размер, мм	75
	Квалитет точности	H14
	Шероховатость, мкм	Rz 80
Поверхности детали		
Г	Номинальный размер, мм	25
	Квалитет точности	h12
	Шероховатость, мкм	Rz 20
Д	Номинальный размер, мм	75
	Квалитет точности	h12
	Шероховатость, мкм	Rz 20
Е	Номинальный размер, мм	80
	Квалитет точности	H12
	Шероховатость, мкм	Rz 20
К	Номинальный размер, мм	90
	Квалитет точности	h12
	Шероховатость, мкм	Rz 20

Примечания: 1. Материал заготовки — сталь 45.
 2. Материал режущей части резцов — Р9, диаметр сечения оправки 16 мм, угол резца в плане 45°, радиус при вершине угла 0,4 мм.
 3. Работа с охлаждением (СОЖ).
 4. Масса заготовки — до 1 кг.

метр для предварительного шлифования; $2Z_{4A}$ — припуск на диаметр для чистового шлифования.

По Приложению 9 найдем операционный припуск на диаметр при шлифовании — 0,4 мм, распределим этот припуск на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1) и получим припуск на диаметр при черновом шлифовании $2Z_{3A} = 0,3$ мм и припуск при чистовом шлифовании $2Z_{4A} = 0,1$ мм.

По Приложению 10 найдем припуск на чистовое точение $2Z_{2A} = 1,5$ мм. Тогда припуск на черновое точение $2Z_{1A} = 2Z_{общ\ d} - 2Z_{2A} - 2Z_{3A} - 2Z_{4A} = 54 - 1,5 - 0,3 - 0,1 = 52,1$ мм.

Безусловно, учитывая жесткость заготовки, такой большой припуск на черновое точение придется снимать за несколько проходов.

С учетом полученных данных найдем размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения:

$$A_1 = B_0 - 2Z_{1A} = 96 - 52,1 = 43,9f14.$$

После чистового точения:

$$A_2 = A_1 - 2Z_{2A} = 43,9 - 1,5 = 42,4f12.$$

После предварительного шлифования:

$$A_3 = A_2 - 2Z_{3A} = 42,4 - 0,3 = 42,1f10.$$

После чистового шлифования:

$$A_4 = A_3 - 2Z_{4A} = 42,1 - 0,1 = 42f9.$$

Операционные эскизы для точения и шлифования представлены соответственно на рис. 7.10, в, г, а результаты расчета сведены в табл. 7.1.

Выбор режимов обработки заготовки. Выбор режимов обработки обусловлен необходимостью обеспечения требуемого качества изготавливаемых деталей при максимальном уровне производительности и минимальной себестоимости процесса обработки.

При назначении режимов следует учитывать требования к качеству детали, свойства материала заготовки, свойства материала и геометрические параметры режущей части инструмента, возможности выбранного технологического оборудования.

Обеспечение требуемого качества деталей является неременным условием, налагающим ограничения на режимы обработки. Стремление к наибольшей производительности и наименьшей себестоимости обработки не должно идти в ущерб качеству изготавливаемых деталей.

Глубина, скорость резания, подача, геометрия режущего инструмента по-разному воздействуют на различные материалы. Однако для всех материалов остается общим влияние режимов на параметры шероховатости поверхности, степень и глубину наклепа, значение и знак остаточных напряжений, структуру материала в поверхностных слоях. Сила резания, как функция режимов обработки, вызывает упругие перемещения в технологической системе, являющиеся причиной отклонений формы, относительного поворота, расстояний и размеров поверхностей детали. Поэтому, выбирая режимы обработки, необходимо предвидеть результаты воздействия их на материал заготовки и исходить из требований к свойствам материала и геометрической точности детали.

Производительность процесса обработки зависит от глубины, скорости резания и подачи. Глубину резания устанавливают исходя из условий задачи, решаемой на данном переходе, она зависит в основном от припуска на обработку, но при этом необходимо учитывать мощность и жесткость технологической системы, а также свойства используемого инструмента. Припуск на обработку заготовки на каждом переходе рассчитывают или берут из нормативов. Если припуск превышает предельное значение для данной технологической системы, его удаляют за несколько ходов. При этом глубина резания на каждом рабочем ходе может быть одинаковой или последовательно уменьшаться.

Скорость резания, допускаемая требованиями к качеству деталей, может быть ограничена периодом стойкости режущего инструмента. В основе выбора стойкости режущего инструмента лежат экономические соображения: стоимость инструмента, плановая норма сменной потребности в инструменте, затраты времени на замену износившегося инструмента и т.п. Эти факторы учитывают применительно к конкретным условиям. При многоинструментальной обработке скорость резания выбирают с расчетом обеспечить работу инструментов на протяжении относительно длительного времени. В противном случае частые замены инструментов привели бы к большим простоям оборудования и потере производительности процесса обработки. Напротив, при одноинструментальной обработке заготовок на дорогостоящем оборудовании, например на многооперационных станках, и сравнительно небольшой стоимости инструмента высокую долю в себестоимости изделий составляют расходы на эксплуатацию и амортизацию оборудования. Поэтому главным становится получение большего объема продукции в единицу времени, что достигается за счет повышенных режимов обработки и большего расхода инструмента.

Выбор значения подачи связан с требованиями к качеству изготавливаемой детали, со свойствами способа обработки, используемого инструмента и материала заготовки. При предварительной (черновой) обработке выбирают большую подачу исходя из жесткости и прочности технологической системы, мощности привода станка, прочности инструмента. При окончательной (чистовой) обработке сдерживающими факторами в выборе подачи являются требования к качеству поверхности слоев детали и ее геометрической точности.

Основным показателем экономичности выбранных режимов резания служит себестоимость выполнения технологического перехода обработки заготовки. При подсчете себестоимости должны быть учтены стоимость и ресурс инструмента за период стойкости, стоимость переточки и замены износившегося инструмента, число допускаемых переточек или поворотов многогранных пластинок. Помимо того, от режимов обработки зависит стоимость труда рабочего с учетом косвенных цеховых расходов и расходы на содержание, эксплуатацию и амортизацию станка, приходящиеся на одну изготовленную деталь.

В различных производственных условиях выбор режимов обработки нередко зависит от конкретных обстоятельств, которые могут возникнуть при необходимости обеспечить:

- максимальную производительность дорогостоящего оборудования и оборудования, устанавливаемого в цехе, при выполнении производственной программы или срочного заказа;
- максимальную стойкость дорогостоящего инструмента или инструментов на агрегатных станках и автоматических линиях, чтобы уменьшить их простои, связанные с заменой износившегося инструмента;
- максимальный путь резания за период стойкости инструмента, что характерно для обработки поверхностей большой протяженности у крупногабаритных деталей или в случаях острого дефицита инструмента и др.

Как видно из изложенного, выбор оптимальных режимов обработки при решении конкретной технологической задачи в данных производственных условиях сопряжен с учетом сложных функциональных зависимостей между качеством изделия, технико-экономическими показателями процесса обработки и режимами. В конечном счете выбор и назначение режимов резания сводится к тому, чтобы из множества практически возможных ва-

риантов выбрать один, наилучшим образом обеспечивающий решение технологической задачи.

Формирование операций из переходов, выбор оборудования и нормирование. В результате разработки технологического процесса на предыдущих этапах были установлены вид и форма организации производственного процесса, базирование заготовки в процессе ее обработки, состав и последовательность выполнения переходов, способы и режимы обработки каждой из поверхностей.

Таким образом, итогом проделанной работы является получение некоего множества переходов, из которых необходимо скомпоновать операции технологического процесса. Формирование операций попутно сопровождается нормированием.

Факторы, влияющие на формирование операций, можно подразделить на три группы. К первой группе относятся факторы, от которых зависит обеспечение качества детали, разделения или объединения операций. Вторую группу составляют факторы, определяющие физическую возможность объединения переходов в операцию. К третьей группе относятся организационно-экономические факторы.

К первой группе относятся факторы, связанные с необходимостью следующих действий:

- членения технологического процесса на отдельные этапы: предварительную и окончательную обработку, выполнение которых необходимо на отдельных операциях;
- смены технологических баз;
- выполнения обработки нескольких поверхностей с одной установки заготовки в целях исключения влияния погрешности установки заготовки на точность относительного положения обрабатываемых поверхностей;
- выделения в самостоятельные операции переходов, связанных с достижением особо высокой точности отдельных поверхностей детали и выполняемых способами, специально предназначенными для этого и т. п.

К факторам второй группы можно отнести следующие:

- невозможность объединения в операцию процессов обработки, отличающихся своей физической сущностью; например, термическая, электроэрозионная обработка, сварка и другие виды обработки не могут быть совмещены с механической обработкой;

- возможность свободного доступа к различным поверхностям при обработке заготовки; например, при изготовлении корпусных деталей обработка заготовки со стороны поверхностей, используемых в качестве технологических баз, оказывается, за редким исключением, недоступной.

Существенное влияние на формирование операций оказывает группа факторов организационно-экономического характера. Первым, что должно быть принято во внимание, является тип производства и избранная форма организации производственного процесса.

В массовом и крупносерийном, т.е. поточном, производстве формирование операций подчинено требованию: их длительность должна быть равной или кратной такту выпуска изделий. При изготовлении одинаковых деталей в больших объемах экономично использовать наиболее производительное оборудование (автоматы, агрегатные станки, автоматические линии), позволяющее обрабатывать заготовку с максимальной концентрацией переходов в одной операции.

На технологически замкнутых участках серийного производства применяют групповую обработку заготовок в целях наибольшей загрузки производительного оборудования. В этих случаях операции формируют путем включения в них переходов, с помощью которых решаются аналогичные задачи у разных деталей, отнесенных к одной группе.

В мелкосерийном и единичном производстве, где оборудование расставляют на участках по принципу общности его служебного назначения, в одну операцию обычно сводят максимальное число переходов, которые могут быть выполнены на одном рабочем месте с максимальным использованием технологических возможностей имеющегося на нем оборудования. Тем самым достигается наиболее полная загрузка оборудования и сокращаются пути транспортирования заготовок.

Разным оказывается подход к формированию операций для действующего и вновь создаваемого производства. Если технологический процесс разрабатывают для действующего предприятия, при формировании операций приходится учитывать возможности имеющегося оборудования, его загрузку, перспективы его модернизации и замены или пополнения новым. При разработке технологического процесса для создаваемого предприятия, когда можно выбирать новое оборудование, задачу формирования операций решить проще. В этих случаях оборудование подбирают из произ-

водимого серийно станкостроительной промышленностью или заказывают специальное. Решение по выбору оборудования принимают технико-экономическим расчетом.

На формирование операций оказывает влияние организация и планирование производства, стремление к уменьшению протяженности путей транспортирования и числа транспортных операций, межцеховая кооперация и другие факторы.

Объединение переходов в операции технологического процесса с учетом перечисленных факторов и сделанный выбор оборудования нельзя считать окончательным, так как далее необходимо решить вопрос о структуре каждой операции.

Ранее были рассмотрены структуры временных связей в операциях технологического процесса. Основные переходы могут выполняться последовательно, параллельно-последовательно и параллельно. Вспомогательные переходы могут или не совмещаться, или частично и полностью совмещаться с основными переходами. Обработка может быть одно- и многоместной, одно- и многопотошной. Выбор той или иной структуры операции предопределяется экономической целесообразностью использования в данных производственных условиях оборудования, позволяющего реализовать наивысшую производительность операции.

Последовательное выполнение основных и вспомогательных переходов характерно для мелкосерийного производства, хотя и здесь возможно применение многоместной обработки, параллельно-последовательного и параллельного способов выполнения основных переходов. Такие возможности создает, например, использование многошпиндельных универсальных продольно-фрезерных станков, многоинструментальных наладок горизонтально-фрезерных станков, многошпиндельных головок к сверлильным станкам, комбинированных инструментов, различного рода устройств и приспособлений, расширяющих технологические возможности универсальных станков.

По мере увеличения объема выпуска одинаковых деталей становится экономичным применение более производительного специального оборудования, позволяющего вести обработку параллельно-последовательным и параллельным способами и совмещать с основными переходами установку и съём заготовок, а также частично или полностью другие вспомогательные переходы. Специальное оборудование проектируется для осуществления конкретного технологического процесса. Поэтому формирование и выбор структур операций становятся в этих случаях наиболее ответственным этапом, который нужно выполнять с особой тщательностью.

Поиск наиболее рационального варианта построения операций в технологическом процессе сопровождается пересмотром ранее принятых решений в отношении способов и режимов обработки, перераспределением переходов между операциями, пересмотром норм времени на их выполнение. В результате проведения такой работы намечаются несколько равнозначных, в смысле достижения требуемого качества деталей, вариантов технологического процесса. Естественно, что из них путем надлежащих расчетов должен быть выбран вариант, при котором получается наиболее низкая себестоимость изготовления детали.

Изложенный метод разработки технологического процесса изготовления детали представляет собой первое приближение к решению сложной задачи, требующей творческого труда, глубоких знаний и широкого кругозора. Наличие этих данных позволяет творчески решать эту задачу, продумывая весь комплекс вопросов и учитывая многочисленные факторы, от которых будут зависеть качество, себестоимость изготавливаемых деталей и производительность производственного процесса.

При разработке технологических процессов изготовления деталей следует широко использовать типовые технологические процессы, опыт предприятий, справочную и периодическую литературу, различного рода нормативы и опыт людей, непосредственно реализующих эти процессы. При этом не следует забывать о быстром развитии науки и техники, создании новых методов и средств осуществления технологических процессов, разработке новых и совершенствовании существующих технологий. Непрерывное движение вперед должно быть руководящим положением и основой разработки любого технологического процесса.

В качестве примера рассмотрим нормирование токарной операции технологического процесса изготовления из штучной заготовки в виде толстостенной трубы (рис. 7.11, а) детали (рис. 7.11, б) при программе выпуска 8 000 деталей в год. Нормирование операции включает в себя:

- расчет основного (технологического) времени на обработку поверхностей заготовки на одной операции;
- определение вспомогательного и подготовительно-заключительного времени;
- расчет времени на организационное и техническое обслуживание;
- определение нормы времени на выполнение всей операции.

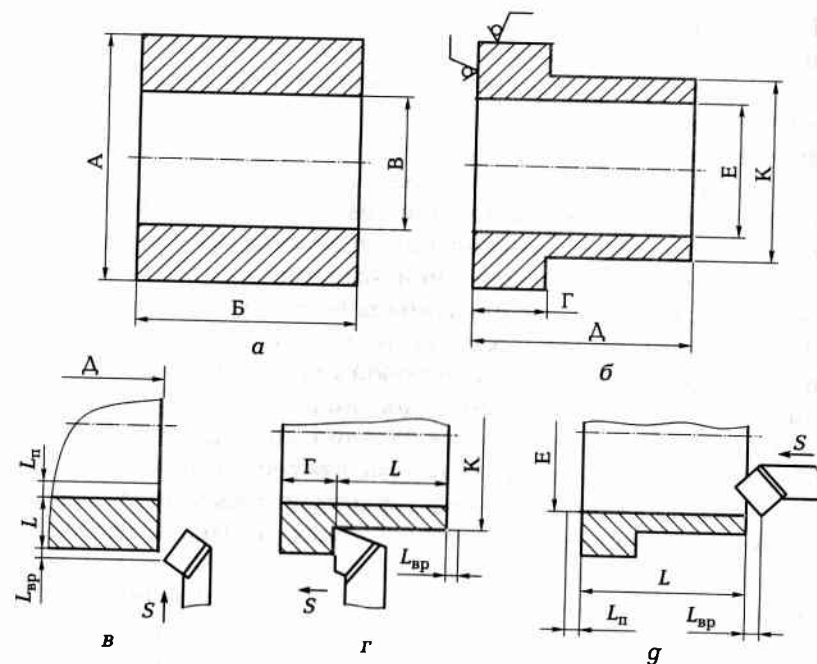


Рис. 7.11. Расчетные схемы для нормирования токарной операции:
а — эскиз заготовки; б — эскиз детали; в — подрезка торца; г — обтачивание верха;
д — растачивание отверстия

При нормировании операций технологического процесса время определяется приближенно по типовым нормам в условиях серийного производства.

Время обработки включает в себя следующие составляющие:

- подготовительно-заключительное время, т.е. время, затрачиваемое на подготовку рабочего места к обработке партии заготовок и приведение рабочего места в исходное состояние по окончании обработки этой партии;
- основное (технологическое) время, т.е. время, затрачиваемое непосредственно на изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки — превращение ее в деталь;
- вспомогательное время, т.е. время, затрачиваемое рабочим на действия, способствующие выполнению основной

работы (установка и закрепление заготовки, снятие детали, изменение режимов работы станка, измерения и др.);

- время обслуживания рабочего места.

На технологическое время влияют режимы обработки: глубина резания, подача и скорость резания, которые зависят в основном от свойств обрабатываемого материала, формы и жесткости заготовки, материала режущей части инструмента и мощности станка.

Число проходов зависит от размера припуска и глубины резания. Глубину резания выбирают исходя из мощности станка, жесткости заготовки и системы обработки в целом. При выполнении черновой обработки целесообразно припуск снимать за один проход. При чистовой обработке глубина резания назначается в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Скорость резания, м/мин, при вращении заготовки определяют по формуле

$$v = \pi D n / 1000,$$

где D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм; n — частота вращения заготовки, мин^{-1} .

Так как на токарную операцию поступают штучные заготовки в виде толстостенной трубы (см. рис. 7.11, а), прошедшие черновую обработку ($Rz 80$), составим эскизы чистовой обработки заготовки по переходам. Операция, выполняемая на токарном или на токарно-револьверном станке, включает в себя три основных перехода (см. табл. 7.2):

первый — подрезание торца заготовки (рис. 7.11, в) с выдерживанием размера Δ ($75h12$, $Rz 20$);

второй — точение наружной поверхности заготовки (рис. 7.11, г) с выдерживанием размера K ($\varnothing 90h12$) и обеспечением размера Γ ($25h12$, $Rz 20$);

третий — точение внутреннего диаметра заготовки (рис. 7.11, г) с выдерживанием размера E ($\varnothing 80H12$, $Rz 20$) на длине 75 мм (размере Δ).

Дальнейший расчет целесообразно проводить по алгоритму, представленному в виде табл. 7.3.

Определим параметры токарной операции, используя предложенный алгоритм.

1. Длину L обработки и размер снимаемого припуска (на радиус) Z определяем по переходам (см. рис. 7.11 и табл. 7.2):

- первый переход: $L = 12,5$ мм, $Z = 5$ мм (один проход);
- второй переход: $L = 50$ мм, $Z = 5$ мм (два прохода);
- третий переход: $L = 75$ мм, $Z = 2,5$ мм (один проход).

Таблица 7.3. Алгоритм определения параметров токарной операции

Цель действия	Источник получения информации
Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	Рабочие чертежи детали и заготовки
Определение оборотной подачи $S_{об}$ (мм/об заготовки)	Приложения 11, 12
Определение расчетной скорости v' резания	Приложение 13
Определение расчетного числа n' оборотов шпинделя станка в минуту	$n' = 1000v' / (\pi D)$
Определение фактического числа n оборотов шпинделя станка в минуту	Приложение 14
Определение фактической скорости v резания	$v = \pi D n / 1000$
Определение минутной подачи $S_{мин}$ мм/мин	$S_{мин} = S_{об} n$
Определение длины врезания $L_{вр}$ и длины перебега L_n резца	Приложение 15
Определение расчетной длины L_p	$L_p = L_{вр} + L + L_n$
Определение основного времени t_{oi} для каждого перехода	$t_{oi} = L_{pi} / S_{i мин}$
Определение основного времени t_o для всей операции (при i переходов)	$t_o = \sum t_{oi}$
Определение вспомогательного времени t_b	Приложение 18
Определение оперативного времени $t_{оп}$	$t_{оп} = t_o + t_b$
Определение времени технического обслуживания $t_{т.о}$ рабочего места	Приложение 16, $t_{т.о} = 2,5 t_{оп} / 100$
Определение времени t_n на физические потребности рабочего	Приложение 16, $t_n = 2,5 t_{оп} / 100$
Определение времени организационного обслуживания $t_{орг}$ рабочего места	Приложение 16, $t_{орг} = 4,6 t_{оп} / 100 - t_{т.о} - t_n$
Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n$
Определение числа заготовок в партии $q_{парт}$ при серийном производстве	$q_{парт} = 5 N_n / 254$

Окончание табл. 7.3

Цель действия	Источник получения информации
Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$	Приложение 17
Определение штучно-калькуляционного времени $t_{шт-к}$	$t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з} / q_{парт}$
Занесение результатов расчета в операционную карту	

2. Найдем оборотную подачу на один оборот заготовки (Приложения 11, 12 и примечания к табл. 7.2):

первый переход: $S_{об} = 0,1$ мм;

второй переход: $S_{об} = 0,15$ мм;

третий переход: $S_{об} = 0,15$ мм.

3. Найдем значение расчетной скорости резания (Приложение 13):

первый переход: $v' = 130$ м/мин;

второй переход: $v' = 106$ м/мин;

третий переход: $v' = 96$ м/мин.

4. Найдем расчетное число оборотов шпинделя станка в минуту по формуле $n' = 1000v' / (\pi D)$ с учетом диаметра D обрабатываемой поверхности:

первый переход: $D = 90$ мм, $n' = 460$ об/мин;

второй переход: $D = 90$ мм, $n' = 375$ об/мин;

третий переход: $D = 80$ мм, $n' = 383$ об/мин.

5. Найдем фактическое число оборотов шпинделя станка в минуту по паспортным данным токарно-винторезного станка (Приложение 14):

первый переход: $n = 500$ об/мин;

второй переход: $n = 400$ об/мин;

третий переход: $n = 400$ об/мин.

6. Найдем фактическую скорость резания, используя формулу $v = \pi D n / 1000$:

первый переход: $v = 141,3$ м/мин;

второй переход: $v = 113$ м/мин;

третий переход: $v = 100,5$ м/мин.

7. Найдем минутную подачу по формуле $S_{мин} = S_{об} n$:

первый переход: $S_{мин} = 50$ мм/мин;

второй переход: $S_{мин} = 60$ мм/мин;

третий переход: $S_{мин} = 60$ мм/мин.

8. Найдем длину врезания и длину перебега резца (Приложение 15):

первый переход: $L_{вп} = 5 \text{ мм}$, $L_{п} = 2 \text{ мм}$;

второй переход: $L_{вп} = 3 \text{ мм}$, $L_{п} = 2 \text{ мм}$;

третий переход: $L_{вп} = 3 \text{ мм}$, $L_{п} = 2 \text{ мм}$.

9. Найдем расчетную длину по формуле $L_p = L_{вп} + L + L_{п}$:

первый переход: $L_p = 5 + 12,5 + 2 = 19,5 \text{ мм}$;

второй переход: $L_p = 3 + 50 + 0 = 53 \text{ мм}$;

третий переход: $L_p = 3 + 75 + 2 = 80 \text{ мм}$.

10. Найдем основное время по формуле $t_{oi} = L_{pi} / S_{i\text{мин}}$:

первый переход: $t_{o1} = 0,39 \text{ мин}$;

второй переход: $t_{o2} = 0,88 \text{ мин}$;

третий переход: $t_{o3} = 1,33 \text{ мин}$.

11. Найдем основное время всей операции (трех переходов) по формуле

$$t_o = \Sigma t_{oi} = 0,39 + 0,88 + 1,33 = 2,6 \text{ мин.}$$

12. Найдем вспомогательное время на операцию (Приложение 18) с учетом установки заготовки в трехкулачковом патроне с выверкой: $t_b = 0,4 \text{ мин}$.

13. Найдем оперативное время по формуле

$$t_{оп} = t_o + t_b = 2,6 + 0,4 = 3 \text{ мин.}$$

14. Найдем суммарное время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также на физические потребности рабочего (Приложение 16) при использовании токарного станка с высотой центров 400 мм, которое составляет 5,3 % от оперативного времени:

$$t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 5,3 t_{оп} / 100 = 5,3 \cdot 3 / 100 = 0,16 \text{ мин.}$$

15. Найдем штучное время по формуле

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 2,6 + 0,4 + 0,16 = 3,2 \text{ мин.}$$

16. Найдем число заготовок в партии при серийном производстве по формуле $q_{парт} = 5N_{п} / 254 = 157,5$. Примем число заготовок в партии 160.

17. Найдем подготовительно-заключительное время (Приложение 17), $t_{п-з} = 6 \text{ мин}$.

18. Найдем штучно-калькуляционное время по формуле

$$t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з} / q_{парт} = 3,2 + 6 / 160 = 3,3 \text{ мин.}$$

19. Результаты расчета при необходимости заносят в операционную карту.

Оформление документации. Разработанный технологический процесс оформляют документально в соответствии с требованиями Единой системы технологической документации (ЕСТД). В зависимости от объема выпуска изделий документация имеет различные формы. Это могут быть маршрутная и операционная карты, карта эскизов и др.

Назначение технологической документации заключается в том, чтобы дать исчерпывающую информацию исполнителям о структуре технологического процесса, оборудовании, инструментах, режимах обработки, трудоемкости операций, разрядах работ и их расценках. Технологические карты, ведомости оснастки, комплектовочные карты и прочие документы являются оперативными документами в планировании и управлении производством.

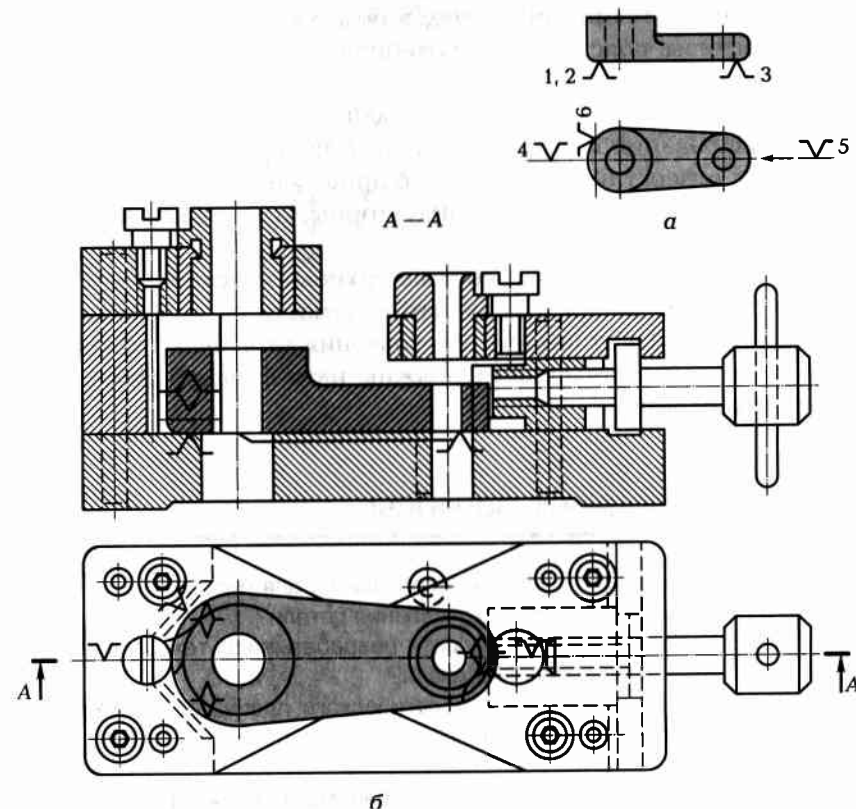


Рис. 7.12. Эскиз детали (а) к техническому заданию на проектирование приспособления (б)

Одновременно с разработкой технологического процесса разрабатывают технические задания на проектирование специального оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструментов, штампов. Техническое задание должно содержать подробное описание служебного назначения объекта проектирования.

Например, в задании на проектирование станочного приспособления должны быть указаны обрабатываемые поверхности, применяемый способ обработки, выдерживаемые размеры, допуски, ограничивающие их отклонения, схема базирования и закрепления заготовки. Должны быть также приведены сведения о виде, размерах и точности заготовки, исполнительных поверхностях станка, на которые можно устанавливать приспособление, типе силового привода в приспособлении, используемых инструментах, допустимых затратах времени на установку и схема заготовки.

К описанию технического задания должны быть приложены схемы и эскизы, поясняющие служебное назначение объекта проектирования.

В качестве примера на рис. 7.12, а дан эскиз детали с указанием схемы базирования и закрепления заготовки для операции обработки двух отверстий. На рис. 7.12, б приведен общий вид приспособления с быстросменными кондукторными втулками для обработки этих отверстий.

При разработке форм и состава технологической документации необходимо иметь в виду, что стоимость ее разработки не должна превышать стоимость изготовления деталей и что затраты времени на ее оформление не должны идти в ущерб творческой работе технологов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие исходные данные необходимы для разработки технологического процесса изготовления детали?
2. В какой последовательности разрабатывают технологический процесс изготовления детали?
3. Почему разработку технологического процесса изготовления детали нужно начинать с анализа технических требований и норм точности?
4. Что дает ознакомление с намечаемым объемом выпуска машин?
5. Какие цели преследует изучение рабочих чертежей детали?

6. Как выбирают метод достижения требуемой точности?
7. Какова последовательность разработки технологического процесса изготовления детали?
8. Как выявить соответствие технических требований и норм точности условиям производства?
9. Как выбрать вид и форму организации производственного процесса изготовления детали?
10. Как выбрать технологический процесс изготовления заготовок?
11. Как выбирают технологические базы, необходимые для получения наиболее ответственных размеров детали и обработки большинства поверхностей заготовки?
12. Чем важна первая операция в технологическом процессе изготовления детали?
13. Как выбирают технологические базы для обработки заготовки на первой операции?
14. Как выявляют последовательность обработки поверхностей заготовки?
15. Чем руководствуются при выборе способов и определении числа переходов по обработке поверхностей заготовки?
16. Как рассчитывают припуски, межпереходные размеры и допуски, ограничивающие их отклонения?
17. Чем руководствуются при выборе режимов обработки?
18. Что должно содержать задание на проектирование станочного приспособления?

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ МЕХАНИЧЕСКИХ И СБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

8.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Трудоемкость обработки деталей в механическом цехе определяют по видам механической обработки с учетом норм обслуживания станков одним рабочим и трудоемкости выполнения в механическом цехе прочих работ (слесарной обработки деталей, межстаночной и неразъемной сборки узлов, промывки деталей, разметочных, сварочных и др.).

Некоторые параметры, определяющие структуру механических цехов, приведены в табл. 8.1.

Трудоемкость механической обработки изделия определяют по формуле

$$T_{\text{мех}} = T_{\text{пр}} + T_{\text{ст.}}$$

Здесь $T_{\text{пр}}$ — трудоемкость прочих работ, а трудоемкость станочных работ определяется по формуле

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{мн1}}}{H_{\text{обс1}}} + \frac{T_{\text{мн2}}}{H_{\text{обс2}}} + \dots + \frac{T_{\text{мнл}}}{H_{\text{обсл}}} + T,$$

где $T_{\text{мн1, 2, ..., л}}$ — трудоемкость отдельных видов работ с многостаночным обслуживанием; $H_{\text{обс1, 2, ..., л}}$ — число станков, обслуживаемых одним рабочим (коэффициент многостаночности); T — трудоемкость работ, выполняемых без многостаночного обслуживания.

При выполнении работ без многостаночного обслуживания $T_{\text{ст}} = T$.

Примерные нормы обслуживания различных станков одним рабочим (коэффициент многостаночности), действительные для

условий, когда наладку, переналадку и подналадку станков производит специальный наладчик, следующие:

Вид обслуживаемого оборудования	Среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим
Токарно-многолезцовые, токарные полуавтоматы, фрезерные станки.....	1,5—2
Многошпиндельные полуавтоматы	1,2—1,5
Одношпиндельные токарные автоматы, зубострогальные станки	3—4 (небольших станков до 8)
Зубодолбежные, зубофрезерные станки-полуавтоматы.....	4—5

Учитывая, что в механических цехах доля трудоемкости прочих работ в общей трудоемкости изготовления изделий небольшая (примерно 10...20 %), иногда $T_{\text{пр}}$ определяют укрупненно в процентном отношении от трудоемкости станочных работ.

8.2. ВЫБОР И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Основное технологическое оборудование. Количество единиц станков каждого типоразмера и общее количество основного технологического оборудования цеха определяют одним из следующих методов: на основании полученной расчетной трудоемкости механической обработки всех деталей изделий или укрупненным расчетом.

Общее расчетное количество основного оборудования цеха определяют по формуле

$$S_{\text{рас}} = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \sum S.$$

Здесь расчетное количество оборудования каждого типоразмера

$$S_1 = \frac{T_1}{F_{A1}} = \frac{t_{\text{ш-к1}}N_1 + \dots + t_{\text{ш-кл}}N_n}{F_{A1}} = \frac{\sum t_{\text{ш-к}}N}{F_{A1}},$$

где T_1 — годовая трудоемкость (станкоемкость) обработки всех

Таблица 8.1. Параметры, определяющие структуру механических

Типы производства	Примерный годовой выпуск изделий, шт.	Технологический процесс	Характеристика оборудования	Характеристика приспособлений и инструментов	Характер изделий
Е, МС	До 5 000	УП	У	У	Крупные
С	5 000—35 000	Д, К	У, ШН, С	У, С	
КС, М	Свыше 35 000	То же	У, ШН, С, СП, А	С	
Е, МС	До 2 000	УП	У	У	Средние
С	2 000—100 000	Д, К	У, ШН, С	У, С	
КС, М	Свыше 100 000	То же	У, ШН, С, СП, А	С	Мелкие
Е, МС	До 5 000	УП	У	У	
С	5 000—200 000	Д, К	У, ШН, С	У, С	
КС, М	Свыше 200 000	То же	У, ШН, С, СП, А	С	

Примечание. Условные обозначения типов производства: Е — единичное; технологического процесса: УП — уплотненный (на одном станке выполняется несколько операций), Д — дифференцированный (операции выполняются на автоматах, линиях); оборудования: У — универсальное (токарные, фрезерные и другие станки), специализированные (автоматы, полуавтоматы, многорезцовые, многошпиндельные работы определенных деталей), А — агрегатные; приспособлений и инструментов: У — универсальные; С — специальные.

* Над чертой указана средняя масса, а под чертой — максимальная.

деталей, закрепленных за данным типоразмером оборудования; $F_{д1}$ — действительный годовой фонд рабочего времени для данного оборудования; $t_{ш-к1}, \dots, n$ — штучно-калькуляционное время обработки одной детали, закрепленной за данным типоразмером

цехов (отделений, участков) по типам производства

Масса изделий, кг	Масса обрабатываемых деталей*	Число станков			Число основных станков на один производственный участок, шт.		
		Малый цех	Средний цех	Большой цех	Малый цех	Средний цех	Большой цех
250...1 000 и более	$\frac{20 \dots 1\,500 \text{ г}}{30 \dots 150 \text{ кг}}$	До 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	30—35	35—45	45—50
5...250	$\frac{10 \dots 800 \text{ г}}{3 \dots 35 \text{ кг}}$	До 110	Свыше 100 до 225	Свыше 225	То же	То же	То же
До 1	$\frac{3 \dots 200 \text{ г}}{0,15 \dots 3 \text{ кг}}$	До 115	Свыше 115 до 250	Свыше 250	»	»	»

С — серийное, МС — мелкосерийное, КС — крупносерийное, М — массовое; технологического процесса: УП — уплотненный (на одном станке выполняется несколько операций), Д — дифференцированный (операции расчленены по определению операций), А — агрегатные и других станках и автоматических линиях — широкого назначения (револьверные, протяжные и другие станки), С — специальные (станки специального назначения для обработки определенных деталей); приспособлений и инструментов: У — универсальные; С — специальные.

оборудования, $t_{ш-к1} = t_{шт} + \frac{t_{п-31}}{n_1}$; $N_1, \dots, n$ — годовой выпуск деталей; $t_{шт}$ — штучное время обработки одной детали; $t_{п-31}$ — подготовительно-заключительное время, приходящееся на партию деталей; n_1 — количество деталей в партии.

Количество устанавливаемого в цехе оборудования $S_{пр}$ обычно несколько больше расчетного $S_{рас}$. Занятость оборудования во времени характеризуется коэффициентом его загрузки η :

$$\eta = \frac{S_{рас}}{S_{пр}}$$

Средний коэффициент загрузки основного оборудования составляет для единичного и мелкосерийного производства 0,85...0,90, для серийного — 0,85...0,95, для крупносерийного и массового — 0,8...0,9.

Количество единиц основного оборудования при укрупненном проектировании определяют по формуле

$$S_{пр} = \frac{\sum T_{пр} N_r}{F_r K_{п}},$$

где $T_{пр}$ — проектная трудоемкость на одно изделие, ч; N_r — годовой выпуск изделий, шт.; F_r — годовой фонд времени работы оборудования, ч; $K_{п}$ — коэффициент переработки норм, действующий на предприятии.

Вспомогательное оборудование. К вспомогательному оборудованию относятся:

- оборудование ремонтной базы цеха;
- станки заточного отделения;
- оборудование для дробления стружки, отжима масла от стружки и отделения деталей от стружки;
- настольные станки, необходимые для работы наладчиков;
- оборудование для приготовления СОЖ и др.

Подъемно-транспортное оборудование. Этот тип оборудования включает в себя:

- подвесные облегченные толкающие конвейеры с адресной сигнализацией или доставкой грузов на рабочие места;
- напольные транспортеры различной конструкции в том числе пульсирующие;
- подвесные однобалочные краны различной грузоподъемности;
- электрические и пневматические тельферы и подъемники;

- электрические тележки и электропогрузчики различной конструкции и грузоподъемности, главным образом малогабаритные;
- прочие виды подъемно-транспортного оборудования, в том числе лифты для межэтажного транспортирования и т. п.

Выбор вида и количества подъемно-транспортного оборудования зависит от массы единицы и общей массы перемещаемых грузов, размеров цеха и типа производства, характера поточности перемещения деталей и узлов, формы и размеров здания цеха и т. п.

Выбор состава и количества основного оборудования на производственных участках тесно связан с распределением номенклатуры изготавливаемых изделий по участкам.

На автоматических участках, построенных по линейному принципу, количество основного оборудования принимается с учетом необходимости полного изготовления одного или нескольких изделий на участке. При технологическом принципе формирования стремятся создавать равновеликие (по количеству основного оборудования) участки, организуя в ряде случаев участки с двумя и более различными типами станков, например фрезерно-сверлильный, токарно-расточной участки и т. п. Несколько сложнее формирование участков по предметному принципу. В этом случае подбирают группы изделий в целях создания равновеликих участков.

При размещении производственного оборудования на площадях цеха учитывают следующие ограничения: нецелесообразность размещения рядом станков для изготовления высокоточных и низкой точности деталей из-за влияния вибрации на точность обработки; нецелесообразность размещения шлифовальных станков рядом со сборочным оборудованием, а также существующие нормы расположения технологического оборудования, расположение элементов конструкций зданий и др.

При размещении технологического оборудования должны быть соблюдены нормы технологического проектирования, регламентирующие ширину проходов и проездов (немагистральных), расстояния между станками и расстояния до станков от стен и колонн (табл. 8.2).

Расстояния между станками и расстояния до станков от стен и колонн (рис. 8.1) включают в себя крайние положения их движущихся частей, открывающихся дверок и постоянных ограждений. Нормы расстояний между станками с разными габаритными раз-

Таблица 8.2. Нормы расстояния между станками

Расстояние между станками (рис. 8.1), м	Наибольший из габаритных размеров станка в плане, м			
	До 1,8	Свыше 1,8 до 4	Свыше 4 до 8	Свыше 8
а	1,6/1,0	1,6/1,0	2,0/1,0	2,0/1,0
б	0,5	0,5	-0,5	0,5
в	0,5	0,5	0,7/0,5	1,0/0,5
г	1,7/1,4	1,7/1,6	2,6/1,8	2,6/1,8
д	0,7	0,8	1,0	1,3/1,0
е	0,9	0,9	1,3/1,2	1,8/1,2
ж	2,1/1,9	2,5/2,3	2,6	2,6
з	1,7/1,4	1,7/1,6	1,7	1,7
и	2,5/1,4	2,5/1,6	—	—
к	0,7	0,7	—	—
л	1,6/1,3	1,6/1,5	1,6/1,5	1,6/1,5
л1	1,3	1,3/1,5	1,5	1,5
м	0,7	0,8	0,9	1,0/1,9
н	1,2/0,9	1,2/0,9	1,2/0,9	1,2/0,9

Примечание. Перед косой чертой приведены значения для непоточного производства, а после косой — для поточного.

мерами выбирают по большему из станков. При обслуживании станков подвесными транспортными средствами расстояния от стен и колонн до станков принимают с учетом возможности их обслуживания подвесным транспортом.

Расчет потребности в рабочей силе. Расчет численности производственных рабочих производят по следующей методике.

Расчетную численность производственных (основных) рабочих по группам или специальностям $P_{п1}, P_{п2}, \dots, P_{пn}$ определяют по следующим формулам:

$$P_{п1} = \frac{T_1}{F_1}; P_{п2} = \frac{T_2}{F_2}; \dots; P_{пn} = \frac{T_n}{F_n},$$

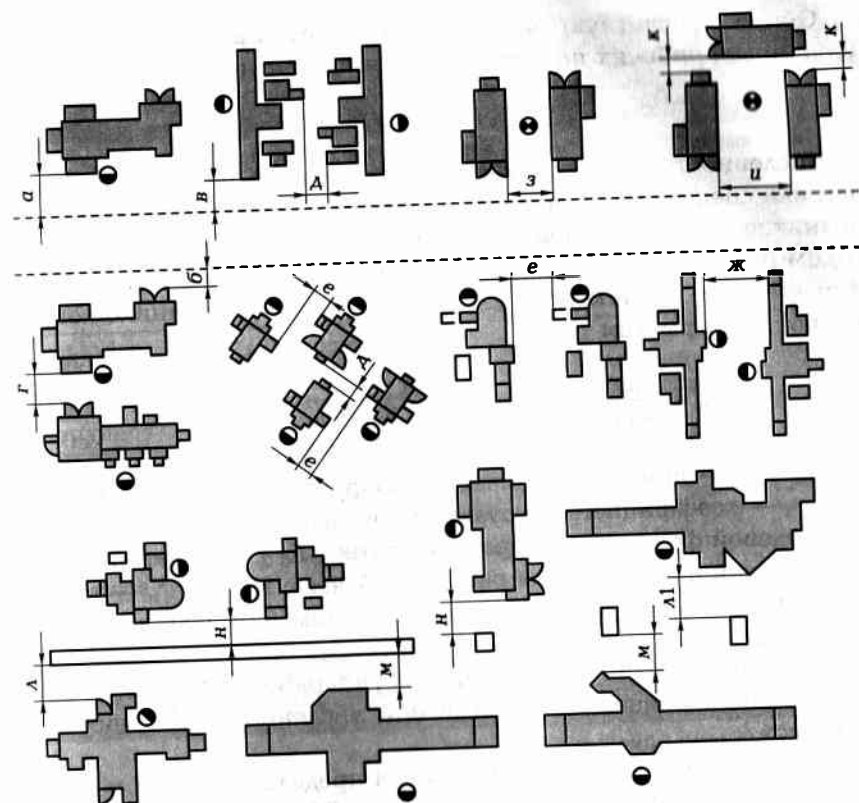


Рис. 8.1. Варианты размещения станков при следующих расстояниях между станками и проездами, стенами и колоннами здания:

а — между проездом и станками, расположенными фронтально; б — между проездом и тыльной стороной станка; в — между проездом и боковой стороной станка; г — между станками, установленными «в затылок»; д — между станками, установленными тыльными сторонами; е — между станками, установленными боковыми сторонами; ж — между станками, установленными фронтально, при обслуживании одним оператором одного станка; з — между станками, установленными фронтально, при обслуживании одним оператором двух станков; и, к — между станками при П-образном расположении трех станков, обслуживаемых одним оператором; л, л1 — между станком, расположенным фронтально, стенами и колоннами здания; м — между станком, расположенным тыльной стороной, стенами и колоннами здания; н — между станком, расположенным боковой стороной, стенами и колоннами здания

где $T_1, T_2, \dots, T_n$ — расчетная годовая трудоемкость по видам работ; $F_1, F_2, \dots, F_n$ — установленный годовой фонд времени работы данной группы или специальности рабочих.

Общую расчетную численность всех производственных (основных) рабочих по цеху определяют по формуле

$$P_p = P_{п1} + P_{п2} + \dots + P_{пn}.$$

Численность производственных (основных) рабочих по группам или специальностям $P_{п1}, P_{п2}, \dots, P_{пn}$ и общую численность станочников по цеху P_p можно также определить укрупненным методом по количеству принятого основного оборудования цеха. В этом случае расчетную численность рабочих-станочников определяют по формулам

$$P_{п1} = \frac{S_{п1} \eta_1 F_r}{F_1 H_{обс1}}; P_{п2} = \frac{S_{п2} \eta_2 F_r}{F_2 H_{обс2}}; \dots; P_{пn} = \frac{S_{пn} \eta_n F_r}{F_n H_{обсn}},$$

где $S_{п1, 2, \dots, n}$ — принятое количество оборудования данной группы; $\eta_{1, 2, \dots, n}$ — коэффициент загрузки оборудования; F_r — установленный годовой фонд времени работы станка; $F_{1, 2, \dots, n}$ — установленный годовой фонд времени работы рабочего; $H_{обс1, 2, \dots, n}$ — норма обслуживания оборудования одним рабочим (коэффициент многостаночности).

Расчетную численность прочих групп рабочих определяют в процентном отношении от расчетной численности рабочих-станочников.

Численность слесарей принимают в пределах 8...12 %, разметчиков 3...5 %, промывщиков деталей 1...2 % от численности рабочих-станочников. Численность остальных категорий рабочих определяют в каждом конкретном случае в зависимости от объема работ.

Численность вспомогательных рабочих для укрупненных расчетов при значительной механизации и автоматизации процессов производства определяют по табл. 8.3.

Квалификацию основных и вспомогательных рабочих определяют в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником рабочих сквозных профессий. Для укрупненных расчетов квалификации основных и вспомогательных рабочих можно пользоваться примерными данными, приводимыми в табл. 8.4.

Численность специалистов и служащих нужно подсчитывать по штатной ведомости, а при укрупненных расчетах можно пользоваться данными табл. 8.5.

Размещение цехов и планировка оборудования. Механические цеха предприятий приборостроения, как правило, размещают в блоке с другими основными и вспомогательными цехами предпри-

Таблица 8.3. Примерное соотношение численности вспомогательных рабочих и численности всех основных рабочих цеха

Тип производства	Процентное отношение к численности основных рабочих цеха, %		
	всех категорий вспомогательных рабочих без контролеров	контролеров (контрольных рабочих) ОТК и КПП	всех вспомогательных рабочих
Единичное и мелкосерийное	27,9	4,4...5,6	25,1...33,5
Серийное	29,7...36,1	4,1...5,3	33,8...41,4
Крупносерийное и массовое	37,1...53,3	3,7...6	40,8...59,3

Примечание. ОТК — отдел технического контроля; КПП — контрольно-пропускной пункт.

Таблица 8.4. Примерная средняя квалификация основных и вспомогательных рабочих механических цехов

Группы рабочих	Примерный средний разряд рабочих в зависимости от типа (серийности) производства		
	Единичное и мелко-серийное	Серийное	Крупно-серийное и массовое
Станочники	2,8...3,5	2,5...3,0	2,3...2,8
Слесари	2,3...2,8	2,2...2,6	2...2,4
Разметчики	3...3,5	2,8...3,2	—
Промывщики деталей	1	1	1
Прочие основные рабочие	1,5...2	1,3...1,8	1...1,5
Итого по основным рабочим	2,6...3,5	2,2...3,0	2,1...2,7
Вспомогательные рабочие	2...2,4	2,4...2,8	2,8...3,2
Всего по цеху	2,5...3,2	2,3...2,9	2,4...3,0

Таблица 8.5. Примерная численность специалистов и служащих при цеховой структуре управления производством

Численность рабочих в цехе (основных и вспомогательных)	Процентное отношение к численности рабочих цеха в зависимости от типа производства, %								
	Единичное и мелкосерийное			Серийное			Крупносерийное и массовое		
	Специалисты	Служащие	Всего	Специалисты	Служащие	Всего	Специалисты	Служащие	Всего
До 100	8...12	4...6	12...18	8...11	3...5	11...16	7...10	3...4	10...14
100—200	7...11	3...5	10...16	7...10	2...4	9...14	6...9	2...3	8...12
Свыше 200	6...10	2...4	8...14	5...9	2...3	7...12	4...7	2...3	6...10

Примечания: 1. Большие значения численности специалистов и служащих соответствуют меньшей централизации основных функций управления производством в службах предприятия, большему разнообразию и сложности изготавливаемых деталей, узлов и изделий, наличию других видов обработки, кроме механической, и меньшему пределу численности рабочих цеха.

2. При бесцеховой структуре управления производством численность специалистов и служащих должна быть определена в зависимости от конкретных условий производства.

3. В приведенную численность специалистов включены мастера производственных участков исходя из обслуживания одним мастером 20—25 основных рабочих в единичном и мелкосерийном производстве, 25—30 основных рабочих в серийном производстве и 30—35 основных рабочих в крупносерийном и массовом производстве.

4. К категории служащих отнесены работники, производящие учет (включая кладовщиков) и другие работы, не требующие технической квалификации.

яти. В отдельных случаях, особенно при проектировании реконструкции предприятия, их можно размещать в отдельно стоящих зданиях.

Независимо от этих условий размещение механического цеха (или цехов) на генеральном плане должно соответствовать общему направлению технологического процесса производства изделий от склада материалов и полуфабрикатов до склада готовой продукции.

Механические цеха могут быть размещены в одноэтажных (преимущественно) и многоэтажных зданиях.

При размещении механических цехов в многоэтажных зданиях некоторые тяжелые станки (многошпиндельные автоматы и т.п.) следует располагать на первых этажах, а более легкие — на верхних этажах.

Размеры производственных помещений в плане и по высоте определяют в основном в зависимости от количества, табаритных размеров и планировки производственного оборудования, рабочих мест, вспомогательных и обслуживающих служб цеха, табаритных размеров обрабатываемых деталей и узлов, средств внутри- и междоцехового транспорта, организации производства и т.д.

Станки механического цеха могут быть расположены следующими способами: по групповому признаку; в порядке последовательности технологических операций групп однородных деталей или одной детали. Первый способ применяют только для экспериментальных цехов, где заранее неизвестен характер обрабатываемых деталей.

При планировке оборудования необходимо руководствоваться следующими условиями:

- параллельное расположение станков технологических линий обработки разных деталей;
- получение одинаковой длины всех технологических линий обработки разных деталей;
- получение короткой технологической линии обработки (примерно 50...60 м);
- обеспечение прямого движения деталей и узлов в процессе обработки, без образования петель, встречных, перекрещивающихся и возвратных движений;
- удобство обслуживания одним рабочим нескольких станков (многостаночное обслуживание).

При расстановке оборудования в цехе следует руководствоваться регламентированными нормами расстояний (разрывов) между взаимным расположением станков, смежных строительных элементов зданий, транспортных средств, проходов, проездов и рабочих мест. Размеры расстояний (разрывов) и ширина проходов и проездов в цехе должны обеспечивать удобство выполнения работ на станках, безвредные и безопасные условия труда работающих, соответствие интенсивности потоков людей и грузов размерам транспортных средств.

Для обеспечения нормального функционирования технологического оборудования в производственной системе необходимо предусмотреть площади для проходов и проездов к нему, для технического и организационного обслуживания (кроме площади магистрального проезда), а также для хранения полуфабрикатов.

Таблица 8.6. Нормы удельной площади для основного металлорежущего оборудования

Участки по изготовлению технологических групп деталей	Габаритные размеры (длина × ширина, диаметр, длина), мм, не более	Общая удельная площадь, м ² , не более
Базовые детали (станины, плиты, травесы, поперечины и т. п.)	8 000 × 3 000	200
	4 000 × 2 000	150
Корпусные детали	3 000 × 1 500	100
	2 000 × 1 000	70
	1 000 × 500	40
Планки, рычаги, кронштейны, вилки и т. п.	700 × 500	30
Крупные тела вращения (планшайбы, зубчатые колеса, шкивы, шпиндели и т. п.)	Диаметр свыше 1 000, длина свыше 3 000	120
	Диаметр выше 320, длина свыше 700	80
Тела вращения (шестерни, валы, винты, скалки и т. п.)	Диаметр 200 ... 320, длина до 700	45
	Диаметр до 200	35
Токарно-револьверные детали (штифты, гайки крепежные, втулки, кольца, ролики, шайбы, штуцеры и т. п.)	Диаметр до 65, длина до 100	25
	Диаметр до 25	20

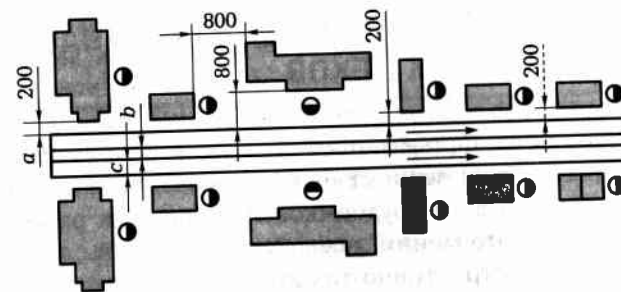


Рис. 8.2. Поточная линия механической обработки деталей:

а — проезд; б — расстояние, принимаемое в зависимости от конструкции конвейера;
с — ширина конвейера, принимаемая в зависимости от наибольшего размера обрабатываемой детали; размеры даны в сантиметрах

размещения оператора, промышленного робота и других средств. Поэтому при укрупненном предварительном расчете площадей производственных участков используют понятие **удельной площади**, т.е. площади, занимаемой единицей технологического оборудования, в которую включают помимо площади, занимаемой непосредственно самим оборудованием, площадь, необходимую для обеспечения его нормального функционирования.

Окончательное значение удельной площади устанавливают после выполнения планировочного решения производственного участка, когда будет расставлено все технологическое и вспомогательное оборудование на нем с учетом его обслуживания и габаритных

Удельная площадь зависит от вида производства и габаритных размеров принятого технологического оборудования, которые в свою очередь определяются геометрическими размерами изготавливаемых изделий.

Нормы удельной общей площади, приходящейся на единицу основного оборудования по механообрабатывающим цехам, приведены в табл. 8.6.

При проектировании гибких производственных систем (ГПС) площадь, приходящуюся на единицу технологического оборудования, принимают с коэффициентом, если при расчетах не учитывают площадь, занимаемую таким вспомогательным оборудованием, как автоматизированный склад, приемно-передающие устройства и т.п.

На рис. 8.2 представлена примерная планировка поточной линии механической обработки деталей.

8.3. СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ СБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Сборочные цеха. Организация процессов сборки (специализация сборочных цехов) зависит от объема годового выпуска предприятия, удельного веса трудоемкости сборочных работ в общей трудоемкости изготовления всех; вида изделий, выпускаемых предприятием; конструктивно-технологического сходства или различия основных выпускаемых предприятием изделий и типа производства.

Для малых и средних предприятий и предприятий с небольшим удельным весом трудоемкости сборочных работ в общей трудоемкости изготовления изделий (до 40 %) характерным является создание одного сборочного цеха (отделения, участка). Для больших предприятий и предприятий с большим удельным весом трудоемкости сборочных работ в общей трудоемкости изготовления изделий (свыше 40 %) при конструктивно-технологических различиях основных изделий или значительного объема производства повторяющихся самостоятельных узлов и устройств, входящих в изделия, предусматривается несколько сборочных цехов (отделений, участков).

Например, на предприятии электроизмерительных приборов имеются сборочный цех крупносерийной продукции (щитовые малогабаритные и миниатюрные электроизмерительные приборы) и сборочный цех мелкосерийной продукции (цифровые электроизмерительные приборы); на предприятии счетно-аналитических машин существуют четыре сборочных цеха; на часовом заводе предусмотрены сборочный цех наручных и карманных часов с контрольно-испытательной станцией (крупносерийное производство) и сборочный цех технических часов с контрольно-испытательной станцией (серийное производство).

Сборочные цеха классифицируются по их назначению, роду и объему выпускаемых изделий, типу производства, размеру цеха.

Испытательные станции. Для осуществления контрольных (сдаточных) и типовых испытаний изделий испытательные станции или цеха размещают, как правило, совместно с соответствующими сборочными цехами. Для особо сложных контрольных и типовых испытаний (например, испытания с применением радиоактивных веществ, сложных холодильных установок и т. п.) испытательные станции размещают отдельно от сборочных цехов.

Испытательные станции подразделяют на станции контрольных (сдаточных) и типовых испытаний. Контрольным испытани-

ям, как правило, подвергаются все изготавливаемые изделия и отдельные узлы, а типовым — изделия или узлы выборочно (нескольких единиц из партии).

В зависимости от принятой на предприятии производственной структуры и системы управления предприятием (цеховой или бесцеховой) предусматривают различный состав подразделений сборки.

Для определения трудоемкости сборочных работ и испытаний используют следующие методы:

1) разработка расчетных пооперационных технологических карт или укрупненных маршрутных ведомостей процессов сборки и испытаний с нормированием операций и составление сводной ведомости трудоемкости по каждому изделию программы;

2) укрупненный расчет проектной трудоемкости путем использования данных ранее выполненных проектов о трудоемкости аналогичных изделий с введением в них соответствующих поправочных коэффициентов;

3) расчет проектной трудоемкости с использованием данных предприятия о трудоемкости с внесением в них соответствующих поправочных коэффициентов.

Первый метод применяют, как правило, только при проектировании сборочных цехов с точной программой для массового и крупносерийного производства, а также для сборочных цехов, в производственную программу которых входят новые, не освоенные в производстве изделия.

Для расчета трудоемкости при проектировании сборочных цехов с приведенной или условной программой применяют в основном второй и третий методы. При этом методика расчета поправочных коэффициентов, учитывающих различие сравниваемых изделий по массе, сложности конструкции, усовершенствованию технологического процесса и степени освоения производства изделий предприятиями, может быть рекомендована по аналогии с соответствующими коэффициентами при определении станкостроемкости механической обработки.

Обычно при проектировании сборочных цехов в случае большой номенклатуры изделий трудоемкость последних определяют смешанным методом, т. е. трудоемкость основных наиболее трудоемких изделий по первому методу, а остальных изделий — по второму или третьему методу.

Выбор и расчет количества оборудования и рабочих мест. Высокие экономические показатели сборочных цехов обеспечивают внедрением максимальной механизации и автоматизации про-

изводственных процессов и применением высокопроизводительного оборудования.

Все оборудование цеха в зависимости от его роли в производственном процессе подразделяют на основное, вспомогательное и подъемно-транспортное. Кроме того, в спецификации оборудования по цеху включают производственный инвентарь (верстаки, поверочные и разметочные плиты и др.), контрольно-измерительные приборы, пневматический и электрифицированный инструмент.

Расчет необходимого количества основного оборудования и рабочих мест выполняют на основании трудоемкости сборочных работ по каждому изделию и соответственно на годовую программу.

Расчетное количество оборудования или рабочих мест на данной операции (или группе операций) определяется по формуле

$$S_{\text{оп}} = \frac{(T_{\text{год.пр}})_{\text{оп}}}{mF_A} = \frac{1}{F_A} \sum \left(\frac{T_i N_i}{m_i} \right),$$

где $(T_{\text{год.пр}})_{\text{оп}}$ — суммарная трудоемкость на годовую программу на данной операции или группе операций, чел.-ч; m — средняя численность рабочих, одновременно участвующих в сборочном процессе (или испытаниях) узлов (или изделий) на данной операции или группе операций (плотность работ); F_A — установленный годовой фонд времени работы данного оборудования или рабочего места, ч; T_i — трудоемкость данных сборочных операций по каждому изделию, выполняемых на данном оборудовании или рабочем месте, чел.-ч; N_i — годовой выпуск каждого изделия, шт., собираемого на данном оборудовании или рабочем месте; m_i — численность рабочих, одновременно участвующих в сборочном процессе (или испытаниях) узлов (или изделий) на данной операции по каждому изделию (плотность работ).

Величина $(T_{\text{год.пр}})_{\text{оп}}/m = \Sigma(T_i N_i/m_i)$ определяет календарную продолжительность данной операции или группы операций (на годовую программу) на данном оборудовании или рабочем месте.

Величина $T_k = T_i/m$ является календарным временем (в часах) выполнения сборочных операций по каждому изделию на данном оборудовании или рабочем месте. Это время определяют непосредственно по разработанным технологическим процессам сборки и испытаний изделий или при укрупненных расчетах на основании ранее выполненных проектов либо данных предприятия.

Для случая сравнительно большой календарной продолжительности операции при малой ее трудоемкости (сушка в процессе сборки, обкатка, «тренировка» узлов и изделий и т. п.), т. е. при ма-

лой плотности работ, количество необходимого оборудования рассчитывают исходя из календарного времени продолжительности операции и количества одновременно установленных на данном оборудовании (для выполнения операции) узлов или изделий.

Полученное расчетное количество оборудования или рабочих мест для выполнения данной операции (или группы операций) округляют до целого числа, которое и является принятым количеством оборудования или рабочих мест для выполнения данной операции $S_{\text{оп.пр}}$.

Суммарное количество принятого оборудования и рабочих мест по всему цеху определяют по формуле

$$S_{\text{пр}} = \sum S_{\text{оп.пр}}$$

Коэффициент загрузки оборудования или рабочих мест

$$\eta = \frac{S_{\text{оп}}}{S_{\text{оп.пр}}}$$

Средний коэффициент загрузки оборудования или рабочих мест для всего цеха

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{\sum S_{\text{оп}}}{\sum S_{\text{оп.пр}}}$$

Этот коэффициент должен стремиться к единице. Обычно его принимают равным 0,80...0,85 для мелкосерийного и серийного производства и 0,85...0,90 для крупносерийного и массового производства.

Тип или вид оборудования по группам выбирают одним из следующих способов:

- на основании разработанного технологического процесса сборки и испытания изделий;
- на основании использования данных ранее разработанных проектов сборочных цехов со сборкой аналогичных изделий с примерно такой же серийностью производства;
- путем использования данных предприятия о применяемом сборочном и испытательном оборудовании с уточнением типа оборудования и соответствие его условиям производства, предусматриваемым в конкретном цехе.

Тип оборудования выбирают по каталогам и прейскурантам на существующее отечественное и зарубежное оборудование, а в необходимых случаях — на основании перспективных разработок

нового оборудования научно-исследовательскими и конструкторскими организациями.

При использовании в проекте нового нетипового или специализированного оборудования к проекту следует приложить технические задания на его проектирование.

Мелкое настольное оборудование (настольные прессы, настольно-сверлильные станки и др.) в отдельных случаях можно выбирать в зависимости от требований технологического процесса.

В случае организации в цехе поточной (конвейерной) сборки изделий или отдельных узлов необходимо произвести расчет конвейеров.

В состав вспомогательного оборудования цеха входят генераторы частоты для высокочастотного электроинструмента, ультразвуковых установок, оборудование ремонтной базы для особо крупного сборочного цеха, точно-заточные станки, оборудование для очистки помещения (пылесосы и др.), клееварки, разные насосы и т. п.

Количество и тип вспомогательного оборудования устанавливаются в зависимости от потребности.

В сборочных цехах для транспортирования деталей и узлов из складов к рабочим местам и между рабочими местами, готовых изделий от рабочих мест к складам, а также для транспортирования других грузов применяют транспортные средства, аналогичные используемым в механических цехах.

Выбор и расчет количества подъемно-транспортного оборудования осуществляют в зависимости от размеров производства, массы и габаритных размеров собираемых узлов и изделий, серийности производства, принятого технологического процесса сборки, конфигурации и размеров здания сборочного цеха и т. п.

Расчет состава работающих. К *производственным рабочим* сборочных цехов и испытательных станций в зависимости от рода выпускаемой продукции относятся:

- слесари-сборщики или сборщики по сборке и монтажу узлов;
- намотчики;
- электромонтажники;
- сборщики по общей сборке изделий;
- рабочие на производственных испытаниях, тарировщики, регулировщики, юстировщики, наладчики;
- упаковщики и др.

Численность производственных рабочих по группам или специальностям и их общую численность по цеху определяют на основании принятой трудоемкости на годовую программу по соответствующим видам сборочных работ и установленного годового фонда времени работы для каждого рабочего.

Расчетную численность производственных рабочих в сборочных цехах на стационарной сборке определяют по формуле

$$P_p = \sum P_{\text{пр.р.}}$$

Здесь расчетная численность производственных рабочих соответствующей группы или специальности

$$P_{\text{пр.р.}} = T_{\text{год.пр.}} / F_r$$

где $T_{\text{год.пр.}}$ — расчетная трудоемкость на годовую программу по видам работ, чел.-ч; F_r — установленный годовой фонд времени работы рабочего для данной группы или специальности рабочих, ч.

При получении дробных числовых значений расчетной численности производственных рабочих их необходимо округлить в большую сторону до целого числа, называемого принятым числом производственных рабочих, при этом $P_{\text{пр.р.}} = \sum P_{\text{п.пр.р.}}$

К *вспомогательным рабочим* сборочных цехов и испытательных станций относятся:

- рабочие по ремонту и обслуживанию оборудования: слесари и станочники по ремонту оборудования, смазчики оборудования, электромонтеры;
- наладчики автоматического оборудования и автоматических линий;
- контролеры по приемке готовых узлов и изделий;
- комплектовщики, подносчики и раздатчики инструмента;
- рабочие на погрузке, разгрузке и транспортированию материалов, полуфабрикатов, деталей, узлов и готовых изделий.

Численность вспомогательных рабочих цеха принимают в процентном отношении от численности производственных рабочих в зависимости от размера цеха, типа и принятой организации производства с учетом уровня механизации и автоматизации производственных процессов в сборочном цехе.

Численность специалистов и служащих в сборочных цехах подсчитывают по штатной ведомости, составляемой в зависимости от численности рабочих цеха, типа производства, степени сложности

и разнообразия собираемых изделий, структуры управления цехом и т. п.

Численность младшего обслуживающего персонала обычно составляет 1...3 % от численности рабочих цеха с учетом размеров цеха. При размещении сборочного цеха в блоке с другими цехами численность младшего обслуживающего персонала определяют для всего блока в целом.

Размещение цехов и планировка оборудования. Сборочные цеха и испытательные станции предприятий, как правило, размещают в блоке с другими основными и вспомогательными цехами. В исключительных случаях испытательные станции (для испытаний, связанных с огне- и взрывоопасными средами, радиоактивными веществами, для специальных механических и магнитных испытаний и др.) размещают в отдельно стоящих зданиях.

Сборочные цеха отдельных видов производств, например часового, размещаются преимущественно в отдельных зданиях в связи с повышенными требованиями к чистоте производственных помещений, кондиционированию воздуха, санитарным условиям для работающих в цехе (создание специальных служебно-бытовых помещений с комнатами отдыха и т. п.).

Сборочные цеха и испытательные станции могут размещаться в одно- и многоэтажных зданиях. Тип здания для размещения сборочных цехов и испытательных станций выбирают в зависимости от рода и объема выпускаемых изделий, степени механизации производственного процесса и условий застройки территории промышленной площадки предприятия.

Размеры производственных помещений в плане и по высоте определяются в основном количеством, габаритными размерами и планировкой производственного оборудования, рабочих мест и вспомогательных служб цеха, габаритными размерами собираемых узлов и изделий, средствами внутри- и межцехового транспорта, организацией производства и др. Взаимное расположение отделений и участков цеха устанавливают в зависимости от принятого технологического процесса сборки, общей компоновки цеха и всех цехов предприятия на генеральном плане. При выполнении планировки цеха необходимо обеспечивать максимальное сокращение протяженности грузопотоков, максимальную прямолинейность движения деталей и узлов в процессе сборки и испытаний.

К **производственной площади** сборочного цеха относятся площади, занятые:

- производственным оборудованием, рабочими местами, испытательными стендами, установками, верстаками;

- рабочими зонами, обслуживающими производственное оборудование;
- производственными проходами и проездами (кроме межцеховых и главных проездов);
- транспортными устройствами;
- складскими площадками у рабочих мест и оборудования;
- испытательными установками и стендами.

К **вспомогательной площади** сборочного цеха относятся площади, занятые:

- промежуточными складами деталей и узлов;
- открытыми складскими площадками для хранения крупных деталей и узлов;
- кладовыми покупных комплектующих деталей, узлов и изделий;
- инструментально-раздаточной кладовой;
- кладовой контрольно-измерительных приборов;
- кладовой вспомогательных материалов;
- ремонтной базой;
- участками и лабораториями отдела технического контроля (ОТК);
- тамбурами, въездами в цех;
- непроизводственными проходами;
- главными корпусными проездами в пределах границ цеха;
- лестничными клетками, шахтами подъемников;
- отопительными и вентиляционными устройствами и т. п.

Площади конторско-бытовых помещений определяют при разработке строительной части проекта. Для укрупненных расчетов при проектировании технологической части проекта общая площадь, потребная для конторско-бытовых помещений, определяется из расчета 1,5 м² на одного работающего в цехе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит трудоемкость обработки деталей в механических цехах?
2. Приведите формулу, по которой определяют трудоемкость механической обработки изделия.

3. Как классифицируют механические цеха по типам производства?
4. Как классифицируют механические цеха по характеру выпускаемых изделий?
5. Какой состав оборудования используется в механических цехах?
6. Перечислите типы вспомогательного оборудования механических цехов.
7. Как организуют многостаночное обслуживание в механических цехах?
8. Как выбирают и рассчитывают основное оборудование механических цехов?
9. Какой состав вспомогательного и подъемно-транспортного оборудования в механических цехах?
10. Как определяют потребность в рабочей силе в механических цехах?

Глава 9

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

9.1. СТАДИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Общие сведения. В современных условиях важной задачей для предприятия является быстрый переход на производство новых изделий. Для решения этой задачи на предприятиях выполняется комплекс мероприятий, называемый технической подготовкой производства. *Техническая подготовка производства* на машиностроительных предприятиях — это совокупность работ по проектированию, внедрению новых и совершенствованию существующих конструкций изделий, технологических процессов и технологической оснастки.

Правильная организация технической подготовки обеспечивает непрерывный технический прогресс на предприятиях, повышение технического и организационного уровня производства и достижение высоких экономических результатов.

Техническая подготовка производства включает в себя три преимущественно связанные стадии:

- конструкторская подготовка производства, представляющая собой совокупность процессов и работ, связанных с оптимизацией номенклатуры и конструированием новых объектов производства, изготовлением опытных образцов, их испытанием, совершенствованием выпускаемых изделий;
- технологическая подготовка производства, представляющая собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к изготовлению и выпуску изделий заданного каче-

ства при установленных сроках, объеме выпуска, материальных и трудовых затратах;

- организационная подготовка производства, представляющая собой процессы разработки проектов организации производства, труда, снабжения и сбыта продукции и создания нормативной базы для планирования и организации производства.

Значение технической подготовки производства на машиностроительных предприятиях весьма велико. От уровня организации подготовки производства зависит своевременный выпуск и конкурентоспособность новой продукции, совершенствование уже освоенных изделий и экономические результаты деятельности предприятия.

Недостатки технической подготовки неизбежно сказываются на самом производстве: возникает большое количество различных технических и организационных неполадок, особенно при внедрении в производство новых изделий. Ошибки, допущенные при конструировании изделия и разработке технологической документации, вызывают перерывы в работе, увеличивают затраты на производство продукции, затягивают сроки освоения новых изделий.

Эффективность ускорения технической подготовки и освоения производства новой техники. Одной из важных задач организации подготовки и освоения новой техники является сокращение продолжительности периода освоения, позволяющее увеличить объем выпуска необходимой народному хозяйству новой продукции, снизить затраты производства, уменьшить влияние морального износа техники и т. п.

Основными направлениями сокращения периода освоения являются:

- совершенствование конструкции изделия, повышение уровня технологичности и унификации;
- типизация технологических процессов и технологического оснащения, использование ЭВМ в технологической подготовке производства;
- повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов, широкое внедрение станков с числовым программным управлением (ЧПУ), создание ГПС;
- совершенствование материально-технического управления путем создания и освоения новой техники.

Экономический эффект, получаемый от ускорения процесса подготовки производства, можно представить в виде суммы трех составляющих:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3.$$

Эффект $\mathcal{E}_1$ достигается на этапе технической подготовки производства и определяется сокращением затрат на всех стадиях этого этапа.

Эффект $\mathcal{E}_2$, получаемый при освоении выпуска новой продукции, определяется скоростью снижения себестоимости новых изделий при нарастании объема их выпуска.

Эффект $\mathcal{E}_3$ достигается в процессе эксплуатации новых изделий, обладающих лучшими параметрами по сравнению со снимаемыми с производства изделиями.

Все мероприятия, направленные на сокращение цикла подготовки производства и образующие эффект $\mathcal{E}_1$, можно подразделить на две группы. К первой группе относятся мероприятия, требующие дополнительных капитальных вложений (например, создание информационно-поисковой системы для информационного обеспечения исполнителей, создание системы автоматизированного проектирования и т. п.). Ко второй группе относятся работы, не требующие капитальных вложений (например, разработки по повышению уровня унификации конструкции, что приводит к уменьшению трудоемкости проектирования и изготовления технологической оснастки). Эффективность мероприятий первой группы оценивается по минимуму приведенных затрат, а экономический эффект — по затратам на их использование:

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n [(S_{i2} + E_n K_{i2}) - (S_{i1} + E_n K_{i1})],$$

где n — число стадий подготовки производства, по которым достигнуто сокращение трудоемкости; S_{i2} , S_{i1} — текущие затраты на i -м этапе подготовки производства по новому и базовому вариантам соответственно; E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности; K_{i2} , K_{i1} — капитальные затраты на i -м этапе подготовки производства для нового и базового вариантов проведения работ.

Дополнительные капитальные вложения включают в себя стоимость персональных компьютеров, затраты, связанные с разработкой программного обеспечения автоматизированных систем подготовки производства, затраты на создание баз данных конструкторского и технологического назначения, информационно-поисковых систем.

Экономия на текущих затратах при сравнении базового и нового вариантов подготовки производства определяется снижением трудоемкости работ по проектированию нового изделия, разработке технологических процессов, проектированию средств технологического оснащения. Снижение трудоемкости работ приводит к экономии заработной платы специалистов и служащих, занятых подготовкой производства.

Эффективность мероприятий второй группы (например, от повышения уровня унификации) определяется экономией от снижения затрат и разработку технической документации проектируемого изделия и разработку технологических процессов. Унификация, проведенная на первых стадиях подготовки производства, приводит к получению экономии и на всех последующих стадиях.

Для расчета сокращения цикла и определения экономического эффекта на стадии выпуска новой продукции используются кривые освоения, характеризующие снижение трудоемкости и себестоимости изделия за счет отладки технологических процессов, освоения оборудования и оснастки, повышения навыков работы.

Экономический эффект, получаемый при освоении выпуска новой продукции, можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_2 = C \Delta N,$$

где C — себестоимость освоенной продукции, руб./шт.; ΔN — общее количество дополнительной продукции, полученной за счет ускорения освоения производства.

Годовую экономию при эксплуатации новой, более совершенной техники можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \left(\frac{R_{\text{пр.б.}}}{q_6} - \frac{R_{\text{пр.н.}}}{q_n} \right) q_n \Delta N,$$

где $R_{\text{пр.б.}}$, $R_{\text{пр.н.}}$ — годовые приведенные затраты на базовом и новому изделиям; q_6 , q_n — производительность базовой и новой техники.

Таким образом можно найти реальный экономический эффект, получаемый при ускорении технической подготовки новых изделий.

Техническая подготовка производства изделия включает в себя следующие этапы:

- заключение договора;
- составление технического задания и его согласование;
- техническое проектирование;

- составление материальной ведомости;
- подача заявки и составление чертежей на изделие;
- выпуск чертежей на заготовки и детали;
- заказ на заготовки;
- подача заявки и составление чертежей на литье;
- выпуск чертежей на изготовление моделей;
- выпуск рабочих чертежей на приспособления;
- выпуск сборочных приспособлений;
- подача заявки на кооперированные изделия;
- расчет нормы на кооперированные изделия;
- заказ на кооперированные изделия;
- разработка маршрутной технологии;
- подача заявки на материалы;
- разработка нормативов по материалам;
- разработка нормативов по трудоемкости;
- проектирование специальной оснастки механической обработки;
- проектирование сборочных приспособлений;
- изготовление специальной оснастки механической обработки;
- изготовление сборочных приспособлений;
- выпуск технических условий;
- обеспечение материалами;
- обеспечение кооперированными изделиями;
- обеспечение заготовками;
- изготовление литья;
- изготовление механических изделий;
- изготовление других деталей;
- сборка узлов;
- сборка и отладка изделия;
- выпуск чертежей и сборочных приспособлений;
- изготовление укладочных ящиков;
- выпуск описания;
- сдача изделия.

9.2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Основные задачи и этапы конструкторской подготовки производства. Основными задачами конструкторской подготовки производства (КПП) являются создание новых и совершенствование имеющихся изделий с высокими параметрами качества в заданные сроки и с наименьшими затратами.

Конструкторская подготовка включает в себя разработку следующей документации.

1. Техническое задание. Основной задачей разработки технического задания является обоснование технической возможности создания изделия с высокими техническими параметрами качества при максимальной экономической эффективности его производства и эксплуатации.

В техническом задании определяются:

- назначение изделия, область применения и масштабы его производства;
- основные требования к изделию;
- технические характеристики изделия;
- общие эксплуатационные показатели;
- показатели качества;
- особые требования к изделию (по надежности, стандартизации, унификации и др.);
- технологические, организационные и экономические условия производства.

Техническое задание составляется заказчиком для организации, разрабатывающей проект.

2. Техническое предложение. При разработке технического предложения обосновывается целесообразность создания изделия на основе анализа технического задания заказчика, имеющихся технологических решений и технических возможностей в данной области производства, проводится всесторонняя оценка всех возможных вариантов создания изделия, сравнение с существующими изделиями, патентный поиск. На этой стадии проводят укрупненный расчет себестоимости изделия и определяют общий его технический уровень. Техническое предложение согласовывается с заказчиком и утверждается в установленном порядке, после чего оно является основой для разработки эскизного проекта.

3. Эскизный проект. Эскизное проектирование заключается в разработке первоначального варианта будущей конструкции изделия.

Эскизный проект включает в себя:

- разработку принципиальной электрической, кинематической, гидравлической, пневматической схем изделия;
- общую компоновку изделия;
- разработку эскизных чертежей общих видов;
- анализ патентной чистоты конструкции;
- оценку экономической эффективности конструкции.

Эскизный проект состоит из графической части (общий вид изделия, чертежи отдельных узлов и агрегатов), раскрывающей конструктивные особенности нового изделия, его параметры, габаритные размеры, и пояснительной записки с расчетами основных параметров изделия, описанием принципов его работы, эксплуатационных особенностей. Утвержденный эскизный проект является основанием для разработки технического проекта.

4. Технический проект. Основной задачей технического проектирования является разработка окончательного технического решения, дающего полное представление об устройстве изделия.

На этой стадии выполняются расчеты на прочность, жесткость, долговечность, проводится разработка компоновочных чертежей, чертежей агрегатов, сборочных единиц и важнейших деталей, осуществляется макетирование и экономическое обоснование проекта, составляются технические условия на эксплуатацию изделия и спецификации.

Технический проект содержит:

- графическую часть (чертежи общего вида изделия и всех его узлов и агрегатов, деталей, входящих в него);
- кинематические, гидравлические, электрические схемы;
- расчеты на прочность и жесткость;
- спецификацию узлов и деталей;
- пояснительную записку с технико-экономическим обоснованием окончательного технического решения изделия, включая определение стоимости производства и эксплуатационных издержек.

Технический проект на сложные, уникальные изделия часто сопровождается изготовлением макета.

Утвержденный технический проект является основанием для разработки рабочего проекта.

5. Рабочий проект. Рабочее проектирование состоит в разработке полного комплекта конструкторской документации на изделие.

Рабочий проект включает в себя:

- разработку рабочих чертежей общих видов, сборочных единиц и всех оригинальных деталей;
- уточнение спецификаций на каждую сборочную единицу;
- разработку компоновочных и установочных чертежей;
- изготовление опытных образцов;
- стендовые, заводские, государственные испытания;
- корректировку чертежей;
- разработку инструкций по эксплуатации;
- уточненный технико-экономический анализ конструкции.

Рабочее проектирование включает в себя все перечисленные стадии только для принципиально новых изделий, во всех остальных случаях оно сводится к разработке только технического и рабочего проектов.

Следует отметить, что содержание работ по стадиям КПП может отличаться от указанного в зависимости от типа производства, сложности конструкции, уровня кооперирования и других факторов.

Обеспечение технологичности конструкций новых изделий. Создание новых конструкций изделий, обладающих высокими технико-экономическими характеристиками, является сложной комплексной задачей, для решения которой прежде всего необходимо обеспечить максимально возможную для конкретных условий производственную и эксплуатационную технологичность конструкции.

Технологичность — совокупность свойств конструкции изделия, характеризующих возможность оптимизации затрат труда, средств и времени на всех стадиях создания, производства и эксплуатации изделия. Отработка конструкции изделия на технологичность выполняется разработчиками конструкторской и технологической документации и заказчиком.

Технологичной в производстве можно считать ту конструкцию, освоение и выпуск которой при заданном объеме производства будет проходить с минимальными производственными затратами (в первую очередь с наименьшей трудоемкостью и материалоемкостью) и с кратчайшим производственным циклом.

При анализе технических требований и норм точности с качественной стороны нельзя упускать из виду правильность формулировок технических требований, формы задания норм точности, их достаточность. Нельзя, например, задавать в миллиметрах допуск, ограничивающий относительный поворот поверхностей детали, без указания длины, на которой допускается указанное отклонение.

Анализ соответствия технических требований и норм точности служебному назначению детали с количественной стороны должен подтвердить или опровергнуть правильность значений установленных норм и выявить их требуемые значения.

Обоснованность значений допусков, ограничивающих отклонения относительного поворота и формы поверхностей, составляющих комплекты баз, может быть проверена со стороны допускаемой погрешности установки: для основных баз — самой детали в изделии, для вспомогательных баз — присоединяемых к ней деталей.

Если анализируемый размер детали является составляющим звеном конструкторской размерной цепи, вскрыв ее, можно выяснить правомерность значения допуска, ограничивающего его отклонение согласно чертежу.

Если технологическим процессом сборки изделия предусмотрено достижение точности замыкающего звена одним из методов взаимозаменяемости, решив обратную задачу в отношении полей допусков и координат их середин, можно выяснить соответствие допуска на интересующий размер требованиям точности замыкающего звена. При отсутствии такого соответствия необходимо перераспределить допуск замыкающего звена между составляющими звеньями, добившись необходимого соответствия, и скорректировать значение допуска на анализируемый размер детали.

Если точность замыкающего звена намечено обеспечивать методами пригонки или регулирования, целесообразность значения допуска, установленного на анализируемый размер детали, оценивается с экономических позиций.

О важности проведения анализа соответствия технических требований и норм точности служебному назначению детали можно судить по следующему примеру, взятому из практики машиностроения.

При отладке технологического процесса изготовления подшипников качения в автоматизированном производстве долгое время не удавалось достичь их требуемого качества. Как выяснилось впоследствии, причиной этого были неправильно сформулирован-

ные технические требования. Например, к наружному кольцу конического роликоподшипника были предъявлены в числе прочих следующие технические требования: торцовая поверхность А кольца должна быть перпендикулярна оси цилиндрической наружной поверхности, допустимое отклонение 0,004 мм; отклонение от параллельности торцов А и Б не должно превышать 0,02 мм.

На рис. 9.1, а показаны размеры и технические требования, заданные на рабочем чертеже роликоподшипника.

Анализируя служебное назначение кольца и функции, используемые его поверхностями, можно сделать вывод о том, что поверхность А и наружная цилиндрическая поверхность являются основными установочной и двойной опорной базами (рис. 9.1, б). В соответствии с правилами установления относительного положения баз, составляющих комплект, ось цилиндрической поверхности кольца должна быть перпендикулярна к поверхности А, а не наоборот.

Что касается относительного положения торцов А и Б, то избранная форма задания технического требования внесла неопределенность в выбор начала отсчета. Поверхность Б является свободной, и она должна быть параллельна поверхности А как основной установочной базе детали. Из того, как были сформулированы

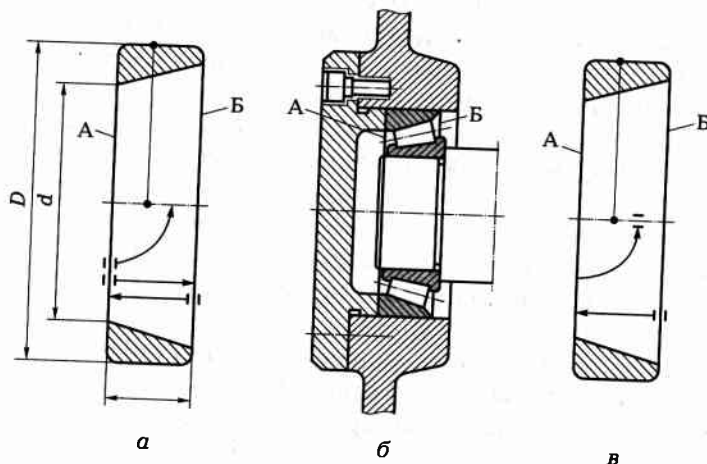


Рис. 9.1. Схема роликоподшипника (а), требования к относительному положению поверхностей наружного кольца согласно рабочему чертежу (б) и в соответствии с его служебным назначением (в):

D, d — диаметр подшипника и посадочного отверстия соответственно

технические требования, можно прийти к абсурдному заключению о том, что поверхность А должна быть одновременно перпендикулярна оси цилиндрической поверхности и параллельна торцу Б. Формулировки обоих технических требований имеют еще один недостаток: не указаны длины, к которым должны быть отнесены нормы отклонений от перпендикулярности и параллельности.

Недочеты в формулировках технических требований привели к неправильному базированию заготовок колец в процессе обработки, что стало причиной несогласованности относительного положения поверхностей изготовленных колец. Технологический процесс удалось отладить лишь после того, как базирование колец на операциях было приведено в соответствие с техническими требованиями, изложенными следующим образом:

- ось наружной цилиндрической поверхности должна быть перпендикулярна поверхности торца А (рис. 9.1, в), допустимое отклонение 0,004 мм на длине 20 мм;
- допустимое отклонение торцевой поверхности Б от параллельности поверхности торца А не должно превышать 0,092 мм на диаметре кольца.

Новая редакция технических требований привела к перестройке автоматизированного производства: перепланировке оборудования, конструированию и изготовлению новых приспособлений и т.д.

Таким образом, критический анализ технических требований, норм точности и рабочих чертежей позволяет привести их в соответствие со служебным назначением детали. Это крайне необходимо сделать, приступая к разработке технологического процесса изготовления детали, чтобы избежать в дальнейшем изменения технологии, технологической оснастки и др.

Оценка рабочих чертежей выполняется и по технологичности конструкции детали. Отработка конструкции на технологичность производится также и на последующих этапах разработки технологического процесса. Обнаруженные недочеты в чертежах должны быть своевременно устранены с согласия конструктора.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделий и зависит от так называемой ремонтпригодности конструкции.

Для обеспечения **производственной технологичности** необходимо придать изделию такую форму и выбрать для него такие материалы, которые обусловят наиболее простое и экономичное его изготовление.

В ходе конструкторской подготовки новые изделия должны быть отработаны на технологичность.

Производственная технологичность конструкции оценивается показателями трудоемкости, материалоемкости, себестоимости.

Материалоемкость характеризует суммарный расход материалов на изготовление изделия. Общая материалоемкость $G_{\text{общ}}$ рассчитывается по формуле

$$G_{\text{общ}} = G_1 + G_2 + \dots + G_i + \dots + G_n,$$

где G_1, G_2, G_i, G_n — расход соответствующего вида материала; n — количество видов материалов.

Относительная материалоемкость характеризует структуру общей материалоемкости. Относительная материалоемкость определяет долю каждого i -го вида материала в общей материалоемкости:

$$g_{\text{отн}i} = \frac{G_i}{G_{\text{общ}}}.$$

Удельная материалоемкость характеризует конструкцию изделия по величине расхода материалов

$$g_{\text{уд}} = \frac{G_{\text{общ}}}{P},$$

где P — определяющий параметр изделия (производительность, мощность, масса и т.д.).

Кроме показателей материалоемкости расход материалов на изготовление изделия характеризуется коэффициентом использования материала, который рассчитывается по формуле

$$K_{\text{и.м}} = g_{\text{ч}}/G_{\text{общ}},$$

где $g_{\text{ч}}$ — чистая масса изделия.

Трудоемкость характеризует затраты труда на изготовление изделия. Различают общую, относительную и удельную трудоемкость.

Общая трудоемкость показывает количество времени, затрачиваемого исполнителями на производство единицы продукции. Общая трудоемкость рассчитывается по формуле

$$T_{\text{изд}} = T_{\text{з}} + T_{\text{м}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{пр}},$$

где $T_{\text{з}}, T_{\text{м}}, T_{\text{сб}}, T_{\text{пр}}$ — трудоемкость соответственно заготовительных работ, механической обработки, сборочных работ и прочих работ, входящих в технологический процесс изготовления данного изделия.

Относительная трудоемкость характеризует долю трудозатрат по данному виду работы в общей трудоемкости.

Удельная трудоемкость характеризует затраты времени на единицу продукции относительно определяющего параметра:

$$T_{\text{уд}} = T_{\text{изд}}/P.$$

Себестоимость характеризует затраты на изготовление изделия. Различают общую и удельную себестоимость.

Общая себестоимость показывает сумму затрат на изготовление изделия. В структуру общей себестоимости включаются затраты на материалы, заработную плату и косвенные расходы.

Удельная себестоимость характеризует затраты на единицу продукции относительно определяющего параметра P . Удельная себестоимость рассчитывается по формуле

$$C_{\text{уд}} = C_{\text{общ}}/P,$$

где $C_{\text{общ}}$ — общая себестоимость изделия.

Показатели технологичности сравнивают с базовыми, установленными отраслевыми стандартами для однотипных изделий. Показатели технологичности во многих случаях могут оказать решающее влияние на окончательную комплексную оценку проектов новых изделий.

Методы ускорения конструкторской подготовки. При создании новой техники одной из основных задач является задача сокращения времени на КПП. Для ускорения КПП используются различные методы, которые условно можно подразделить на три группы: технические, планово-координационные и организационные.

Технические методы направлены на обеспечение качества выполняемых работ, снижения до минимума числа изменений в конструкции, что снижает трудоемкость и продолжительность КПП.

Планово-координационные методы направлены на обеспечение рациональной координации стадий, этапов и работ, что приводит к сокращению продолжительности КПП.

Организационные методы включают в себя стандартизацию и унификацию технических решений, механизацию и автоматизацию проектно-конструкторских работ.

Стандартизация — это совместная работа различных специалистов по установлению типов и параметров машин, приборов, механизмов, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий с учетом перспектив развития техники и народного хозяйства. Стандартизация тесно связана с повышением качества продукции. В настоящее время большинство стандартов предприятий и отрас-

ли создаются в рамках комплексных систем управления качеством продукции.

Унификация — это комплекс мероприятий, обеспечивающих устранение излишнего многообразия типов и конструкций изделий, форм и размеров деталей, марок материалов, технической документации и т.д.

Стандартизации и унификации способствуют конструктивная преемственность, функционально-блочное конструирование, создание параметрических рядов машин и конструкций и др.

Конструктивная преемственность обеспечивается за счет использования элементов конструкций из ранее выполненных разработок, что освобождает конструкторов от необходимости разрабатывать всю конструкцию изделия. При заимствовании деталей из числа освоенных предприятием-изготовителем можно получить экономический эффект от сокращения сроков технической подготовки производства и изготовления нового изделия. Применение покупных (комплектующих) изделий может освободить разработчика от необходимости принятия новых технических решений, значительной части расчетов, опытного изготовления этих изделий.

Важным средством ускорения КПП является использование принципа **функционально-блочного конструирования**.

Современные машины, приборы, изделия содержат сотни, тысячи и более деталей, объединенных в сборочные единицы, блоки, функциональные узлы. Принцип функционально-блочного конструирования позволяет самостоятельно и параллельно разрабатывать функционально законченные и конструктивно оформленные блоки, из которых методом агрегатирования komponуются машины и устройства, отличающиеся своими функциями и назначением.

При функционально-блочном конструировании и агрегатировании конструкторам нет необходимости изменять все входящие в изделие блоки. Разрабатываются и проектируются лишь те из них, которые оказывают влияние на изменяемые параметры.

Важным средством повышения производительности труда, сокращения сроков проектирования и освоения новой техники, повышения ее качества на всех этапах КПП является разработка **параметрических рядов машин**.

Параметрический ряд представляет собой совокупность машин, приборов разных типоразмеров, подчиняющихся определенному закону возрастания (убывания) главного параметра. Главный параметр изделия должен оставаться стабильным при его модерни-

зации и оказывать определяющее влияние на остальные конструктивные, эксплуатационные и технико-экономические параметры.

Радикальное решение резкого ускорения КПП состоит в **автоматизации проектирования** новых машин и приборов — создании систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных рабочих мест (АРМ) проектировщика.

Возможность создания САПР и АРМ обусловлена тем, что в общем объеме работ по конструированию изделия доля работ по установившимся схемам в несколько раз превышает долю принципиально новых работ.

9.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Содержание и этапы технологической подготовки производства. Целью технологической подготовки производства является разработка оптимального технологического процесса, который бы обеспечивал изготовление изделий заданного качества с минимальными затратами.

Технологическая подготовка производства представляет собой комплекс работ по разработке новой технологии, конструированию и изготовлению необходимой технологической оснастки, установке и освоению нового оборудования и отладке всего процесса изготовления нового изделия. Это сложный комплекс технических, инженерных и организационных работ, который обеспечивает технологическую готовность производства, т.е. наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для выпуска заданного объема продукции с установленными технико-экономическими показателями.

Объем работ по технологической подготовке производства составляет 20...25 % от всего объема работ по технической подготовке производства для предприятий единичного и мелкосерийного производства, 40...50 % — для серийного производства и 60 % — для крупносерийного и массового производства.

Организация и управление технологической подготовкой производства регламентируются государственными стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), позволяющей использовать достижения научно-технического прогресса для эффективной подготовки выпуска новой продукции.

Единая система технологической подготовки производства устанавливает единый порядок разработки технологической документации и предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Технологическая подготовка производства включает в себя пять этапов.

Первый этап — разработка технологических процессов на основное изделие, которая включает в себя проведение следующих работ:

- отработка конструкции изделия на технологичность (технологический контроль);
- разработка межцеховых технологических маршрутов (расцеховка);
- разработка пооперационных технологических процессов получения деталей и сборочных единиц.

Второй этап — проектирование необходимых средств технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов.

Третий этап — изготовление средств технологического оснащения, механизации, автоматизации.

Четвертый этап — выверка, отладка и внедрение в производство разработанных технологических процессов, изготовление пробной и установочной партий.

Пятый этап — создание нормативной базы (трудовые, материальные нормативы и др.) для планирования и управления.

Отработка конструкций на технологичность — задача комплексная, к решению которой кроме конструкторов должны привлекаться технологи.

Возможны следующие варианты: персональное закрепление за объектом ведущего конструктора и ведущего технолога, введение одного-двух технологов в штат конструкторского бюро, создание комплексных конструкторско-технологических бригад или другие мероприятия.

Функция обеспечения технологичности конструкции изделия является связующей между конструкторской и технологической подготовкой производства и включает в себя структурный анализ изделия (виды деталей и сборочных единиц, входящих в изделие), анализ уровня стандартизации и унификации составных частей

изделий, возможности применения типовых и групповых процессов обработки, сборки, контроля, испытаний.

Разработка межцеховых технологических процессов включает в себя распределение номенклатуры деталей между цехами и участками, разработку технологических маршрутов их движения. Маршрутная технология определяет последовательность прохождения по цехам каждой детали и сборочной единицы в процессе ее производства.

Для изготовления деталей и сборки изделия в единичном производстве достаточно иметь конструкторскую документацию, маршрутное или маршрутно-операционное описание технологического процесса либо перечень полного состава технологических операций без указания переходов и технологических режимов.

Для серийного и массового производства кроме маршрутной технологии разрабатывают технологический процесс с пооперационным описанием формообразования, обработки, сборки.

Рассмотрим виды и комплектность **технологической документации**, включающей в себя следующие документы:

- технологические (маршрутные) карты;
- операционные карты;
- инструкционные карты (технологические инструкции);
- нормировочные карты;
- карты эскизов;
- комплектовочные карты;
- ведомости расцеховки;
- ведомости оснастки;
- ведомости материалов.

Наиболее важным из этих документов является **технологическая карта** — документ, в котором зафиксированы все процессы обработки изделия, указаны операции и их составные части, материал изделия, производственное оборудование, технологические режимы, необходимые для изготовления изделия, время, а также квалификация работника и его разряд.

Помимо технологических карт составляют **операционные карты**, которые содержат в основном те же сведения, что и технологические, но в отличие от них составляются не на детали, а на операцию. Операционные карты применяют в том случае, когда данных технологической карты недостаточно и необходимы более подробные указания.

В ряде случаев используются **инструкционные карты**, представляющие собой краткие пояснительные записки с описанием порядка производства работ и предназначенные для инструктажа технического персонала. Инструкционные карты дают дополнительные сведения по выполнению операций, а также описывают процессы приготовления различных компонентов, клеев, растворов и т.д.

Документом, в котором сконцентрированы данные о затратах труда на основные и вспомогательные операции, является **нормировочная карта**. Такие карты обычно применяются в условиях стабильного (установившегося) технологического процесса.

Происходящие со временем изменения режимов работ, совершенствования приспособлений, замена оборудования соответственно уменьшают норму времени, что находит свое отражение в нормировочных картах.

Карта эскизов, являющаяся основным технологическим документом в серийном и массовом производстве, включает в себя эскизы, схемы и таблицы, поясняющие содержание операций и необходимые для их выполнения сведения (по оборудованию, оснастке, режимам резания).

Комплектовочные карты содержат перечень деталей, подлежащих сборке. **Ведомости расцеховки, оснастки и материалов** содержат соответственно расходы по цехам, расходы по оснастке, расходы материалов.

Для единичных технологических процессов разрабатывается операционная карта, а для типовых (групповых) технологических процессов — карта типовой (групповой) операции. В этих картах указываются переходы, технологические режимы, данные о средствах технологического оснащения, материалах и трудовых затратах.

Проектирование и изготовление средств технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов (приспособлений, инструментов, штампов, моделей, средств технологического контроля и т.д.) осуществляет конструкторское бюро отдела главного технолога (ОГТ) или инструментальный отдел. Это наиболее трудоемкий процесс подготовки производства. Чтобы ускорить его выполнение и сократить срок подготовки производства, оснастку изготавливают постепенно, распределяя весь объем работ на две-три очереди.

Первая очередь включает в себя изготовление оснастки, без которой практически невозможно или крайне трудно получить изделие высокого качества в соответствии с технологическими усло-

виями; вторая — изготовление остальной оснастки, предусмотренной технологическим процессом, а третья — изготовление дубликатов оснастки. Поэтому проектирование оснастки целесообразно вести параллельно с разработкой операционных карт и с максимальным использованием оснастки из стандартных элементов. Совершенствование применяемых в производстве средств технологического оснащения при одновременном снижении трудоемкости, сокращении продолжительности и затрат на ее проектирование и изготовление является крупным резервом повышения эффективности производства.

Технологическая подготовка производства завершается выверкой, отладкой и внедрением в производство разработанных технологических процессов. В процессе освоения технологические процессы корректируются, а в технологическое оснащение вносятся необходимые изменения.

Особо выделяется этап создания нормативной базы. Пооперационные нормы времени или выработки на разработанные технологические процессы устанавливает технолог-нормировщик, пользуясь расчетно-аналитическим, укрупненным или опытно-статистическим методами расчета или нормативами.

Нормы расхода материалов также определяет технолог-нормировщик с учетом припусков на обработку, способов получения заготовок и обработки деталей. Нормы расхода материалов необходимы для контроля расхода материалов, составления планов материально-технического снабжения.

Нормы трудовых затрат необходимы для планирования загрузки оборудования, определения численности работающих.

Организация и управление технологической подготовкой производства и технологических служб на машиностроительных предприятиях оказывают существенное влияние на сроки изготовления новых изделий, качество и прогрессивность разрабатываемых технологических процессов. В зависимости от сложности изделий, объемов выпуска, особенностей технологии на предприятиях применяются централизованная, децентрализованная или смешанная системы организации служб технологической подготовки производства.

При **централизованной системе** технологической подготовки производства весь соответствующий комплекс работ осуществляет ОГТ.

Цеховые технологические бюро (ТБ) занимаются внедрением разработанных ОГТ технологических процессов, инструктажем при их выполнении, выдвигают предложения по их совершенство-

ванию, осуществляют контроль за соблюдением технологической дисциплины. Такая система обычно применяется на предприятиях с серийным и массовым типами производства.

При **децентрализованной системе** технологической подготовки производства разработка технологических процессов и текущее технологическое обслуживание возлагаются на технологические бюро цехов, а ОГТ осуществляет разработку межцеховых маршрутов, методическое руководство работой цеховых ТБ, занимается инструментальной подготовкой производства (проектированием, изготовлением и приобретением инструментального оснащения) и выполняет контрольные функции. Эта система применяется в условиях единичного и мелкосерийного производства.

На предприятиях с серийным типом производства чаще всего используется **смешанная система** технологической подготовки производства. В этом случае часть технологических процессов проектируется цеховыми ТБ, т.е. децентрализованно (механическая обработка, литье и т.д.), а часть — ОГТ, т.е. централизованно (штамповка, сборка, монтаж и др.).

Основные направления ускорения технологической подготовки производства. Ускорение технологической подготовки производства — это сложная комплексная проблема, и ее решение должно обеспечиваться на следующей основе:

- параллельного выполнения работ по технологической подготовке производства и завершающего этапа конструкторской подготовки, а также отдельных этапов технологической подготовки;
- применения типовых технологических процессов;
- унификации и стандартизации технологического оснащения;
- создания и использования групповой и быстропереналаживаемой оснастки;
- создания предметно- и подетально-специализированных цехов и участков, групповых поточных линий, ГПС и т.д.;
- создания автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП).

Автоматизированная система технологической подготовки производства состоит из ряда функциональных подсистем, выделенных в соответствии с решаемыми задачами:

- системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП);

- системы автоматизированного проектирования технологического оснащения (САПР ТО);
- системы автоматизированного проектирования организации производства (САПР ОП);
- автоматизированной системы управления технологической подготовкой производства (АСУТПП).

На рис. 9.2 представлена схема САПР технологической подготовки производства.

Эффективность работы АСТПП определяется структурой базы данных технологического назначения. База данных АСТПП содержит четыре группы документов:

- конструкторские и технологические характеристики изделий, параметры сборочных единиц;
- эксплуатационно-технические характеристики оборудования и технологической оснастки, применяемые на предприятии;
- организационно-технологическую документацию, включающую в себя маршрутные и операционные карты,

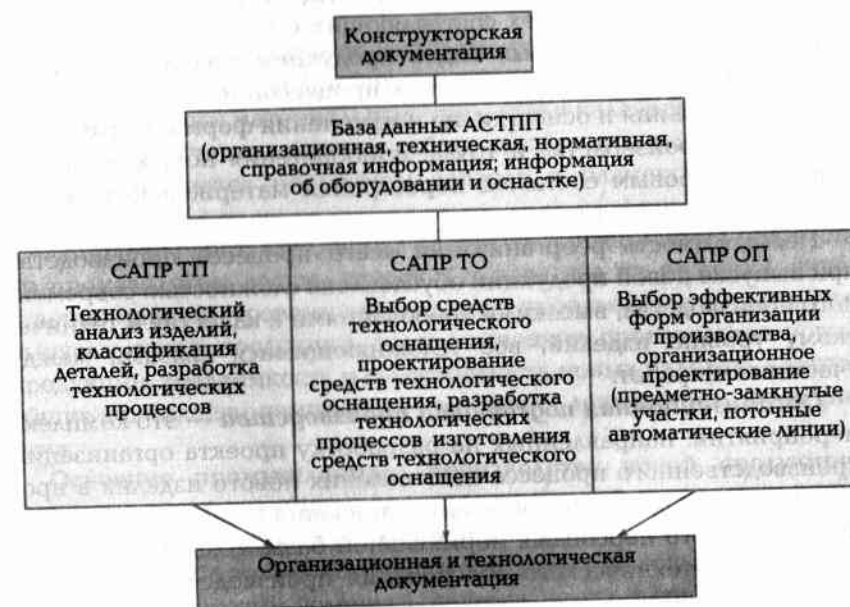


Рис. 9.2. Система автоматизированного проектирования технологической подготовки производства

технологические процессы изготовления деталей, сборки изделий, конструкторские и технологические спецификации, проекты линий, участков, производств;

- нормативно-справочную документацию.

Завершающей стадией в АСТПП является подготовка технологической и проектной документации для освоения выпуска новой продукции. В связи с автоматизацией работ меняются носители информации. Возрастает доля информации на машинных носителях. Результаты проектирования технологии представляются в виде операционной карты, расчетно-технологической карты, результаты проектирования средств технологического оснащения — в виде рабочих чертежей и конструкторских спецификаций, полученных с ЭВМ и графопостроителей.

9.4. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Содержание и основные этапы организационной подготовки производства. Организация производства новых изделий на предприятии предполагает перестройку существующего производственного процесса и всех составляющих его элементов. Внедрение в производство новых видов продукции требует не только разработки новых технологических процессов и применения новых оборудования и оснастки, но и изменения форм и методов организации производства и труда, приобретения новых знаний и навыков кадровым составом, перестройки материально-технического снабжения и т. п.

Необходимость реорганизации всего процесса производства при выпуске новой продукции обусловлена сложностью современного производства, высокими требованиями к качеству и техническому уровню изделий, все усложняющимися связями между участниками работ.

Организационная подготовка производства — это комплекс мероприятий, направленных на разработку проекта организации производственного процесса изготовления нового изделия в пространстве и во времени, системы организации и оплаты труда производственного персонала, нормативной базы, создание системы материально-технического обеспечения производства новых изделий.

Организационная подготовка производства подразделяется на пять этапов.

Этап 1. Разработка проекта организации основного производственного процесса. На этом этапе осуществляется выбор форм организации производства, специализации цехов участков, определение потребности в оборудовании и площадях, составление планировок и проектов реконструкции цехов.

Этап 2. Разработка проекта технического обслуживания основного производства. На этом этапе определяются функции технического обслуживания подразделения, их связи с производственными подразделениями, разрабатывается организация складского хозяйства, ремонтного и инструментального обслуживания, проектируется система технического контроля.

Этап 3. Разработка системы организации и оплаты труда рабочих и специалистов. При этом учитывается характер производственного процесса и производимой продукции. Решаются вопросы организации и обслуживания рабочих мест, разделения и кооперации труда, производится выбор и обоснование форм и систем оплаты труда рабочих и специалистов, систем премирования.

Этап 4. Материальная подготовка производства. На этом этапе определяется потребность в материальных ресурсах, комплектующих изделиях, оборудовании, устанавливаются договорные отношения с поставщиками, связи с потребителями новой продукции, организуется реклама.

Этап 5. Создание нормативной базы для технико-экономического и оперативно-производственного планирования. На этом этапе разрабатываются материальные, трудовые и календарно-плановые нормативы, устанавливаются себестоимость и цена новых изделий, определяются нормативы запасов и размеров оборотных средств.

Комплекс работ, входящих в состав организационной подготовки производства, весьма широк. От качества их решения существенно зависят уровень организации производства и труда при выпуске новой продукции, темпы освоения производства новой продукции, трудоемкость и себестоимость новых изделий, а также общие технико-экономические показатели деятельности предприятия.

Освоение промышленного производства новой продукции. Освоение промышленного производства новой продукции — это совокупность разнообразных процессов и работ, связанных с проверкой и отработкой конструкции и технологии согласно установленным техническим условиям, переходом от опытного производства к серийному, достижением планового объема производства и намеченных технико-экономических параметров новых изделий.

Период освоения новой продукции объективно необходим, он начинается с изготовления опытного образца новой продукции и завершается серийным производством (0,5 + 1,5 года). В осуществлении комплекса работ по освоению новой продукции принимают участие все отделы и службы предприятия: главного конструктора, главного технолога, отдел материально-технического снабжения и др.

Особенности освоения новых изделий складываются под действием различных факторов, главными из которых являются:

- удельный вес осваиваемой продукции в общем объеме выпускаемых изделий;
- степень новизны;
- тип производства;
- частота обновления продукции;
- уровень специализации и кооперирования предприятия;
- метод перехода на выпуск новой продукции.

Учитывая большие затраты, связанные с переходом, например, авиационных предприятий, на новые изделия, освоение их целесообразно только в том случае, если оно обеспечивает значительный эффект от замены морально устаревшей машины. В перерывах между освоением изделий нового поколения целесообразна модернизация существующей модели.

Период промышленного освоения новой продукции включает в себя техническое, производственное и экономическое освоение.

Техническое освоение новой продукции — это совокупность работ по проверке, отладке и доводке конструкции изделия и технологий его изготовления с внесением необходимых уточнений и изменений для достижения требований, зафиксированных в технической документации на изделие.

Производственное освоение — это переход от опытного производства к серийному, т.е. внедрение разработанных технологических процессов, форм организации производства и труда, стабилизация качества изготавливаемых изделий.

Экономическое освоение производства новой продукции предполагает достижение основных проектных экономических показателей выпуска изделий. В этот период выполняются работы, связанные с доведением норм расхода материальных ресурсов, трудоемкости, себестоимости и других экономических показателей до проектного уровня за счет роста квалификации рабочих, наращивания технологической оснащенности.

Организация перехода на выпуск новых видов продукции, лизинг нового оборудования. Осваивать производство новых видов продукции необходимо в кратчайшие сроки. Решение этой проблемы в значительной степени зависит от выбранного метода организации перехода на выпуск новых изделий.

Освоение нового изделия осуществляется либо на вновь построенном (или реконструированном) предприятии, либо на действующих предприятиях. Существуют две основные формы перехода на выпуск новых изделий: переход с остановкой производства и переход без остановки производства. Эти формы перехода включают в себя ряд вариантов перехода, которые определяются методом совмещения производства старой и новой продукции в период подготовки, отладки и освоения нового производства.

Известны следующие методы освоения нового изделия: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный.

Последовательный метод характеризуется тем, что период освоения нового изделия начинается после полного прекращения выпуска продукции, снимаемой с производства. При использовании последовательного метода в общем времени освоения промышленного производства новых изделий одновременно выполняется лишь проведение технической подготовки производства.

Параллельный метод характеризуется одновременным производством старой и новой продукции. При этом методе параллельно с основным производством проходит не только период технической подготовки производства, но и весь период отладки новой конструкции изделия.

Параллельно-последовательный метод перехода широко применяется в условиях массового производства при освоении новой продукции, существенно отличающейся по конструкции от снимаемой с производства. На предприятии создаются дополнительные производственные мощности (цеха, участки) для начала освоения выпуска новой продукции, отрабатываются технологические процессы, организуется выпуск первых партий новой продукции. В этот начальный период продолжается выпуск изделий, подлежащих замене.

После завершения начального периода освоения происходит кратковременная остановка производства, в течение которой осуществляется перепланировка оборудования: оборудование с дополнительных участков передается в цеха основного производства. После завершения работ в них организуется выпуск новой продукции.

Многообразие применяемых методов перехода на новую продукцию определяется сложностью самого процесса обновления, значительным объемом организационно-технических работ, выполняемых в этот период.

Прогрессивной тенденцией для ускоренного внедрения достижений научно-технического прогресса в производство является приспособление самого производства к смене моделей выпускаемой продукции, а это возможно за счет повышения гибкости производства и широкого внедрения ГПС.

В условиях современной России для стимулирования инвестиций в производство, обновления промышленного потенциала, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции начинает широко использоваться лизинговый метод финансирования капитальных вложений предприятия в новое оборудование.

Лизинг — это вид деятельности по приобретению определенного имущества и передаче его в аренду на основании договора лизинга предприятиям за определенную плату на фиксированный срок и на определенных условиях, предусмотренных договором, с правом выкупа этого имущества. Классификация лизинга приведена на рис. 9.3.

Предметом лизинга может быть движимое и недвижимое имущество — здания, сооружения, оборудование, транспортные средства и др.

В лизинговых отношениях участвуют:

- **лизингодатель** — юридическое или физическое лицо, которое за счет собственных или заемных средств приобретает в собственность имущество и предоставляет его лизингополучателю в аренду на условиях, определенных договором;
- **лизингополучатель** — юридическое или физическое лицо, которое в соответствии с договором лизинга принимает имущество в аренду за определенную плату на фиксированный срок и на определенных условиях во временное владение и пользование;
- **продавец (поставщик)** — юридическое или физическое лицо, которое в соответствии с договором купли-продажи лизингодателем продает ему в обусловленный срок производимое им имущество, которое является предметом лизинга. Продавец обязан передать имущество лизингодателю или лизингополучателю исходя из условий договора купли-продажи.

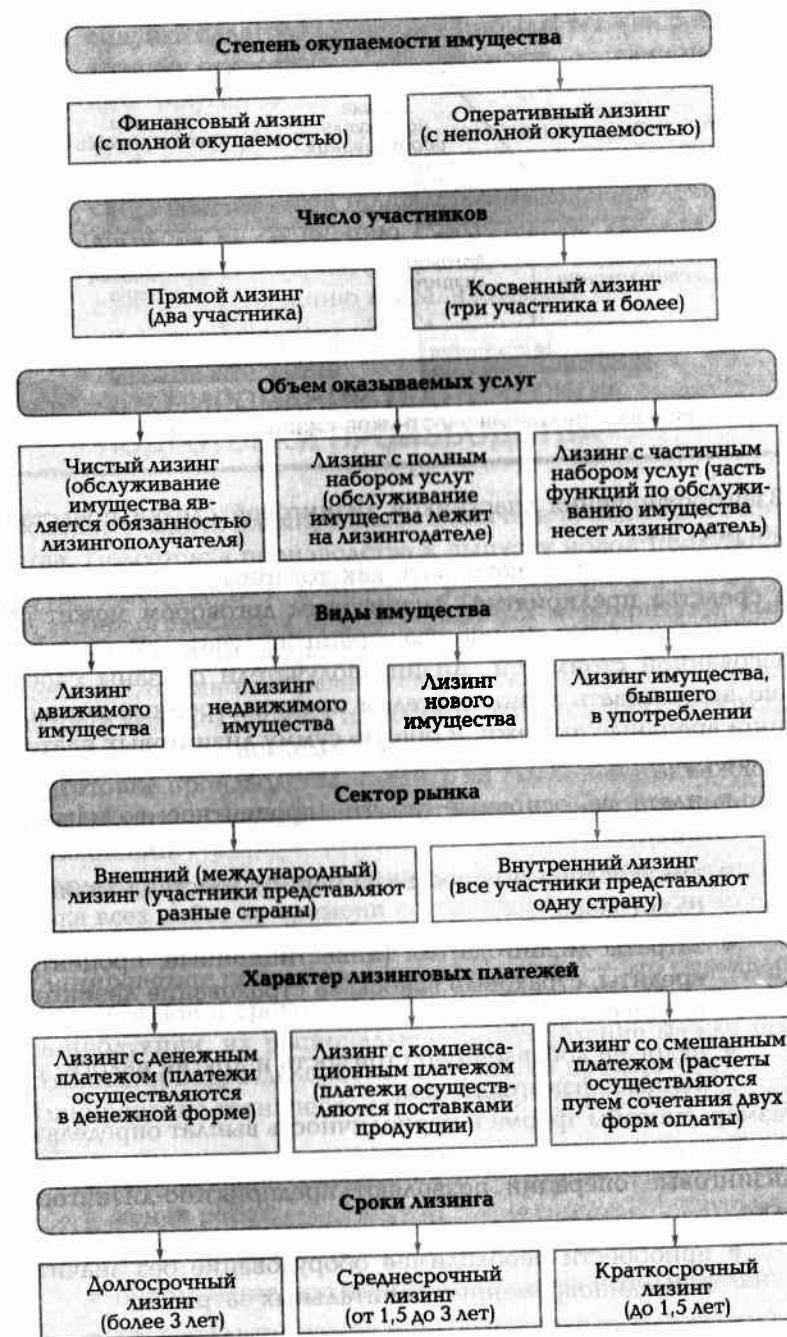


Рис. 9.3. Классификация лизинга



Рис. 9.4. Взаимоотношения участников лизинговой сделки

Взаимоотношения участников лизинговой сделки представлены на рис. 9.4.

Лизинг можно рассматривать как товарный кредит на основные средства предприятия. Лизинговым договором может быть предусмотрен выкуп имущества лизингополучателем по заранее согласованной стоимости. Лизингополучатели обязаны своевременно выплачивать лизингодателям предусмотренные договором лизинга арендные платежи. В общую сумму лизинговых платежей включаются:

- плата за основные услуги (процентное вознаграждение);
- амортизация имущества за период действия лизингового договора;
- затраты лизингодателя (инвестиционные, проценты за кредиты, страховые взносы за страхование лизингового имущества);
- налог на добавленную стоимость и другие налоги, уплаченные лизингодателем.

Размер, способы, форма и периодичность выплат определяются в договоре по соглашению сторон.

Лизинговые операции позволяют предприятию-лизингополучателю:

- приобрести необходимое оборудование без значительных единовременных капитальных затрат;
- частично устранить риск потерь, связанных с моральным износом технических средств;

- снизить налогооблагаемую прибыль, так как расходы по лизингу относятся на себестоимость проданной продукции (услуг);
- получить значительную экономию времени и средств по сравнению с приобретением оборудования лизингового договора по сравнению с получением кредита банка и возможностью сразу на лизинговом оборудовании производить продукцию и реализовывать ее.

9.5. ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Основные задачи планирования технической подготовки производства. Подготовка производства к выпуску новой продукции — это реализация целого комплекса разнообразных конструкторских, технологических и организационных мероприятий, выполняемых различными подразделениями предприятия. Кроме того, осуществляются многообразные связи с поставщиками сырья, материалов и комплектующих изделий. В этих условиях необходимо заранее определять последовательность и взаимосвязь всех работ по подготовке производства, следить за выполнением каждой работы, выявлять и своевременно устранять возможные задержки в их выполнении.

Координация процессов технической подготовки производства и увязка всех работ во времени осуществляются на основе планирования.

Планирование подготовки производства — это определение состава, объемов и сроков выполнения работ по созданию новых видов продукции, их рациональное распределение между производственными подразделениями и службами предприятия.

Планирование технической подготовки производства включает в себя:

- определение содержания и последовательности выполнения работ;
- установление объема работ;
- определение потребного количества исполнителей;
- расчет длительности циклов отдельных этапов или работ по подготовке производства;

- распределение работ между исполнителями;
- контроль хода выполнения работ.

План подготовки производства нового изделия должен охватывать все этапы технической подготовки производства, начиная с технического задания на разработку нового изделия и заканчивая выпуском первых партий изделия. Наличие такого плана позволит обеспечить организованное и своевременное проведение всех работ по подготовке производства новых видов продукции.

Планы создания и освоения новой продукции подразделяют следующим образом: перспективные планы, разрабатываемые на длительные периоды; текущие планы — планы на год и квартал; оперативные планы, являющиеся рабочими планами подготовки производства. В оперативных планах учитываются все виды работ, по каждому из которых устанавливаются сроки начала и окончания, определяются исполнители и конкретные ресурсы для выполнения.

Для планирования подготовки производства используют два основных метода: нормативный и вероятностный.

Нормативный метод планирования подготовки производства. Планирование процессов подготовки производства новых изделий, т.е. расчеты объемов работ, трудоемкости, длительности циклов, невозможно без научно обоснованной нормативной базы, хотя создание нормативов на творческие работы, характерные для процессов научных исследований и конструирования, связано с серьезными трудностями.

Различают два типа нормативов: объемные, т.е. нормативы объема работ в натуральном выражении, и трудовые, т.е. нормативы объема работ в нормочасах.

К **объемным нормативам** относятся нормативы числа листов конструкторской документации на изделие, сборочную единицу, оригинальную деталь и количества технологической документации на одну оригинальную деталь, а также коэффициенты оснащенности технологических процессов.

К **трудовым нормативам** относятся нормативы трудоемкости работ по конструированию одной оригинальной детали, трудоемкости разработки технологического процесса и конструирования оснастки на одну оригинальную деталь в зависимости от группы сложности и степени новизны и др. На основе трудоемкости работ можно рассчитать длительность цикла каждого этапа подготовки производства в календарных днях:

$$t_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{эти}} K_{\text{д.в.}}}{f P_i t_{\text{см}} K_{\text{вып.н}}},$$

где $T_{\text{эти}}$ — нормативная трудоемкость этапа, нормо-ч; $K_{\text{д.в.}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени на согласование, утверждение, внесение изменений в техническую документацию и другие работы, не предусмотренные нормативами, $K_{\text{д.в.}} = 1,1 \dots 1,5$; f — коэффициент перевода рабочих дней в календарные дни, $f = \frac{F_{\text{а.р.}}}{F_{\text{а.к}}}$; $F_{\text{а.р.}}$ — число рабочих дней в плановом году; $F_{\text{а.к}}$ — число календарных дней в плановом году; P_i — число работников, одновременно выполняющих работы данного этапа; $t_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; $K_{\text{вып.н}}$ — коэффициент выполнения норм.

Длительность общего цикла подготовки производства необходимо сопоставить с директивным сроком $t_{\text{дир.}}$, устанавливаемым заказчиком, причем расчетный цикл должен быть меньше директивного или равен ему.

Для координации во времени всех стадий и этапов подготовки производства составляют графики с учетом возможного совмещения времени их выполнения, позволяющие отразить цикл всей системы подготовки производства.

При разработке и освоении сравнительно простых изделий широко используются ленточные календарные графики.

Отличительной чертой ленточного графика является параллельно-последовательный порядок проведения работ, что позволяет сократить общую длительность подготовки производства и сроки освоения нового изделия.

Графики служат не только для планирования, но и для текущего контроля хода работ, их объем и сроки выполнения могут по различным причинам изменяться, а это вызывает необходимость корректировки графиков. На ленточных графиках невозможно показать взаимосвязь работ, трудно оценить значимость каждой отдельной работы для достижения конечной цели. На ленточных графиках не предусматривается и не обеспечивается равномерная загрузка исполнителей. Ленточные графики имеют и другие недостатки. Недостатки, присущие ленточным графикам, отсутствуют в широко применяющейся в настоящее время системе сетевого планирования и управления (СПУ).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные задачи технической подготовки производства на машиностроительных предприятиях.

2. Перечислите стадии технической подготовки производства. Дайте им характеристику.
3. Что входит в состав технической подготовки производства?
4. Какие вопросы решаются в ходе конструкторской подготовки производства?
5. Что является основной задачей разработки технического задания?
6. Что включает в себя эскизное проектирование?
7. Перечислите основные вопросы, решаемые в ходе технологической подготовки производства.
8. Назовите факторы, влияющие на эффективность технологической подготовки производства.
9. Определите основные пути ускорения технической подготовки производства на машиностроительном предприятии.
10. Назовите задачи организационной подготовки производства.

Глава 10

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

10.1. ЗАДАЧИ ОТДЕЛА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Отдел технического контроля (ОТК) является структурным подразделением предприятия, главная обязанность которого воспрепятствовать выпуску предприятием продукции, не соответствующей технической документации. Отдел технического контроля контролирует качество изделий в соответствии со стандартами, техническими условиями, эталонами, конструкторской документацией, проверяет комплектность выпускаемой продукции. Этот отдел является самостоятельным подразделением предприятия, его возглавляет главный контролер или главный контролер качества. Начальник ОТК подчинен непосредственно директору предприятия.

Все виды изготовленной предприятием продукции могут быть допущены к заводским или государственным испытаниям либо переданы заказчику только после приема их ОТК и оформлением в установленном порядке паспорта (формуляра), удостоверяющего качество изделия, при наличии клейма ОТК, если это предусмотрено соответствующей документацией. Порядок предъявления продукции ОТК определяется полной ответственностью исполнителей за качество изготовленных ими изделий в условиях строжайшего соблюдения конструкторской и технологической документации.

Продукция, изготовленная с отступлением от чертежей, стандартов и технических условий, определяющих качество изделий, или с нарушением технологического процесса, является **дефектной**, или **браком**.

Осуществляемый ОТК контроль за качеством и комплектностью готовой продукции не освобождает начальников цехов отделов и другой административный персонал предприятия от ответственности за выпуск недоброкачественной или некомплектной продукции, а начальников лабораторий, осуществляющих контрольные функции, от ответственности за достоверность их заключений и анализов относительно качества материалов и продукции.

Основными задачами ОТК являются:

- контроль соответствия качества и комплектности выпускаемой продукции требованиям действующей технической документации;
- участие в разработке программ испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации и гарантирующих надежную проверку работоспособности изделий;
- контроль качества продукции в процессе производства в соответствии с нормативно-технической и технологической документацией и производственными инструкциями;
- клеймение принятой и маркировка забракованной продукции;
- оформление принятой продукции и контроль за изъятием из производства забракованной продукции;
- окончательная техническая приемка и испытание готовой продукции, проверка правильности заполнения и оформления паспортов и формуляров, удостоверяющих годность изделий, и подписание этих документов;
- проведение совместно с цехами, отделами и лабораториями анализа конструктивных, производственных и эксплуатационных дефектов, обнаруженных при изготовлении, сборке, эксплуатации узлов и агрегатов, контроль за устранением этих дефектов;
- техническая приемка (контроль за качеством) поступающих на предприятие и предназначенных для основного производства материалов, полуфабрикатов и комплектующих готовых изделий с предприятий-поставщиков. Оформление документов на качественные и составление актов на некачественные материалы (входной контроль);
- контроль комплектности и упаковки изделий, отправляемых с предприятия;

- инспекторский контроль состояния инструментов, приспособлений и всех видов производственной оснастки, а также приборов в основных цехах;
- контроль соблюдения на предприятии единства мер и состояния измерительных средств, а также инспекционный контроль правильности поверки всех средств измерения в основном производстве;
- технический учет брака, установление его причин и виновников, разработка совместно с цехами и отделами предприятия мероприятий по ликвидации брака, контроль за выполнением этих мероприятий.

Задачи, возложенные на ОТК, распределяются между его отделами следующим образом:

- **бюро технического контроля (БТК)**, или **бюро внешней приемки**, осуществляет техническую приемку поступающих на предприятие материалов, полуфабрикатов и готовых изделий, составляет рекламационные акты, проводит инспекторский контроль за соблюдением правил хранения и выдачи поступающей на предприятие продукции;
- **бюро цехового контроля (БЦК)** контролирует в производственных цехах качество и комплектность продукции, оформляет приемку, а также контролирует выполнение операций по ликвидации брака и дефектов продукции, проверяет в порядке инспектирования состояние оснастки и инструмента, находящегося в эксплуатации;
- **заместитель главного контролера** рассматривает и подготавливает предложения по рекламациям, исследует и обобщает причины брака, проводит мероприятия по улучшению технического контроля, ведет клеймовое хозяйство;
- **инспекторская группа** осуществляет инспекционную проверку качества продукции в цехах, где нет постоянного контролера ОТК.

Большое значение контролю качества выпускаемой продукции придают зарубежные фирмы. Как правило, у них отдел контроля качества подчинен администратору, ведающему производством. В некоторых компаниях функции технического контроля разделены: ОТК подчиняется вице-президенту, ведающему производством, а группа управлением качеством — главному конструктору.

Всюду применяется основной принцип, заключающейся в том, что в области выполнения своих специфических задач ОТК подчинены функционально вышестоящим органам, которые осуществляют общее управление качеством. Следует подчеркнуть, что ОТК зарубежных фирм большое внимание уделяют контролю технической подготовки производства, следя за тем, чтобы разрабатываемая технологическая документация соответствовала задачам по обеспечению качества.

В системе обеспечения качества изделий, выпускаемых предприятием, важную задачу выполняет служба главного метролога, основной функцией которого является метрологическое обеспечение измерений, проводимых на предприятии.

Метрологическое обеспечение — это установление и применение научных основ технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Основной задачей службы главного метролога на предприятии является обеспечение единства и достоверности измерений. Отдел главного метролога (ОГМ) должен быть тесно связан с ОТК, участвовать в разработке технологии контроля качества агрегатов, выявлении причин брака и его анализе, внедрять новые измерительные средства, принимать участие в создании средств измерений специального назначения, проводить сложные арбитражные измерения.

Работники ОТК обязаны представлять метрологам для проверки все средства контроля находящиеся как в эксплуатации, так и в запасе.

10.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Практика использования технического контроля позволила создать большое разнообразие видов контроля, которые классифицируются в зависимости от объекта, контролируемых свойств объекта, технологии и отношения к производственному процессу, метода, характера средств контроля.

Виды технического контроля в зависимости от объекта контроля определяют следующих исполнителей: рабочего, наладчика, бригадира, мастера, контролера ОТК, мастера ОТК, работников лабораторий, специалистов служб предприятий.

В зависимости от объекта контроля различают следующие виды технического контроля:

- основных материалов;
- комплектующих изделий кооперированных поставок;
- обрабатывающего инструмента и технологической оснастки;
- измерительных инструментов и приборов;
- испытательных стендов;
- технологического оборудования;
- деталей и полуфабрикатов на разных стадиях готовности;
- готовых узлов и испытания изделий;
- узловой, общей сборки и монтажа;
- комплектации узлов и изделий;
- технической и сопроводительной документации;
- упаковки и консервации;
- отгрузки готовых изделий;
- квалификации исполнителей и состояния технологической документации;
- осуществления мероприятий по обеспечению качества продукции;
- качества выполняемых услуг;
- хранения материалов, комплектующих изделий;
- эксплуатации изделия;
- прохождения рекламаций.

В зависимости от контролируемых свойств объекта могут приниматься приведенные далее виды контроля, которые всегда начинаются с проверки соответствия размеров или визуального осмотра готового изделия и сравнения его с эталоном. Одновременно проверяется наличие клейм и сопроводительной документации. Специальный контроль подразумевает проверку специальных характеристик изделия, например герметичности. Контроль физических свойств включает в себя проверку твердости, теплопроводности и др. Контроль механических свойств состоит в проведении испытаний образцов материалов на сжатие, ударную вязкость др. При химическом анализе осуществляется проверка химического состава веществ. Металлографическое исследование представляет собой исследование структуры металла контролируемого изделия. Испытание надежности ресурса позволяет определить соответствие реального ресурса требованиям технических условий.

В зависимости от контролируемых свойств объекта различают следующие виды технического контроля:

- контроль размеров;
- визуальный;
- специальный;
- физических свойств;
- механических свойств;
- химический;
- металлографические исследования;
- испытание на надежность.

В зависимости от технологии выполнения и отношения к производственному процессу различают следующие виды контроля:

- входной;
- контроль технологического процесса;
- операционный;
- летучий;
- приемочный;
- инспекционный;
- контроль у потребителя.

Входному контролю подлежат сырье, материалы, комплектующие детали и изделия. Контроль технологического процесса включает в себя проверку соответствия характеристик, режимов и других показателей установленным требованиям. Операционным контролем является контроль после каждой операции. Летучим контролем считается контроль продукции или технологического процесса, срок проведения которого не регламентирован. По результатам приемочного контроля готовой продукции принимается решение о ее годности.

Инспекционный контроль представляет собой выборочный контроль продукции или технологического процесса, который осуществляется после операционного или приемочного контроля. Контроль у потребителя производится в целях определения эксплуатационных свойств выпущенной продукции.

В зависимости от применяемого метода технический контроль подразделяют:

- на сплошной, при котором проверяется вся партия;
- выборочный, когда решение о качестве всей партии принимается по результатам выборки.

В зависимости от характера средств контроля различают технический контроль:

- ручной, при котором проверка всех требуемых параметров осуществляется контролером ОТК при помощи универсальных измерительных средств;
- механизированный, который связан с применением специальных приборов;
- автоматизированный, осуществляющийся без вмешательства человека.

Выбор средств контроля. В настоящее время нет обоснованного определения критериев выбора средств контроля, которые решали бы все поставленные задачи. На основании опыта производства установлена зависимость выбора измерительных средств по погрешности от допуска. Пределы допускаемой погрешности измерения должны составлять для 6—9-го квалитетов 33 % от предельного отклонения, а для остальных квалитетов — 25 % от предельного отклонения.

При выборе измерительных средств обычно учитывают следующие критерии:

- характер контролируемых параметров и количество контролируемых координат;
- габаритные размеры деталей;
- допуск и допустимую погрешность;
- конфигурацию детали;
- деформируемость детали;
- условия окружающей среды;
- возможность автоматизации и величину серии;
- условия выдачи результатов измерения;
- дополнительные условия;
- стоимость средств контроля;
- квалификацию контролера.

Порядок разработки контрольных операций в технологическом процессе. Операции технического контроля представляют собой неотъемлемую часть технологического процесса изготовления и сборки деталей, сборочных единиц и изделий. Разработка контрольных операций является также частью общего комплекса работ по технологической подготовке производства изделий и его метрологическому обеспечению.

Технологическая документация на контрольные операции разрабатывается технологами соответствующих служб главных специалистов предприятия (ОГТ, ОГМ и др.) и технологическими бюро производственных цехов.

Техническому контролю подлежат:

- технологические операции изготовления и сборки деталей и сборочных единиц, а также технологические операции, по которым ранее имелись отступления;
- технологические операции перед передачей изделия на термическую обработку или в другой цех для продолжения обработки;
- изделия после выполнения промежуточных операций, в процессе которых поверхности детали выполняются с размерами по 11-му качеству и точнее;
- форма и взаимное расположение поверхностей.

Документацию на контрольные операции разрабатывают одновременно с разработкой технологических документов изготовления изделий, при этом допускается оформлять карты контроля отдельным комплектом.

Операции технического контроля следует оформлять подробной записью в маршрутной карте или операционной карте контроля, в отдельных случаях по согласованию с главным контролером применяют ведомости операций технического контроля, прилагаемые к маршрутной карте.

Ведомости операций контроля должны содержать:

- объем и последовательность контрольных операций в их сочетании с операциями обработки;
- технические требования на контрольные операции деталей и сборочных единиц;
- технологическую базу контроля, характер установки и крепления деталей;
- средства контроля, методы измерений и исполнителей операций контроля;
- норму времени на операцию контроля.

При составлении операций контроля должна быть выдержана последовательность переходов контроля:

- линейных размеров;
- отдельных отклонений размеров отверстий;

- угловых размеров;
- параметров резьбы;
- правильности геометрической формы и расположения поверхностей;
- шероховатости поверхности;
- качества покрытия.

10.3. АКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Процесс резания, продольная и поперечная подача, пуск и остановка современных металлорежущих станков частично или полностью автоматизированы. При этом требуемые геометрические параметры обрабатываемых деталей обеспечиваются с помощью упоров или систем путевого контроля. Таким способом обработку деталей выполняют со сравнительно грубыми допусками, так как при этом не учитывают износ инструмента, деформации станка, температурные погрешности.

При малых допусках необходимо контролировать требуемые геометрические параметры непосредственно в процессе обработки, вмешиваться в управление станком или подлаживать его. Наиболее часто реализуют вариант управления путем прекращения процесса обработки, как только фактический размер обрабатываемой детали достигнет заданного размера. При этом станок выключают либо вручную, либо автоматически.

Автоматические приборы активного контроля снабжают подводными устройствами, устанавливаемыми на столе станка и обеспечивающими подвод прибора к детали в начале ее обработки и отвод прибора от детали по ее окончании. Недостатком приборов, измеряющих детали в процессе обработки, является то, что на их точность влияют многие помехи, в первую очередь колебания температуры обрабатываемой детали.

Несмотря на достоинства приборов, контролирующих размеры деталей в процессе обработки, во многих случаях их не удается применить или их применение нецелесообразно. Поэтому, например при обточке, когда работе прибора мешает стружка, применяют приборы, измеряющие размеры деталей после их обработки. Такие приборы могут быть трех видов:

1) для автоматической подналадки станка на основе измерения размеров обработанных деталей;

2) повторного контроля обрабатываемых деталей и автоматической поднастройки прибора активного контроля, подвергающегося во время обработки деталей влиянию многих помех;

3) автоматической сортировки деталей на ряд размерных групп.

Приборы первого вида могут быть применены на бесцентрово-шлифовальных станках. Детали, покидающие станок, попадают на измерительную позицию, датчик которой связан с механизмом подналадки. По мере изнашивания шлифовального и ведущих кругов размеры деталей, сходящих со станка, постепенно увеличиваются. Как только они достигнут верхней контрольной границы, датчик подает команду механизму подналадки, который перемещает один из кругов на расстояние, равное суммарному износу обоих кругов. При плоском и бесцентровом шлифовании и при некоторых других способах обработки резанием измерение каждой детали непосредственно в процессе обработки вызывает затруднения, а зачастую этого сделать даже невозможно.

Приборы второго вида применяются только при очень малых допусках, если иначе не удастся устранить влияние помех, возникающих в процессе обработки. Второй измерительный прибор располагается вне зоны обработки, он повторно измеряет обработанные детали (обычно после выравнивания температуры), благодаря чему происходит контроль работы прибора, измеряющего детали в процессе обработки.

Приборы третьего вида применяются в случае, если контроль в процессе обработки отсутствует и необходимо стабилизировать процесс обработки или приходится сортировать обработанные детали на несколько групп.

Все три разновидности приборов, применяемых для измерения деталей после их обработки, почти не подвергаются влиянию помех, работают с малыми погрешностями и могут применяться для контроля деталей практически любой формы.

Для круглого шлифования валов, устанавливаемых на станках в центрах и патроне, разработано и применяется много различных приборов активного контроля, начиная с простейших (показывающих) приборов для относительных измерений и заканчивая современными системами для абсолютных измерений, которые устанавливаются на станках с программным управлением.

В зависимости от устройства датчика размера, устанавливаемого на станке, различают три вида приборов активного контроля:

- с одноконтактным датчиком размера, измеряющим радиус детали и включающим в измерительную размер-

ную цепь элементы датчика, его подвески, станка и зажимного приспособления;

- с двухконтактным датчиком, измеряющим диаметр детали и неподвижно закрепленным в процессе измерения на столе станка;
- с трехконтактным датчиком, измеряющим диаметр детали и одновременно базирующимся на детали, что обуславливает его подвижную установку в процессе контроля.

Характерным представителем контактных приборов первого вида является прибор мод. БВ-220 (рис. 10.1), имеющий встроенный электроконтактный датчик с двумя регулируемыми контактами для управления рабочим циклом черновая обработка — чистовая обработка — выхаживание. При этом выхаживание ограничивается с помощью реле времени. При срабатывании контактов загораются лампочки Л1 и Л2. Перемещение измерительного

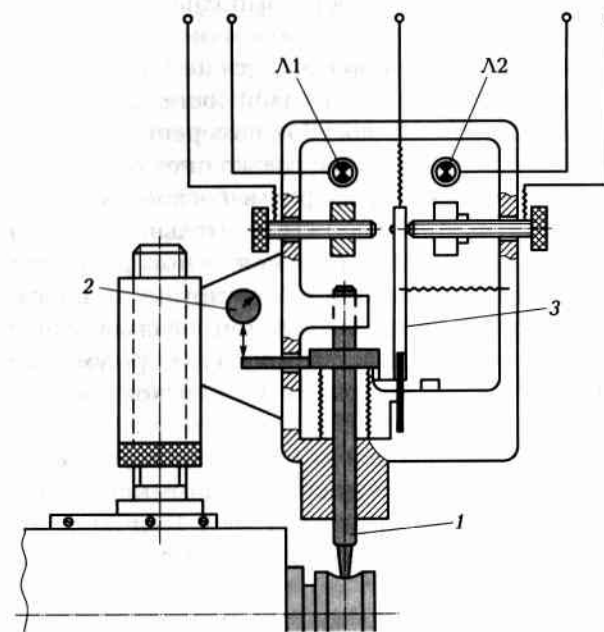


Рис. 10.1. Электроконтактный прибор активного контроля:

1 — измерительный стержень; 2 — индикатор; 3 — контактный рычаг; Л1 и Л2 — индикаторные лампочки

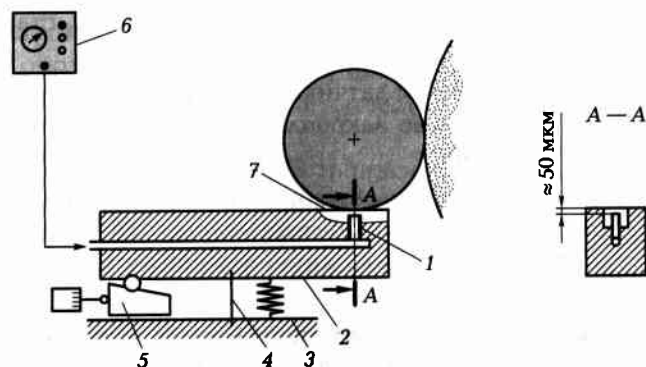


Рис. 10.2. Пневматический бесконтактный датчик:

1 — измерительное сопло; 2 — корпус; 3 — основание; 4 — плоская пружина; 5 — регулируемый упор; 6 — датчик; 7 — зазор между соплом и деталью

стержня 1 сообщается индикатору 2 и вызывает поворот контактного рычага 3, шарнир которого выполнен на крестообразных плоских пружинах. При смене детали измерительный стержень 1 поднимается вручную. Прибор крепится на бабке изделия. Рассеивание размеров обработанных деталей составляет 10...15 мкм.

Из всех бесконтактных способов измерения размеров деталей практическое применение нашли только пневматические датчики. Простой пневматический прибор для бесконтактного активного контроля показан на рис. 10.2. Измерительное сопло 1 прибора установлено в корпусе 2, который может поворачиваться на плоской пружине 4, прикрепленной к регулируемому по высоте основанию 3. При шлифовании с большим припуском корпус 2 соприкасается с деталью и отклоняется вниз. По мере уменьшения диаметра детали корпус 2 возвращается в исходное положение и опирается на регулируемый упор 5.

Воздух, поступающий в сопло 1, выходит через зазор 7 в атмосферу. Для предохранения от повреждений измерительное сопло 1 утоплено в корпус 2 примерно на 50 мкм. Благодаря этому износ корпуса 2 в месте, где он контактирует с деталью, не вызывает погрешностей измерения.

Двухконтактные приборы активного контроля, измеряющие диаметр обрабатываемой поверхности, имеют один или два измерительных рычага.

Прибор с одним измерительным рычагом (рис. 10.3) имеет верхний измерительный наконечник 2, прикрепленный к корпусу 1, ко-

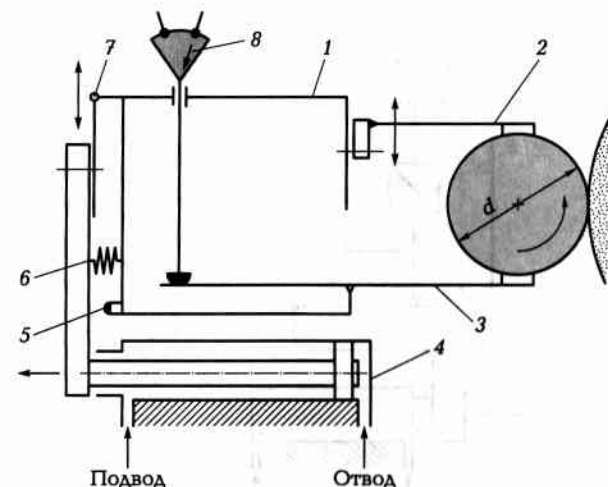


Рис. 10.3. Двухконтактный прибор с одним измерительным рычагом:

1 — корпус; 2 — измерительный наконечник; 3 — рычаг; 4 — подводящее гидравлическое приспособление; 5 — упор; 6 — пружина; 7 — шарнир; 8 — датчик

торый подвешен на шарнире 7 к подводящему гидравлическому приспособлению 4. Наконечник опирается на обрабатываемую деталь под действием веса корпуса 1. Нижний измерительный наконечник закрепляется на рычаге 3, который установлен в корпусе 1 на шарнире. Изменение диаметра d в процессе шлифования воспринимает датчик 8. Данный прибор применяется для измерения валов диаметром 10...160 мм. Настройка на заданный размер осуществляется перемещением наконечника 2 относительно корпуса 1 и перемещением последнего относительно вертикальной планки, прикрепленной к штоку гидроцилиндра. Эти приборы крепят на столе шлифовального станка с помощью подводящего гидравлического приспособления 4, которое позволяет автоматически устанавливать прибор в рабочее положение и отводить его от обработанной детали. Чтобы при установке прибора на деталь не было поломок наконечника 2, корпус 1, снабженный упором 5 и пружиной 6, удерживается в строго ориентированном положении относительно детали.

Прибор с двумя подвижными измерительными рычагами (рис. 10.4) имеет корпус 1, жестко связанный с подводящим гидравлическим устройством 4. Нижний и верхний измерительные рычаги 2 и 3 обычно подвешиваются к корпусу на плоских пружинах, не подверженных трению и изнашиванию. Изменение диа-

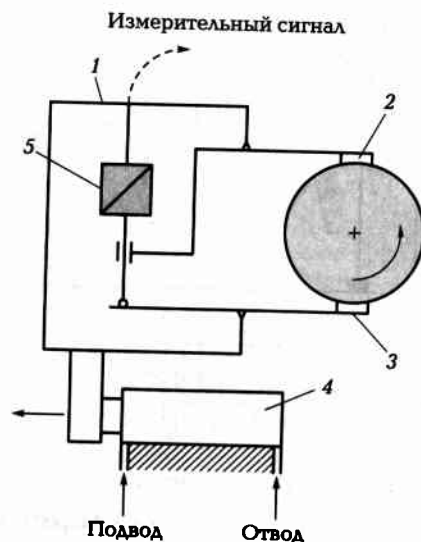


Рис. 10.4. Прибор с двумя подвижными измерительными рычагами:
1 — корпус; 2, 3 — измерительные рычаги; 4 — подводящее гидравлическое устройство; 5 — датчик

метра детали в процессе ее шлифования регистрируется с помощью датчика 5 как разность отклонений обоих измерительных рычагов 2 и 3. Пневматический или электрический датчик 5 связан с измерительно-управляющим блоком, который подает необходимые сигналы станку.

Приборы с измерительными рычагами обычно выполняются как специальные.

В отличие от шлифовальных станков, на которых припуск на шлифование снимают постепенно в течение большого числа проходов, припуск на обработку при точении снимают, как правило, за один проход. Эта особенность технологического процесса токарной обработки определяет особенности приборов активного контроля, применяемых на токарных станках. В частности, отпадает необходимость (вследствие однопроходной обработки) выполнения измерения в процессе работы, так как оно теряет всякий смысл, тем более, что у токарных станков нет исполнительного органа для подналадки инструмента во время обработки.

Поскольку измерение выполняют в промежутке между перемещением суппорта на следующий проход, наиболее рациональным здесь является бесконтактный способ контроля. Типовая схема

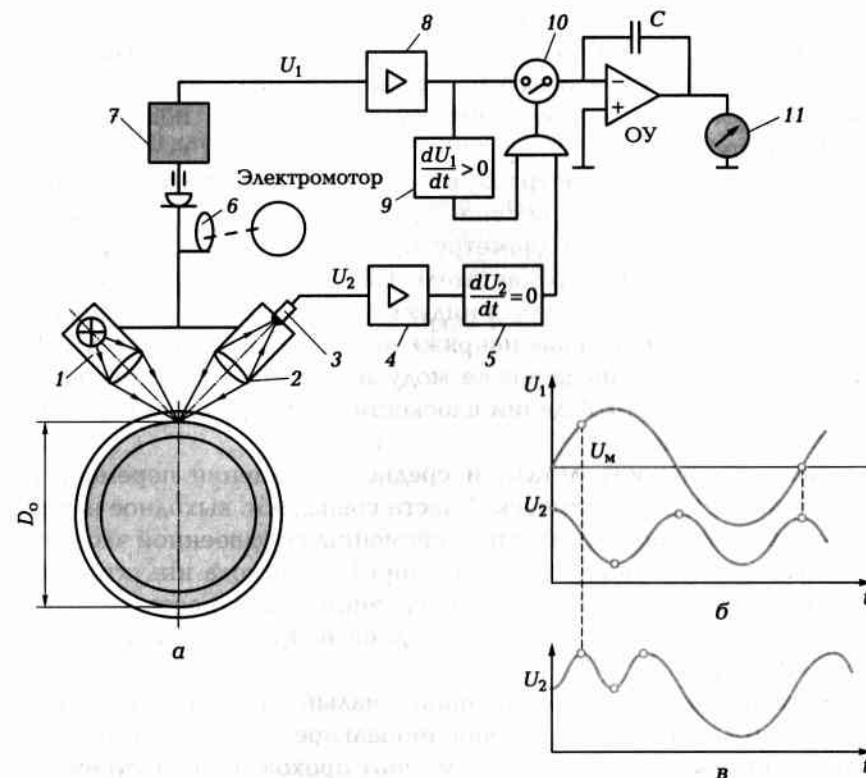


Рис. 10.5. Бесконтактный прибор активного контроля на токарных станках:
а — схема прибора в процессе измерений; б, в — варианты выходных напряжений;
1 — осветительное устройство; 2 — приемник света; 3 — фотодиод; 4, в — усилители;
5 — дискриминатор; 6 — эксцентрик; 7 — индуктивный датчик; 9 — дифференциатор;
10 — управляемый клапан; 11 — измерительный прибор; ОУ — операционный усилитель

бесконтактного прибора активного контроля изображена на рис. 10.5, а. Оптическая часть этого прибора выполнена по схеме двойного микроскопа для контроля шероховатости, но вместо объектива в нем установлен фотодиод. Осветительное устройство 1 проецирует световое пятно на обрабатываемую деталь, от которой оно отражается на приемник света 2. В приемнике света находится фотодиод 3, выходной сигнал которого усиливается усилителем 4 и затем подводится к дискриминатору 5. Дискриминатор выдает каждый раз в момент прохождения экстремального значения ($dU_2/dt = 0$, где U_2 — выходное напряжение; t — время) короткий импульс.

Если поверхность детали находится в плоскости фокусирования, максимум света попадает в фотоприемник. При расфокусировке вверх или вниз, соответствующей большему или меньшему размеру, уменьшается величина светового потока, попадающего на фотодиод.

Для измерения диаметра D_0 все оптическое устройство приводится в периодическое движение относительно заданного положения (соответствующего диаметру D_0) с помощью эксцентрика 6, вращающегося от электродвигателя. Перемещение оптической части устройства преобразуется индуктивным датчиком 7 с усилителем 8 в пропорциональное напряжение. Выходное напряжение U_2 на усилителе фотодиода также модулируется и достигает своего максимума при прохождении плоскости фокусирования через поверхность детали.

Если поверхность детали и среднее положение перемещающейся вверх и вниз оптической части совпадают, выходное напряжение U_2 фотодиода 3 является переменным с удвоенной частотой по сравнению с частотой напряжения U_m с выхода индуктивного датчика (рис. 10.5, б). При несовпадении поверхности детали и среднего положения прибора выходное напряжение искажается (рис. 10.5, в).

Выходное напряжение, пропорциональное разности x , получается благодаря тому, что пропорциональное отклонению оптической системы напряжение U_1 в момент прохождения экстремального значения U_2 при $dU_1/dt > 0$ передается с помощью управляемого вентиля 10 на запоминающее звено. На операционном усилителе запоминающего элемента устанавливается напряжение, пропорциональное отклонению размера детали от заданного (образцового), которое можно измерить прибором 11. Погрешность прибора активного контроля составляет 2,5 мкм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определите понятие «брак».
2. Каковы основные задачи ОТК на предприятии?
3. Перечислите подразделения ОТК.
4. Как распределяются функции между подразделениями ОТК?
5. Что такое метрологическое обеспечение и каковы задачи службы главного метролога предприятия?
6. Как классифицируют виды технического контроля в зависимости от объекта контроля?

7. Какие различают виды технического контроля в зависимости от свойств объекта?
8. Какие различают виды контроля в зависимости от технологии?
9. Что такое входной контроль?
10. В каких случаях применяется сплошной контроль, а в каких — выборочный?
11. Перечислите критерии выбора средств контроля.
12. Что включают в себя ведомости операций контроля?
13. Каков порядок разработки контрольных операций в технологическом процессе?
14. Что такое активный контроль и в чем его достоинство?

Приложение 1

Зависимость типа производства от габаритных размеров изготавливаемых деталей

Тип производства	Годовая программа выпуска одноименных деталей, шт.		
	крупных (тяжелых)	средних	мелких (легких)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	Свыше 5 до 100	Свыше 10 до 200	Свыше 100 до 500
Среднесерийное	Свыше 100 до 300	Свыше 200 до 500	Свыше 500 до 5 000
Крупносерийное	Свыше 300 до 1 000	Свыше 500 до 5 000	Свыше 5 000 до 50 000
Массовое	Свыше 1 000	Свыше 5 000	Свыше 50 000

Приложение 2

Условные обозначения направлений неровностей шероховатости

Направление неровностей	Схематическое изображение	Обозначение на чертеже
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		

Окончание прил. 2

Направление неровностей	Схематическое изображение	Обозначение на чертеже
Круговое		
Радиальное		
Точечное		

Приложение 3

Значения базовой длины L для различной шероховатости

Ra , мкм	До 0,025	Свыше 0,025 до 0,4	Свыше 0,4 до 3,2	Свыше 3,2 до 12,5	Свыше 12,5 до 100
Rz , мкм	До 0,1	Свыше 0,1 до 1,6	Свыше 1,6 до 12,5	Свыше 12,5 до 50	Свыше 50 до 400
L , мм	0,08	0,25	0,8	2,5	8,0

Приложение 4

Условные графические обозначения шероховатости на рабочем чертеже

Обозначение	Содержание обозначения
	Конструктор не указывает способ получения параметров шероховатости, заданных на рабочем чертеже
	Конструктор устанавливает, что заданная на чертеже шероховатость поверхности должна быть получена удалением слоя материала, например фрезерованием
	Конструктор устанавливает, что заданные на чертеже параметры шероховатости должны быть получены без снятия слоя материала, например при отливке заготовки

Примеры обозначения шероховатости на рабочем чертеже детали

Обозначение	Содержание обозначения
$\sqrt{\begin{matrix} \times Ra\ 0,9 \\ 0,9\ Sm\ 0,025 \end{matrix}}$	Для поверхности установлено, что заданное направление неровностей — перекрещивающееся (знак $\times$), параметр Ra не должен превышать 0,9 мкм на базовой длине 0,8 мм, средний шаг неровностей (Sm) профиля должен находиться в пределах 0,025 ... 0,050 мм
$\sqrt{\begin{matrix} \text{Полировать} \\ M\ Ra\ 0,32 \\ 0,25 \end{matrix}}$	Для поверхности установлено, что заданное направление неровностей — произвольное (знак M), параметр Ra должен находиться в пределах 0,25 ... 0,32 мкм, вид обработки поверхности для получения заданной шероховатости — полирование

Операционные припуски и допуски на обтачивание

Диаметры, мм	Черновое обтачи- вание		Чистовое обтачивание				Все длины	
			Заготовка без термо- обработки		Заготовка с термо- обработкой		Допуск при обдирке	Допуск при черновом обтачивании
	Длина обработки, мм							
	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400		
	Припуск на диаметр, мм							
От 3 до 6	—	—	0,5	—	0,8	—	-0,30	-0,16
Свыше 6 до 10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3	-0,36	-0,20
Свыше 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5	-0,43	-0,24
Свыше 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5	-0,52	-0,28
Свыше 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9	-0,62	-0,34

Диаметры, мм	Черновое обтачи- вание	Чистовое обтачивание					Все длины	
		Заготовка без термо- обработки		Заготовка с термо- обработкой			Допуск при обдирке	Допуск при черновом обтачивании
	Длина обработки, мм							
	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400		
	Припуск на диаметр, мм							
	Свыше 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8		
Свыше 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0	-0,87	-0,46
Свыше 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3	-1,0	-0,53
Свыше 180 до 260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,15	-0,60
Свыше 260 до 360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,35	-0,68

Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей

Черновое обтачивание			
Ra 50...6,3	Квалитеты 13; 14		
Rz 80			

Точение чистовое (окончательное)		Точение чистовое (под шлифование)		Точение чистовое	
Ra 12,5	Квалитеты 8; 9	Ra 12,5	Квалитеты 10; 11	Ra 12,5	Квалитеты 7; 8
Rz 20		Rz 20		Rz 20	

Шлифование окончательное		Шлифование предварительное		Точение тонкое (алмазное)	
Ra 3,2...1,25	Квалитеты 8; 9	Ra 6,25	Квалитет 9	Ra 1,25...3,2	Квалитеты 7; 8

Шлифование тонкое		Шлифование чистовое	
Ra 1,25	Квалитеты 5; 6	Ra 1,25...3,2	Квалитеты 6; 7

Притирка		Суперфиниширование	
Ra 0,25...0,1	Квалитеты 4; 5	Ra 0,25...0,1	Квалитеты 4; 5

Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей

Сверление	
Rz 80...60	Квалитеты 12; 14

Протягивание получистовое		Зенкерование		Растачивание черновое	
Ra 12,5	Квалитеты 8; 9	Rz 20	Квалитеты 10; 11	Rz 20	Квалитеты 10; 11
Rz 20					

Протягивание чистовое		Развертыва- ние получи- стовое		Растачивание чистовое		Шлифование предваритель- ное	
Ra 6,3	Квалитеты 7—9	Ra 6,3	Квалитеты 7—9	Ra 6,3	Квалитеты 7—9	Ra 6,3	Квалитеты 7—9

Растачивание тонкое	
Ra 3,2	Квалитеты 6—8

Развертывание чистовое		Шлифование чистовое	
Ra 1,25	Квалитеты 7; 8	Ra 1,25...3,2	Квалитеты 6; 7

Развертывание тонкое		Шлифование тонкое	
Ra 1,25...0,8	Квалитеты 6; 7	Ra 1,25...0,6	Квалитеты 5; 6

Притирание, хонингование	
Ra 1,25...0,2	Квалитеты 4; 5

**Операционные припуски, мм, на обработку
наружных цилиндрических поверхностей**

Номинальный диаметр обраба- тываемой поверхности, мм	Вид операции	При расчетной длине обработки, мм					
		до 25	свыше 25 до 63	свыше 63 до 100	свыше 100 до 160	свыше 160 до 250	свыше 250 до 400
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3	3,5	—
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
Свыше 5 до 10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
Свыше 10 до 18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Свыше 18 до 30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Свыше 30 до 50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Номинальный диаметр обраба- тываемой поверхности, мм	Вид операции	При расчетной длине обработки, мм					
		до 25	свыше 25 до 63	свыше 63 до 100	свыше 100 до 160	свыше 160 до 250	свыше 250 до 400
Свыше 50 до 80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
Свыше 80 до 120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Свыше 120 до 200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Операционные припуски на обтачивание, мм

Диаметры, мм	Черновое обтачивание		Чистовое обтачивание			
			Без термо- обработки		После термо- обработки	
	Длина, мм					
	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400	до 200	свыше 200 до 400
	Припуск на диаметр, мм					
От 3 до 6	—	—	0,5	—	0,8	—
Свыше 6 до 10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3
Свыше 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
Свыше 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5
Свыше 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9
Свыше 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0
Свыше 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0
Свыше 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3

Приложение 11

Подача, мм/об заготовки, при чистовом
точении сталей и чугуна ($\sigma_B = 700 \dots 900 \text{ МПа}$)

Параметр шероховатости поверхности, мкм	Радиус при вершине резца, мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
Ra 0,63	0,070	0,10	0,120	0,14	0,15	0,17
Ra 1,25	0,100	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
Ra 2,5	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
Rz 20	0,250	0,33	0,420	0,49	0,55	0,60
Rz 40	0,350	0,51	0,630	0,72	0,80	0,87
Rz 80	0,470	0,66	0,810	0,94	1,04	1,14

Примечание. При обработке сталей ($\sigma_B = 500 \dots 700 \text{ МПа}$) подача уменьшается умножением табличного значения на коэффициент $K = 0,45$.

Продольные подачи, мм/об заготовки, при выполнении растачивания
резцами с пластинами из быстрорежущей стали или из твердого сплава

Размеры резца или оправки, мм	Обрабатываемый материал		Глубина резания, мм				
	Вылет резца или оправки, мм	Сталь конструкционная	Чугун и медные сплавы				
			Глубина резания, мм				
			2	3	5	2	3
Ø10	50	0,08	—	—	—	0,12...0,16	—
Ø12	60	0,1	—	0,08	—	0,12...0,20	0,12...0,18
Ø16	80	0,10...0,25	0,15	0,15	0,1	0,20...0,30	0,15...0,25
Ø20	100	0,50...0,30	0,15...0,25	0,15...0,40	0,12	0,30...0,40	0,25...0,35
Ø20	125	0,25...0,50	0,15...0,40	0,15...0,50	0,12...0,20	0,40...0,60	0,30...0,50
Ø30	150	0,40...0,70	0,20...0,50	0,20...0,50	0,12...0,30	0,50...0,80	0,40...0,60
Ø40	200	—	0,25...0,60	0,25...0,60	0,15...0,40	—	0,60...0,80
40 × 40	150	—	0,60...1,00	0,60...1,00	0,50...0,70	—	0,70...1,20

Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из сталей марок Р9 и Р18 (с обязательным охлаждением)

Глубина резания, мм	Подача, мм								
	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	—
1,4	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3
3,0	—	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1
6,0	—	—	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76
12	—	—	—	—	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76
Вид обработки	Скорость резания, м/мин								
	106	89	75	62	52	44	37	31	26
Наружное продольное точение	96	80	67	56	47	39	33	28	23
Растачивание	130	109	91	77	64	54	45	38	32
Поперечное точение									

Краткие характеристики металлообрабатывающих станков

Токарно-винторезный станок модели 16K20	
Высота центров, мм	215
Расстояние между центрами, мм	До 2 000
Мощность электродвигателя, Вт	10 000
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000

Продольные подачи	0,05; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,75... 4,16
Поперечные подачи	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4... 2,08

Круглошлифовальный станок модели 3Б12

Диаметр обрабатываемых валов, мм	8... 200
Диаметр обрабатываемых отверстий, мм	25... 50
Продольная подача, мм/об детали	0,1... 5,0
Частота вращения заготовки, об/мин	78... 780
Цена деления лимба, мм	0,002
Диаметр шлифовального круга, мм	300
Ширина шлифовального круга, мм	40
Частота вращения шпинделя при наружном шлифовании, об/мин	2 250
Частота вращения шпинделя при внутреннем шлифовании, об/мин	16 750

Горизонтально-фрезерный станок модели 6Р82

Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250; 315; 400; 630; 800; 1 250; 1 600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250

Вертикально-фрезерный станок модели 6Р12

Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250; 315; 400; 630; 800; 1 250; 1 600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250

Значения врезания и перебега резца при работе на токарных станках

Глубина резания, мм	Главный угол резца в плане, ...°							Значение перебега, мм
	10	15	20	30	45	60	75	
	Значения врезания, мм							
1	5,7	3,7	2,7	1,7	1	0,6	0,3	1
2	11,3	7,5	5,5	3,5	2	1,2	0,6	1
3	17	11,2	8,2	5,2	3	1,7	0,8	2
4	622	14,9	11	6,9	4	2,3	1,1	2
5	428	18,6	13,7	8,7	5	2,9	1,3	2
6	34	22,4	16,5	10,4	6	3,5	1,6	2
7	40	26	19,2	12,1	7	4	1,9	2
8	45,2	29,8	22	13,8	8	4,6	2,1	3
9	51	33,6	24,7	15,7	9	5,2	2,4	3
10	57	37,3	27,4	17,3	10	5,8	2,7	3

Время на техническое и организационное обслуживание и на физические потребности при работе на металлообрабатывающем станке

Тип станка	Основной параметр, мм	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время технического и организационного обслуживания и на физические потребности, % от оперативного времени
Токарный с высотой центров	200	2,5	2,5	4,6
	300	3,0	3,0	5,0
Револьверный с диаметром отверстия шпинделя	22	2,5	1,5	4,7
	60	3,0	1,6	5,1
Вертикально-сверлильный с диаметром обрабатываемого отверстия	35	1,0	1,0	3,5
	55	1,0	1,1	3,6
Радиально-сверлильный с диаметром обрабатываемого отверстия	35	1,0	1,2	3,7
	55	1,0	1,4	3,9
Горизонтально-фрезерный с длиной стола	1 000	1,5	1,2	4,0
	1 500	2,0	1,5	4,5
Вертикально-фрезерный с длиной стола	1 000	1,5	1,2	4,0
	1 500	2,0	1,5	4,5
Круглошлифовальный с высотой центров	200	6,0	1,7	6,7
	300	7,0	2,2	7,7
Внутришлифовальный с диаметром шлифуемого отверстия	200	6,0	2,2	7,7
	400	7,0	2,7	8,2

Тип станка	Основной параметр, мм	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время технического и организационного обслуживания и на физические потребности, % от оперативного времени
Плоскошлифовальный (торцом круга) с длиной стола	1 000	2,0	1,7	4,7
	1 500	2,5	1,9	5,1
Протяжной	—	2	1,4	4,4
Центровочный	—	2	1,2	4,2
Зуборезный	—	3	1,7	5,2

Приложение 17

Подготовительно-заключительное время, мин, при работе на токарных станках

Способ установки обрабатываемой заготовки	При высоте центров станка, мм			
	200	400	600	800
В центрах станка или на центровой оправке	4	5,8	6,8	8,6
В самоцентрирующемся трехкулачковом патроне	6...7	6,6...8,1	8,8...10,8	12,1...14,7
На планшайбе в приспособлении	10	11,2	14,1	19,1
На планшайбе с креплением болтами	5,0	5,7	7,8	11,1
В цанговом патроне с затяжной гайкой	4,8	5,8	6,5	7,9
На концевой оправке	3,0	3,6	3,8	—
Время на наладку станка для нарезания резьбы	До 2	До 3	До 4	До 5

Вспомогательное время, мин, при работе на токарных и шлифовальных станках

Способ установки заготовки	При массе заготовки, кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
В центрах с хомутиком	—	0,35	0,44	0,54	0,64	0,91	1,12
В центрах с люнетом	—	0,44	0,50	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	—	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,10
На оправке с гайкой	0,48	0,53	0,61	0,70	0,75	0,80	0,86
В патроне без выверки	0,18	0,20	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
В патроне с выверкой	—	0,40	0,47	0,56	0,63	0,70	0,84
В патроне с люнетом	—	0,40	0,41	0,53	0,60	0,67	0,78
На магнитном столе	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40

1. Аверьянова И.О. Технология машиностроения / И.О.Аверьянова, В.В.Клепиков. — М. : Форум, 2008. — 348 с.
2. Вереина Л.И. Справочник станочника : учеб. пособие / Л.И.Вереина. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 560 с.
3. Зайцев С.А. Допуски, посадки и технические измерения : учебник / С.А.Зайцев, А.Н.Толстов, А.Д.Куранов. — М. : Изд. центр «Академия», 2006. — 240 с.
4. Зайцев С.А. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении : учебник / [С.А.Зайцев, А.Н.Толстов, А.Д.Грибанов, А.Д.Куранов]. — М. : Изд. центр «Академия», 2009. — 288 с.
5. Зайцев С.А. Нормирование точности : учеб. пособие / С.А.Зайцев, А.Н.Толстов, А.Д.Куранов. — М. : Изд. центр «Академия», 2004. — 256 с.
6. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование / М.Ю.Сибикин. — М. : Форум, 2005. — 400 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 1. — 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 2. — 496 с.
9. Схиртладзе А.Г. Станочник широкого профиля / А.Г.Схиртладзе, В.Ю.Новиков. — М. : Высш. шк., 2007. — 467 с.
10. Схиртладзе А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств : учеб. пособие / А.Г.Схиртладзе, В.Ю.Новиков. — М. : Высш. шк., 2007. — 464 с.
11. Технологичность конструкций изделий : справочник / под ред. Ю.Д.Адамирова. — М. : Машиностроение, 1985. — 368 с.
12. Технология автоматизирования машиностроения : учеб. пособие / [А.Г.Схиртладзе, В.Ю.Новиков и др.]. — Тирасполь : РИО ПГУБ, 2002. — 356 с.
13. Технология машиностроения : учебник / [Л.В.Лебедев, В.У.Мнацаканян, А.А.Погонин и др.]. — М. : Изд. центр «Академия», 2006. — 528 с.
14. Технология машиностроения / [В.В.Клепиков, А.М.Кузнецов, А.С.Лобанов и др.]. — М. : Форум, 2007. — 104 с.

Введение	4
Глава 1. Основы технологии изготовления деталей машин	8
1.1. Основные понятия и определения	8
1.2. Виды производственных процессов	23
1.3. Типы производства	23
1.4. Виды операций и этапы технологического процесса	26
Глава 2. Базирование и размерные цепи. Методы достижения точности	30
2.1. Основы базирования	30
2.2. Теория размерных цепей	54
Глава 3. Качество и точность деталей и машин	66
3.1. Качество деталей и машины	66
3.2. Точность детали	71
3.3. Точность машины	82
3.4. Другие показатели качества машины	83
Глава 4. Основы достижения качества машин	86
4.1. Пути повышения точности при механической обработке заготовок	86
4.2. Сокращение погрешностей установки	90
4.3. Сокращение погрешности статической настройки	111
4.4. Сокращение погрешности динамической настройки	118
Глава 5. Снижение себестоимости машины. Основы технического нормирования	147
5.1. Расчет себестоимости единицы продукции	147
5.2. Норма времени	151
5.3. Пути сокращения расходов на изготовление машины	163
5.4. Пути сокращения затрат времени на выполнение операции	169
5.5. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса	183
Глава 6. Расчет межпереходных размеров и припусков на обработку	187
6.1. Понятие о межпереходных размерах, допусках и припусках на обработку	187

6.2. Расчет межпереходных размеров и припусков на обработку.....	193
Глава 7. Основы разработки технологического процесса изготовления машины и детали	200
7.1. Последовательность разработки технологического процесса изготовления машины.....	200
7.2. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	204
Глава 8. Проектирование участков механических и сборочных цехов.....	254
8.1. Классификация механических цехов	254
8.2. Выбор и расчет количества оборудования для механического цеха.....	255
8.3. Состав и классификация участков сборочных цехов.....	268
Глава 9. Техническая подготовка производства	277
9.1. Стадии технической подготовки производства	277
9.2. Конструкторская подготовка производства	282
9.3. Технологическая подготовка производства.....	291
9.4. Организационная подготовка производства.....	298
9.5. Планирование технической подготовки производства.....	305
Глава 10. Организация технического контроля на предприятиях	309
10.1. Задачи отдела технического контроля.....	309
10.2. Классификация видов технического контроля.....	312
10.3. Активный контроль размеров на металлорежущих станках	317
Приложение 1. Зависимость типа производства от габаритных размеров изготавливаемых деталей	326
Приложение 2. Условные обозначения направлений неровностей шероховатости.....	326
Приложение 3. Значение базовой длины L для различной шероховатости	327
Приложение 4. Условные графические обозначения шероховатости на рабочем чертеже.....	327
Приложение 5. Примеры обозначения шероховатости на рабочем чертеже детали	328
Приложение 6. Операционные припуски и допуски на обтачивание	328
Приложение 7. Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей	330
Приложение 8. Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей.....	331

Приложение 9. Операционные припуски, мм, на обработку наружных цилиндрических поверхностей	332
Приложение 10. Операционные припуски на обтачивание, мм	332
Приложение 11. Подача, мм/об заготовки, при чистовом точении сталей и чугуна ($\sigma_s = 700 \dots 900$ МПа).....	334
Приложение 12. Продольные подачи, мм/об заготовки, при выполнении растачивания резцами с пластинами из быстрорежущей стали или из твердого сплава	335
Приложение 13. Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из сталей марок Р9 и Р18 (с обязательным охлаждением).....	336
Приложение 14. Краткие характеристики металлообрабатывающих станков	336
Приложение 15. Значения врезания и перебега резца при работе на токарных станках.....	338
Приложение 16. Время на техническое и организационное обслуживание и на физические потребности при работе на металлообрабатывающем станке.....	339
Приложение 17. Подготовительно-заключительное время, мин, при работе на токарных станках	340
Приложение 18. Вспомогательное время, мин, при работе на токарных и шлифовальных станках	341
Список литературы	342



Издательский центр «Академия»

Учебная литература
для профессионального
образования

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1
(м. Алексеевская)
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029
E-mail: sale@academia-moscow.ru

Филиалы:

ООО ОИЦ «Академия-Северо-Запад»
190020, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала,
д. 211-213, литер «В»
Тел./факс: (812) 251-9253, 575-3229
E-mail: fspbasad@peterstar.ru

Приволжский
603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,
д. 31, корп. 3
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433
E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральский
620142, Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 1а, оф. 12а
Тел.: (343) 257-1006
Факс: (343) 257-3473
E-mail: academia-ural@mail.ru

Сибирский
630009, Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 31, корп. 4, а/я 73
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146
E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный
680038, Хабаровск, ул. Серышева, д. 22, оф. 519, 520, 523
Тел./факс: (4212) 56-8810
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный
344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская,
д. 10/65
Тел.: (863) 203-5512
Факс: (863) 269-5365
E-mail: academia-UG@mail.ru

Представительства:

в Республике Татарстан
420034, Казань, ул. Горсоветская,
д. 17/1, офис 36
Тел./факс: (843) 562-1045
E-mail: academia_kazan@mail.ru

в Республике Дагестан
Тел.: 8-928-982-9248

www.academia-moscow.ru

Учебное издание

Новиков Владимир Юрьевич,
Ильянков Александр Иосифович

Технология машиностроения Часть 1

Учебник

2-е издание, переработанное

Редакторы *Е. Б. Махиянова, С. И. Зубкова, В. Н. Махова*
Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерная верстка: *В. А. Крыжко*
Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 102114244. Подписано в печать 20.12.2011. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Балтика». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,0.
Тираж 1 200 экз. Заказ № 609.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 266.
Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101в, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-0029.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. AE51. Н 14964 от 21.12.2010.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
издательством материалов в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного Знамени
полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.

