

С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Отредактировал и опубликовал на сайте : PRESSI (HERSON)

**С. К. СЫСОЕВ, А. С. СЫСОЕВ
В. А. ЛЕВКО**

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Проектирование технологических процессов

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ДОПУЩЕНО
Учебно-методическим объединением вузов
по образованию в области автоматизированного
машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению
подготовки дипломированных специалистов
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ·
МОСКВА ·
КРАСНОДАР ·
2011



ББК 34.5я73

С 95

Сысоев С. К., Сысоев А. С., Левко В. А.

С 95 Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 352 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1140-5

Данный учебный материал охватывает часть лекций по курсу «Технология машиностроения», в котором изложены основы проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки машин. Пособие дает необходимые знания для создания новых технологических процессов и содержит достаточный для этого справочный материал. В пособии последовательно изложены материалы, позволяющие освоить методику разработки технологических процессов производства изделий.

Пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», а также всем студентам, проходящим обучение по иным машиностроительным специальностям (направлениям подготовки).

ББК 34.5я73

Рецензенты:

М. А. ЛУБНИН — профессор, советник генерального директора по науке и технике ОАО «Красмаш»;

В. В. БОГДАНОВ — кандидат технических наук, доцент, генеральный директор ОАО «СибНИИТМ».

Обложка

Л. А. АРНДТ

*Охраняется законом РФ об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
запрещается без письменного разрешения издателя.*

*Любые попытки нарушения закона
будут преследоваться в судебном порядке.*

© Издательство «Лань», 2011

© С. К. Сысоев, А. С. Сысоев,
В. А. Левко, 2011

© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2011



СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ДСЕ — деталь, сборочная единица
ГПС — гибкая производственная система
КД — конструкторская документация
МТП — технологический процесс маршрутного описания
НТД — нормативно-техническая документация
ПБ — пожарная безопасность
ПС — промышленная санитария
САПР — система автоматизированного проектирования
СПИД — станок–приспособление–инструмент–деталь
ТБ — техника безопасности
ТД — техническая документация
ТЗ — техническое задание
ТК — технологичность конструкции
ТКИ — технологичность конструкции изделия
ТМО — термическая обработка
ТОН — технически обоснованная норма
ТП — технологический процесс
ТСО — технологические средства оснащения
ТТ — технические требования
ТУ — технические условия
ЧПУ — числовое программное управление

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технология машиностроительного производства представляет собой совокупность различных технологических процессов (литья,ковки,штамповки,термической обработки,окраски и др.); технология машиностроения охватывает заключительные стадии машиностроительного производства — изготовление деталей из заготовок и их сборку, т. е. изготовление машин.

Развитие машиностроения потребовало выделения специальности «Технология машиностроения» в самостоятельную дисциплину, опирающуюся на смежные технические дисциплины. Студент должен быть подготовлен в области материаловедения, технологии конструкционных материалов, взаимозаменяемости и стандартизации, резания металлов, проектирования машин и механизмов, оснастки и режущих инструментов.

При освоении производства новых изделий существенную роль играет своевременность и качество подготовки производства. Поэтому основное внимание на этом этапе следует уделять совершенствованию проектирования технологических процессов изготовления, сборки и испытания изделий.

В машиностроении существует ряд проблем, которые решают инженеры-технологи. Это увеличение производительности труда, сокращение больших производственных циклов, связанных с хранением и транспортировкой изделий, уменьшение многоступенчатости в системе подготовки производства, приспособленность предприятий к рыноч-



ной экономике и организации прибыльного производства машин с новыми потребительскими свойствами и т. д.

Адаптация предприятий машиностроения к рынку позволит не только увеличить прибыль, но и повысить производительность труда, обеспечить высокое качество разработок изделий, их производство, эксплуатацию и ремонт. Поэтому задачи технологов должны быть тесно увязаны с задачами по реализации высококачественной продукции и, следовательно, по совершенствованию технологии и конкурентоспособности выпускаемых изделий.

Предлагаемый учебный материал охватывает часть лекций по курсу «Технология машиностроения», в которых изложены основы проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки машин. Пособие не содержит детального изложения курса, но дает необходимые знания для создания новых технологических процессов и достаточный для этого справочный материал.

Практика защиты дипломных проектов студентами, обучающимися по специальности «Технология автоматизированного производства», показала, что многие из них недостаточно усваивают некоторые этапы проектирования технологических процессов. В связи с этим учебное пособие переиздано и дополнено необходимыми материалами. Вместе с тем мы настоятельно рекомендуем использовать справочники и специальные источники, указанные в библиографическом списке.

Пособие может быть использовано студентами как технологических, так и конструкторских специальностей. В нем рассмотрены технологические вопросы изготовления машин общего назначения.

В соответствии с общей тенденцией развития машиностроения в пособии большое внимание уделяется качеству изготовления деталей и машин в целом.

Проблема качества решается на базе автоматизации технологических процессов, что характерно для современного машиностроения.

Как прикладная наука, технология машиностроения имеет большое значение в подготовке специалиста, дает знания для повседневной и творческой деятельности при

разработке прогрессивных технологий и создании рациональной конструкции машин, а также позволяет применять для их производства высокопроизводительные методы.

Настоящее пособие является продолжением курса лекций «Теоретические основы технологии машиностроения». В нем последовательно изложены материалы, позволяющие освоить методику разработки технологических процессов производства изделий. Основная задача пособия заключается в том, чтобы студенты освоили общие принципы разработки технологий, приобрели некоторый опыт применения своих знаний в ситуациях, часто встречающихся на практике, и творчески подходили к решению различных вопросов производства. Приобретая навыки проектирования технологических процессов для условий, приближенных к практике, молодые инженеры быстрее адаптируются в условиях действующих производств.

В пособии не освещены некоторые специальные вопросы, например, проектирование технологических процессов для станков с ЧПУ и ГПС, которые будут, как мы полагаем, рассмотрены в методических пособиях, разрабатываемых нами в настоящее время.



ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является главной отраслью народного хозяйства, определяющей возможности развития других отраслей.

Применение машин увеличивает производительность труда, повышает качество продукции, делает труд безопасным и привлекательным. В конкурентной борьбе государств и фирм неизменно побеждают те, кто имеет более совершенные машины.

Машиностроение обеспечивает изготовление новых и совершенствование имеющихся машин. Отличительной особенностью современного машиностроения является существенное изменение эксплуатационных характеристик машин: увеличение скорости и температуры, уменьшение массы, объема, вибрации, времени срабатывания механизмов и т. д. Поэтому машиностроители вынуждены быстрее решать конструкторские и технологические задачи. Это особенно важно в нынешних рыночных условиях, когда ускорение реализации принятых решений играет первостепенную роль.

Этапы конструирования и изготовления машин связаны между собой. Технологичная конструкция позволяет экономить трудозатраты, повышать точность, использовать высокопроизводительное оборудование, оснастку и инструменты, экономить энергию. Чем технологичнее конструкция, тем совершеннее и дешевле будет ее производство, в ходе подготовки которого не требуется проводить корректировку чертежей и переделывать изделия. Кроме того, сокращаются сроки освоения новых машин.



Создание машин заданного качества в производственных условиях опирается на научные основы технологии машиностроения. Процесс качественного изготовления машины (выбор заготовок, их обработка, сборка деталей) сопровождается использованием принципов технологии машиностроения.

Важнейшим показателем качества является точность всех параметров изготовления детали. За прошлое столетие точность деталей машин возросла почти в 2000 раз. Такого увеличения не наблюдается ни по одному из показателей служебных характеристик изделий. В ряде производств уже становится нормой изготовление деталей с микрометрической и нанометрической точностью. Понятие «точность» относится не только к размеру, но и к форме, взаимному расположению поверхностей, физико-механическим характеристикам деталей и среды, в которой их производят. Сложность решения проблемы точности состоит в том, что необходимо учитывать одновременное действие многих факторов, каждый из которых вызывает определенную первичную погрешность изготовления детали. Например, долю в погрешность вносит неточность оборудования, но одновременно с этим на точность детали влияют погрешности установки и закрепления, настройки режущего инструмента и т. д. Процесс формирования погрешностей сопровождается температурными деформациями технологической системы и зависит от ее динамических качеств. Изменение сил, воздействующих на систему в ходе обработки заготовок, неизменно приводит к возникновению упругих деформаций, значения которых постоянно изменяются. Задача технолога состоит в определении величин первичных погрешностей и в умении их уменьшать. Опираясь на закономерности основ технологии машиностроения, можно установить ожидаемую точность обработки и сравнить ее с допусками на размер, форму и расположение поверхностей, т. е. оценить качество технологического процесса в ходе его разработки.

Несмотря на очевидную прогрессивность использования САПР для разработки техпроцессов, нельзя считать,

что такая разработка связана исключительно с применением этой системы. Технолог должен владеть различными методами решения технологических задач — как с применением ЭВМ, так и без них.

Анализ исходных данных и технологический контроль конструкторской документации необходим при разработке новых технологических процессов. Правильный выбор экономичного варианта заготовки и маршрута ее обработки или сборки изделия решает многие проблемы современного производства. Технологические процессы (маршрутный и операционный) определяют особенности создания основных и вспомогательных производств (заготовительного, инструментального и др.). Выбор оборудования, размещение заказов на разработку и изготовление новой техники, режущего инструмента, приспособлений, измерительных средств во многом является следствием квалификации технолога. Особенности проектирования цехов и участков полностью зависят от разработанного технологического процесса.

Наиболее распространен в машиностроении серийный тип производства. Использование типовых и групповых технологических процессов, а также металлорежущих станков с ЧПУ позволяет наиболее полно реализовать ресурсы производства.

Технология машиностроения как наука прошла сложный путь развития. Труды русских ученых И. А. Тиме и А. П. Гавриленко заложили фундамент технологической учебной дисциплины, которая успешно развивалась в научных исследованиях А. М. Дальского, В. М. Кована, А. П. Соколовского, В. С. Корсакова, А. А. Маталина, Б. С. Балакшина, Ф. С. Демьянюка, А. Б. Яхина, А. И. Каширина, С. П. Митрофанова, М. П. Новикова, А. В. Подзез, П. И. Ящерицына и многих других ученых. Начиная с 1920-х гг. учебная дисциплина «Технология машиностроения» развивалась по многим направлениям, и во главе каждого стояли видные ученые, работники промышленных предприятий и исследовательских учреждений. Процесс развития технологии машиностроения продолжается.



ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИН

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Чтобы облегчить изложение основных вопросов создания машин и общение с коллегами, приведем своеобразный словарь технолога в соответствии с действующей в нашей стране Единой системой технологической документации (ЕСТД).

ГОСТ 3.1109-82, ГОСТ 18831-73 и другие ГОСТы устанавливают термины, определения и основные понятия, приведенные ниже.

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Изделие — любой предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятии. Изделиями могут быть машина, ее элементы в сборе и даже отдельная деталь в зависимости от того, что является предметом конечной стадии производства.

Полуфабрикат — изделие предприятия-поставщика, подлежащее дополнительной обработке или сборке.

Производственный процесс — совокупность действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта выпускаемых изделий. Реализуется в основных и вспомогательных цехах.

Рабочее место — участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последую-

щему определению состояния предмета производства. Выполняется на рабочих местах.

Проектный техпроцесс — техпроцесс, выполняемый по предварительному проекту технической документации.

Рабочий техпроцесс — техпроцесс, выполняемый по рабочей и конструкторской документации.

Единичный техпроцесс — техпроцесс, относящийся к изделию одного наименования, типоразмера, исполнения независимо от типа производства.

Перспективный техпроцесс — техпроцесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить предприятию.

Технологический процесс маршрутного описания — техпроцесс, выполняемый по документации, в которой содержание операции излагается без указания переходов и режимов обработки.

Технологический процесс операционного описания — техпроцесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

Технологический процесс маршрутно-операционного описания — техпроцесс, выполненный по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Технологический процесс состоит из следующих частей:

Технологическая операция — законченная часть техпроцесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Вспомогательная операция — операция, носящая вспомогательный характер в технологическом процессе: транспортировка, контроль, маркировка и т. д.

Технологическая операция разделяется на:

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством обрабатываемых поверхностей, применяемого инструмента при неизменном режиме работы оборудования.

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением

формы, размеров и качества поверхности, но необходимы для выполнения технологического перехода (установка заготовки, ее закрепление, смена инструмента и т. д.).

Переход делится на:

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

Вспомогательный ход — однократное перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое перечисленными выше изменениями заготовки, но необходимое для выполнения рабочего хода.

При изменении положения обрабатываемой заготовки операция включает несколько элементов:

Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемого объекта.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемым изделием совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Прием — законченное движение рабочего в процессе выполнения операции. Например, вспомогательный переход «установка заготовки в приспособлении» включает приемы: взять заготовку, установить в приспособлении и закрепить.

В качестве составных частей в сборке изделий (ГОСТ 2.101-68) участвуют детали и сборочные единицы:

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, запрессовкой, укладкой и т. п.).

В технической документации по технологии машиностроения в составе изделия также выделяют:

Агрегат — сборочная единица, отличающаяся автономностью, т. е. возможностью работы вне данного изделия, а также возможностью ее сборки независимо от других составных частей изделия, и полной взаимозаменяемостью.

Узел — сборочная единица на отдельных законченных *n* этапах процесса сборки. Узлы, как правило, могут выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения и только совместно с другими составными частями.

Блок — сборочная единица на отдельных законченных *n* этапах процесса сборки, содержащая в себе агрегаты, узлы и детали.

Покупное изделие — изделие, не изготавливаемое на данном предприятии, а получаемое в готовом виде.

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (поточная линия станка, станок с ПУ и т. п.).

Комплект — два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект запасных частей, инструментов, измерительной аппаратуры и т. п.).

Другие термины:

Технологичность конструкции — совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимизации затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателя качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта. К условиям изготовления и ремонта изделия относят тип, специализацию и организацию производства, годовую программу выпуска,

а также применяемые техпроцессы, качественную и количественную характеристики технологичности конструкции изделия.

Технологичная конструкция — конструкция изделия, значение показателей технологичности которой соответствует базовым показателям технологичности, определяемым отраслевыми нормативами.

Трудоемкость — количество времени, затрачиваемого рабочим при нормальной интенсивности труда на выполнение того или иного техпроцесса или его части.

Трудоемкость фактическая — количество времени, фактически затраченного рабочим на выполнение работы.

Расчетная (нормированная) трудоемкость — количество времени, которое должно быть затрачено на выполнение работы. Единица измерения трудоемкости — человеко-час.

Станкоемкость фактическая — время, в течение которого фактически занят станок или несколько станков для выполнения отдельных или всех операций по обработке деталей (всего изделия).

Станкоемкость расчетная — время, в течение которого должно быть занято оборудование.

Станкоемкость операции (детали, изделия) — время, в течение которого занято оборудование при выполнении операции (обработке детали, изделия). Единица измерения станкоемкости — станко-час.

Норма времени — установленное (нормированное) количество труда *надлежащей квалификации и нормальной интенсивности*, необходимое для выполнения операции или техпроцесса в нормальных производственных условиях. Измеряется в часах, минутах с указанием квалификации (разряда) рабочего.

Норма выработки — устанавливаемое (нормируемое) количество заготовок, деталей или изделий, которое должно быть обработано или сделано в установленную единицу времени (час, минута). Единицей измерения нормы выработки является количество штук в единицу времени с указанием квалификации работы, например: 1 200 шт. в час, работа 3-го разряда.

ВИД И ТИП ПРОИЗВОДСТВА.
ТЕРМИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВО

Вид производства — классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия (литейное, сборочное, сварочное).

Тип производства — классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска.

Объем выпуска — количество изделий определенных наименований, типоразмера и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделениями в течение планируемого интервала времени.

Программа выпуска — перечень наименований изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска и срока выполнения по каждому наименованию.

Такт выпуска — промежуток времени, через который периодически производится выпуск машин, сборочных единиц, деталей или заготовок:

$$\tau = \frac{60\Phi}{N} \eta,$$

где τ — длительность такта, с (мин); Φ — фонд рабочего времени для выполнения программного задания, ч; N — программное задание, шт.; η — коэффициент потерь рабочего времени (0,96...0,98).

Темп выпуска — число изделий, собираемых в единицу времени, шт./мин:

$$R = \frac{1}{\tau}.$$

Цикл выпуска (технологический, производственный) — промежуток календарного времени, измеренный от начала какой-либо периодически повторяющейся операции технологического или производственного процесса до ее завершения.

Цикл операционный — промежуток календарного времени от начала до конца операции.



Цикл изготовления детали — промежуток календарного времени от начала первой до окончания последней операции изготовления детали.

Цикл изготовления изделия (расчетный или фактический) — промежуток календарного времени от начала запуска в производство первой заготовки до окончания упаковки готовой машины.

Величина серии изготовления изделий — общее количество машин, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменному чертежу.

Партия изделий — определенное количество заготовок (деталей), одновременно поступающих для обработки на одно рабочее место. Количество заготовок (деталей) в партии определяется на основе технико-экономического расчета.

Коэффициент закрепления операций — отношение числа всех технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест:

$$k_{\text{зо}} = \frac{n_o}{n_{\text{рм}}},$$

где n_o — число всех операций в месяц; $n_{\text{рм}}$ — число рабочих мест.

По ГОСТ 3.1108-74 различают следующие типы производств:

Единичное производство, $k_{\text{зо}} > 40$ — широкая номенклатура изготавливаемых изделий и малый объем выпуска. Универсально, т. е. имеет разнообразные типы изделий, оснащено комплектом универсального оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента. Высокая себестоимость выпускаемых изделий

Серийное производство, $k_{\text{зо}} = 10 \dots 20$ — ограниченная номенклатура изделий. Изготовление повторяющимися партиями. Сравнительно большой объем выпуска. Изготовление всей партии (серии) целиком при обработке деталей и сборке. При этом понятие «партия» относится к количеству деталей, а «серия» — к количеству машин, запускаемых в производство одновременно.

Техпроцесс расчленен на отдельные операции, которые закреплены за определенными станками. Станочное оборудование специализировано в такой мере, чтобы был возможен переход от производства одной серии машин к другой, несколько отличающейся от нее в конструктивном отношении. При использовании универсальных станков применяют специализированные и специальные приспособления, режущий инструмент, измерительный инструмент (калибры, шаблоны и т. п.).

Экономичнее единичного производства за счет лучшего использования оборудования, специализации рабочих, увеличения производительности труда, уменьшения себестоимости продукции.

Крупносерийное производство, $k_{30} = 2 \dots 10$. Массовое производство, $k_{30} = 1$ — узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий в течение продолжительного времени. Оборудование, режущий инструмент и оснастка специальные и специализированные.

Экономически выгодно.

При разработке техпроцессов применяется:

Дифференциация операций — используется в массовом и серийном производствах. Техпроцесс дифференцируется (расчленяется) на элементарные операции с примерно одинаковым или кратным ему тактом выпуска. Каждый станок выполняет одну определенную операцию, вследствие чего станки применяются специальные или узкоспециализированные. Приспособления специальные, предназначенные для конкретной операции.

Концентрация операций — используется при любом типе производства. Техпроцесс предусматривает концентрацию операций, выполняемых на многошпиндельных автоматах, многолезцовых станках, автоматических линиях.

Формы организации работ при изготовлении изделий следующие.

По видам оборудования. Применяют для единичного производства и для отдельных деталей в серийном производстве. Станки располагают по признаку однородности обработки, т. е. участками (токарные, строгальные, фрезерные и др.).

Предметная. Используют для серийного производства и для изготовления отдельных деталей массового производства. Станки располагают в последовательности технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового маршрута обработки. Обработка деталей партиями.

Переменно-поточная. Применяют в среднесерийном и крупносерийном производствах. Станки располагают в последовательности выполнения операций. Производство идет партиями, причем детали каждой партии могут отличаться одна от другой размерами или конструкцией, но допускают обработку на том же оборудовании.

Такты выпуска согласованны или кратны. Детали партиями перемещают от станка к станку в последовательности выполняемых операций, создавая непрерывность движения. Переналадка оборудования периодическая.

Прямopotочная (пульсирующий поток). Используют для массового и в некоторой мере крупносерийного производства. Станки располагают в технологической последовательности. Детали передают поштучно, но такт выпуска может быть кратным или неодинаковым (в последнем случае создают задел необработанных деталей около станков). Транспортировка наклонными желобами и другими немеханизированными транспортными устройствами, иногда конвейерами.

Непрерывным потоком. Применяют для массового производства. Станки располагают в последовательности выполнения операций техпроцесса. Детали закреплены за отдельными станками. Время выполнения операций одинаково или кратно такту выпуска.

1.2. ВИДЫ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

При разработке новых технологических процессов используют информацию, которая подразделяется на следующие виды:

1) базовая информация: конструкторская документация (чертежи, технические условия (ТУ), спецификации и др.), программа выпуска (годовая) и объем производст-

ва при заданном числе рабочих смен, данные об условиях, в которых предлагается организовать подготовку производства и изготовление изделий;

2) руководящая информация: техническое задание (ТЗ) на разработку процесса, ГОСТы, ОСТы, нормалы, директивные техпроцессы, требования ТБ и ПБ, производственные инструкции;

3) справочная информация: документация опытного производства, ТП на детали-аналоги, методические материалы и нормативы, каталоги на оборудование, инструменты и приспособления, альбомы технологических средств оснащения (ТСО), типовые ТП, справочники, результаты научных исследований, паспорта на оборудование, методики расчетов.

1.3. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

Под *технологичностью* понимают совокупность свойств конструкции, которые обеспечивают изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии по сравнению с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления и эксплуатации, а также при одинаковых показателях качества.

Виды технологичности конструкции следующие.

Производственная. Проявляется в сокращении средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, процессы изготовления изделия (а также контроль, монтаж вне предприятия и испытания).

Эксплуатационная. Предполагает сокращение средств и времени на подготовку к использованию изделия по назначению, технологическое и техническое обслуживание, текущий ремонт и утилизацию.

Ремонтная. Проявляется в сокращении сроков средств и времени на все виды ремонтов, кроме текущего.

Единым критерием технологичности конструкции является экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства и эксплуатации. Отработка изделия на технологичность представляет



наиболее сложную функцию технологической подготовки производства. При этом ставится многоуровневая задача достижения оптимальных трудовых, материальных и топливных затрат на проектирование, подготовку, изготовление, монтаж, техническое обслуживание и ремонт при обеспечении требуемых параметров качества.

Оценка технологичности конструкции производится с целью повышения производительности труда и качества изделия при снижении затрат времени и средств на производство. При оценке технологичности следует посоветоваться с ведущими технологами базового предприятия, выступающими в этом случае в качестве экспертов, и определить недостатки конструкции и затруднения в процессе изготовления изделия при заданных условиях (типе) производства. Особенно это полезно при создании автоматизированного производства для массового типа производства.

Основные факторы, определяющие требования к технологичности конструкции изделия (ТКИ):

- вид изделия, обуславливающий конструктивные и технологические признаки, а также основные требования;
- объем выпуска и тип производства, определяющие степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов.

Виды оценки конструкции изделия на технологичность:

- качественная оценка, характеризующая ТКИ обобщенно на основе опыта создания подобных изделий;
- количественная оценка — выражает показатели, численные значения которых характеризуют степень удовлетворения требованиям конструкции изделия.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Сначала выполняют качественную оценку, которая позволяет примерно определить технологичность на этапе конструирования, и это дает возможность сократить сроки подготовки производства за счет исключения неправильно принятых конструктивных решений.



Необходимые условия, при которых качественная оценка технологичности сборки изделия может быть удовлетворительной:

- сборка расчленена на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования и состоит из максимально возможных стандартных, унифицированных и ранее отработанных конструкций сборочных единиц, агрегатов или узлов;
- при выполнении сборочных работ не используют сложные ТСО;
- вид использованных соединений, их конструкция и местоположение соответствуют требованиям механизации и автоматизации сборочных работ;
- если масса конструкции более 20 кг, то она имеет захваты либо места под установку рым-болтов для ее перемещения;
- конструкция предусматривает базовую составную часть (корпус, раму и др.) для последовательного присоединения к ней остальных сборочных единиц и деталей;
- неизменная основа сборки — базовая составная часть изделия; конструкторские сборочные базы используются в качестве технологических и измерительных баз;
- не применяется разборка и повторная сборка;
- конструкция имеет удобный доступ к местам контроля и регулирования;
- составные части сборки с небольшим ресурсом быстро и легко демонтируются для замены либо ремонта;
- конструкция предусматривает рациональное расположение такелажных узлов и достаточное число опор для придания ей устойчивого положения при сборке;
- конструкция содержит минимальное количество поверхностей и мест соединения составных частей сборки;
- места соединения составных частей не требуют сложной и точной обработки сопрягаемых поверхностей;
- конструкция соединений не требует дополнительной обработки (особенно при сборке по методу пригонки).



**КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ,
ОБРАБАТЫВАЕМЫХ РЕЗАНИЕМ**

На технологичность конструкции детали (ТКД) влияют (табл. 1.1):

- технические факторы (обрабатываемость материала, правильный выбор баз и размерных связей, форма и размеры деталей, требования по точности и шероховатости);
- организационные факторы, зависящие от типа производства.

Таблица 1.1

Общие рекомендации при рассмотрении конструкции детали

| Метод анализа | Рекомендации |
|--|---|
| Рационализация конструкции | Исключение конструкторских решений, создающих технологические проблемы. Выделение конструктивных элементов в деталях, выявление в конструкции базовых поверхностей с учетом использования при их изготовлении принципа единства баз |
| Стандартизация | Применение деталей, рекомендованных ГОСТами, отраслевыми и заводскими стандартами |
| Унификация | Применение деталей или их конструктивных элементов, а также сборочных единиц в соответствии с рекомендациями отраслевых и заводских РМО, нормалей и инструкций |
| Типизация | Многочисленное повторение одинаковых конструктивных элементов в деталях, параметров точности, размеров и шероховатости поверхности, величины отклонения формы и расположения поверхностей |
| Преимственность | Повторение в новой конструкции решений, заимствованных из конструкции ранее производимых деталей |
| Симплификация конструкции | Упрощение конструкции для уменьшения числа различных конструктивных элементов в детали |
| Взаимозаменяемость | Правильное выполнение размерных цепей на сопрягаемых поверхностях деталей |
| Оптимизация применяемых материалов | Применение рекомендуемых материалов для изготовления деталей с целью сокращения номенклатуры |
| Оптимизация применяемых заготовок и полуфабрикатов | Применение прогрессивных заготовок и совершенных полуфабрикатов. Существенное сокращение $K_{им}$ (коэффициента использования материалов) при сохранении высоких технико-экономических показателей |



Продолжение табл. 1.1

| Метод анализа | Рекомендации |
|--|--|
| Стандартизация, унификация, типизация средств ТСО | Применение оборудования и оснастки, рекомендованных документацией, а также их повторное использование при изготовлении последующих модификаций изделий |
| Симплификация ТСО | Упрощение и комбинирование ТСО для сокращения номенклатуры и требуемого числа ТСО |
| Агрегатирование и автоматизация | Усложнение ТСО для комплексного использования при изготовлении в автоматических линиях, робототехнологических комплексах (РТК), гибких производственных системах (ГПС) |
| Стандартизация, унификация, типизация, преемственность технологических методов | Применение технологических методов, операций и переходов, рекомендуемых документацией различного уровня, а также их повторное использование при изготовлении изделий различной модификации |
| Симплификация технологических методов | Упрощение и комбинирование методов для уменьшения числа методов, процессов, операций, переходов технологического процесса |

Рассмотрим влияние обрабатываемости материала на технологичность конструкции детали (остальные факторы будут рассмотрены в последующих главах).

Обрабатываемость резанием — это способность материала заготовки поддаваться обработке режущим инструментом.

Применительно к задаче обеспечения ТКД наибольший интерес представляют определение относительного уровня скоростей резания, при котором целесообразно производить обработку данного материала, и возможность получения заданной шероховатости R_a на окончательной операции.

Коэффициент k_v выражает относительную скорость резания, соответствующую 60-минутной стойкости резцов и определяемую в сравнении со стойкостью резцов при обработке стали 45 (см. табл. 1.2).

Обрабатываемость сталей зависит от их состава, например, для углеродистых сталей k_v зависит от содержания



Таблица 1.2

**Возможность получения требуемой
шероховатости поверхности в зависимости
от коэффициента обрабатываемости стали k_v**

| Обрабатываемость стали | k_v | Получение требуемой шероховатости |
|------------------------|-----------|-----------------------------------|
| Высокая | 2,1...1,5 | Очень трудно |
| Хорошая | 1,4...1,0 | Без особых затруднений |
| Удовлетворительная | 1,0...0,8 | Легко и без особых затруднений |
| Пониженная | 0,8...0,5 | Легко |
| Трудная | < 0,5 | Легко |

углерода и легирующих элементов. С повышением содержания углерода коэффициент k_v увеличивается, но при этом шероховатость обрабатываемой поверхности уменьшается, а сила резания возрастает. В справочнике [2] приведены данные по влиянию других составляющих сталей, а также коэффициенты обрабатываемости для различных сталей, чугунов, алюминиевых сплавов и др.

Для примера рассмотрим условия, при которых конструкция корпусных деталей технологична:

- обрабатываемые и необрабатываемые поверхности разграничены, так как необрабатываемые поверхности не должны подвергаться обработке;
- заготовки имеют надежные базы, обеспечивающие правильную ориентацию при базировании и имеющие достаточную жесткость;
- предусмотрены ребра жесткости или приливы для исключения деформации при закреплении и обработке;
- размеры проставлены от единой конструкторской базы;
- отверстия и плоскости обрабатываются на проход;
- глубина отверстий не превышает 8...10 диаметров, особенно если детали при обработке нельзя вращать вокруг оси отверстия;
- соосные цилиндрические отверстия выполнены убывающими по диаметру в одном направлении или с обеих сторон от средней части корпуса.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Следующий этап оценки технологичности конструкции учитывает современный уровень, тенденции, научный и инженерный прогнозы развития техники и технологии в данной области. При количественной оценке показателя технологичности ориентированы на сравнение с аналогичными показателями у изделия-аналога. При этом объект оценки должен иметь такие же выходные функциональные параметры.

Количественную оценку технологичности выполняют по абсолютным и относительным технико-экономическим показателям, а также по дополнительным показателям. Конструкция технологична, если более половины ее частных параметров соответствует требованиям технологичности.

Основные *абсолютные* показатели следующие.

Трудоемкость изготовления изделия T_a — количество труда, затраченного на выполнение технологических процессов при изготовлении изделия, техническом обслуживании и ремонте. Вычисляется по формуле

$$T_a = \sum T_i,$$

где T_i — трудоемкость составной части изделия на любых основных этапах изготовления и эксплуатации изделия, нормо-час.

Материалоемкость изделия — количество материала, затраченного на его производство и эксплуатацию. Оценку выполняют как по видам используемых материалов, так и по показателям, характеризующим материальные затраты, например, удельному расходу редкоземельных металлов.

Энергоемкость изделия — количество топливно-энергетических ресурсов, затраченных на его изготовление, монтаж, техническое обслуживание и утилизацию.

Себестоимость изделия — количество затрат труда, материалов, топливно-энергетических ресурсов на его производство и эксплуатацию.



Таблица 1.3

Относительные показатели технологичности конструкции

| Коэффициенты относительных... | Формула | Норма |
|---------------------------------|--|--|
| Основные показатели | | |
| трудоемкости | $k_{\text{УТ}} = \frac{T_{\text{П}}}{T_{\text{Б}}},$ <p>где $T_{\text{П}}$ — проектная трудоемкость, нормо-ч; $T_{\text{Б}}$ — трудоемкость базового изделия, нормо-ч</p> | $k_{\text{УТ}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |
| технологической себестоимости | $k_{\text{УС}} = \frac{C_{\text{П}}}{C_{\text{Б}}},$ <p>где $C_{\text{П}}$ — проектная себестоимость, руб.; $C_{\text{Б}}$ — себестоимость базового варианта, руб.</p> | $k_{\text{УС}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |
| унификации элементов | $k_{\text{УЭ}} = \frac{G_{\text{П}}}{G_{\text{О}}},$ <p>где $G_{\text{П}}$ — число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов (резьбы, фаски, отверстия, шпонки и др.); $G_{\text{О}}$ — общее число конструктивных элементов в деталях</p> | $k_{\text{УЭ}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |
| Дополнительные показатели | | |
| использования материала | $k_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}}},$ <p>где $M_{\text{Д}}$ — масса детали, кг; $M_{\text{З}}$ — масса заготовки, кг</p> | $k_{\text{ИМ}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |
| стандартизации деталей | $k_{\text{СД}} = \frac{D_{\text{СТ}}}{D},$ <p>где $D_{\text{СТ}}$ — число стандартизованных деталей в изделии; D — общее число деталей (кроме крепежных), входящих в изделие</p> | $k_{\text{СД}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |
| применения типовых техпроцессов | $k_{\text{ТП}} = \frac{N_{\text{ТП}}}{N},$ <p>где $N_{\text{ТП}}$ — число типовых техпроцессов; N — общее число техпроцессов</p> | $k_{\text{ТП}} \rightarrow 1$ (0,6...0,8) |



Относительные показатели оценки технологичности изделия позволяют сравнивать его абсолютные показатели с показателями базового варианта и нормами коэффициентов, установленными в отрасли.

Уровень достигнутой технологичности конструкции может быть оценен по любому показателю относительно базового по формуле

$$k_y = \frac{K}{K_B},$$

где K — показатель проектного варианта; K_B — показатель базового варианта.

Допустимые пределы значений k_y должны соответствовать величинам, установленным для основных базовых показателей (табл. 1.3).

Наиболее существенное влияние технологические процессы оказывают на показатели назначения, надежности и технологическую себестоимость.

В результате предварительного анализа технологичности конструкции изделия по качественным и количественным критериям для создания технологического процесса при заданных условиях производства должны быть сформулированы предложения по изменению конструкции изделия. Эти предложения могут касаться применения материалов и методов сборки, точности изготовления деталей и сборочных единиц, использования принципа агрегатирования, узловой сборки и др.

1.4. АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Для анализа исходных данных необходимо иметь рабочие чертежи сборки и деталей, технические требования, регламентирующие точность, параметры шероховатости, требования к качеству поверхностей и др. В некоторых случаях достаточно иметь фрагмент общего вида или сборочной единицы, на котором видна деталь.



Последовательность анализа информации:

- рассматривается назначение детали в сборочной единице;
- уясняется конфигурация детали, форма всех поверхностей и их взаимное пространственное положение по геометрическим проекциям и сечениям;
- изучаются данные точности размеров детали (допуски, посадки) и шероховатости поверхностей, точности формы и взаимного расположения поверхностей (параллельность, перпендикулярность, соосность). По этим данным формируется представление о методах окончательной обработки и числе ступеней обработки каждой поверхности детали, выявляются конструкторские базы и предварительная последовательность обработки основных поверхностей;
- изучаются характеристики материала детали;
- выполняется анализ требований к качеству поверхностного слоя (по механическим свойствам, характеру термообработки, покрытиям и др.);
- подробно рассматриваются технические требования чертежа, а также общие технические требования к изготовлению изделия;
- определяются влияние заданной программы выпуска и сменность работы цеха на характер ведения технологического процесса;
- изучается базовый технологический процесс как аналог для разработки перспективного технологического процесса изготовления детали;
- принимаются предварительные решения о методах обработки (обработка резанием, электроэрозионная обработка (ЭЭО), электрохимическая обработка (ЭХО) и др.), о членении технологического процесса на этапы, о способах окончательных, отделочных и упрочняющих операций.

По результатам анализа описывают конфигурацию и форму детали, пространственное расположение поверхностей, требования к точности размеров, форму и взаимное расположение поверхностей и осей, конструкторские базы, материал детали и его основные механические свой-

ства, качество поверхностного слоя, вид термообработки, покрытие, недостатки базового технологического процесса, влияние объема и программы выпуска на организацию производства.

Предварительно определяют тип производства (единичный, мелкосерийный, серийный, крупносерийный, массовый) исходя из объема производства деталей-аналогов, выявляют условия, в которых предполагается организовать производство, и возможные затруднения при изготовлении на нем деталей.

Для заданных условий производства (тип производства) оценивают технологичность детали. Технологичность конструкции изделия оценивают по совокупности его свойств, определяющих приспособленность конструкции изделия к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. Качественную оценку технологичности заготовок и деталей рекомендуем выполнять по справочнику [2].

Для примера рассмотрим анализ исходных данных при изготовлении коленчатого вала, впервые производимого на предприятии. Это значит, что опыта обработки таких деталей у специалистов предприятия нет, но имеются справочные материалы и примеры изготовления их в машиностроительной промышленности.

Исходными данными для создания техпроцесса является рабочий чертеж детали с техническими требованиями (см. рис. 1.1). Объем выпуска в течение семи лет (по неизменным чертежам) — 300 тыс. изделий в год, производство деталей — в две смены. Себестоимость детали не должна превышать 600 руб.

Кривошипно-шатунный механизм компрессора, состоящий из коленчатого вала, шатунов и поршней, служит для преобразования вращательного движения коленчатого вала в возвратно-поступательное движение поршней, а также для передачи усилия на поршень цилиндра в целях сжатия газа, находящегося в цилиндрах корпуса блок-картера.

Коленчатый вал является наиболее нагруженной деталью компрессора, так как всю мощность от двигателя он передает шатунам и масляному насосу. Во время работы коленчатый вал испытывает переменные динамические нагрузки, поэтому он должен быть достаточно жестким, чтобы под действием рабочих нагрузок обеспечивать необходимую точность движения перемещающихся частей, и обладать высоким сопротивлением усталости. Трущиеся поверхности детали должны иметь высокую износостойкость. Коленчатый вал состоит из двух коренных шеек под подшипники качения и двух колен-противовесов, каждое из которых выполнено из двух щек и одной шейки, соединенной с двумя шатунами.

Условия работы коленчатого вала характеризуются повышенными нагрузками на шатунные и коренные шейки. Для уменьшения влияния неуравновешенных масс на работоспособность компрессора предусмотрена балансировка коленчатого вала.

Технические требования на коленчатый вал (рис. 1.1).

Заготовка должна удовлетворять требованиям гр. 3 КП 345 ГОСТ 8479-70.

Допускаемые отклонения на размеры поковки по классу Т2 ГОСТ 7505-89.

Галтели и выходы отверстий масляных каналов на поверхности шатунных шеек (поверхности Л, М) защитить от закалки. На участке длиной 4 мм от галтели допускается пониженная твердость до 36HRC. Проверить твердость шеек до окончательной шлифовки в двух точках каждой шейки. Закалочные трещины не допускаются.

На поверхностях Л, М, Н, П, Р волнистость, коробление, риски, задиры и трещины не допускаются.

Оси шатунных шеек и ось вала лежат в одной плоскости. Отклонение от плоскости не должно превышать 0,05 мм.

Поверхность галтелей отполировать. Риски, дробления и подрезы не допускаются.

Масляные каналы очистить от стружки и окалины, промыть и продуть. Заусенцы в местах пересечения отверстий снять.

Общие допуски на размеры по ГОСТ 30893.1 — *m*.

Шейки (коренные и коленчатые) смазываются маслом, подаваемым под давлением масляным насосом, вал которого соединен с коленчатым валом. В торце с короткого конца коленчатого вала имеется отверстие для соединения с валом масляного насоса, а с противоположной стороны — шейка с резьбой для крепления шкива, устанавливаемого на конус со шпонкой. Коленчатый вал имеет отверстия для подачи масла к паре трения (шатунная шейка и вкладыш шатуна).

Основные геометрические параметры коленчатого вала:

- общая длина $L = 382$ мм;
- диаметры коренных шеек $\varnothing 40k6$;
- диаметры шатунных шеек $\varnothing 40_{-0,01}$;
- диаметр отверстия под сальниковое уплотнение $\varnothing 32g6$;
- резьба на конце вала $M20 \times 1,5-8g$ длиной 16 мм;
- посадочный конус 1 : 7 длиной 60 мм со шпоночным пазом длиной 40 мм и шириной 5 мм;
- на резьбовом конце вала выполнен паз шириной 5 мм и длиной 16 мм;
- длина шатунных шеек $40_{+0,1}^{+0,3}$;
- длина коренной шейки с короткого конца вала 32Н12;
- в теле вала имеются наклонные отверстия $\varnothing 8$ и $\varnothing 8,7$ для подвода масла, отверстие $\varnothing 8,7$ имеет резьбу $M10 \times 1,25-7H$ длиной 12 мм, предназначенную для установки заглушки;
- в каждой шатунной шейке — по два отверстия $\varnothing 3$ для подвода масла;
- в торцах вала выполнены технологические отверстия: (M10 ГОСТ 14034-74) и (B5 ГОСТ 14034-74);
- смещение осей шатунных шеек относительно осей коренных шеек $17 \pm 0,02$ мм;
- с короткого конца вала в торце выполнено отверстие $\varnothing 30$ глубиной 14 мм, а также два глухих отверстия $\varnothing 4N7$ глубиной 7 мм для крепления вала масляного насоса;
- на коренных шейках коленчатого вала выполнены выточки $\varnothing 37,5_{-0,25}$ шириной $1,9^{+0,14}$ мм под стопорные кольца для крепления подшипников;

- на концах коренные шейки имеют фаски $1 \times 45^\circ$, на резьбовом конце вала — $1,6 \times 45^\circ$;
- левая и правая щеки имеют длину 25 мм и колено длиной 30 мм;
- все внутренние углы выточек вала должны скругляться до 0,5 мм.

Условия работы коленчатого вала определяются требованиями к относительному положению поверхностей:

- на торцевое биение диаметров буртика со стороны коренных шеек 0,025 мм относительно базы *П*;
- на торцевое биение диаметров буртиков со стороны шатунных шеек 0,02 мм относительно базы *К*;
- на радиальное биение поверхностей коренных шеек — 0,02 мм относительно базы *К*;
- на радиальное биение $\varnothing 32g6$ — 0,02 мм и на радиальное биение поверхности конуса — 0,05 мм относительно базы *К*;
- допуск профиля продольного сечения и допуск некруглости поверхности шатунных шеек — 0,003 мм, коренных шеек — 0,004 мм.

Рассмотрение фрагмента общего вида сборочной единицы позволяет установить конструкторскую базу детали. В данном случае основной конструкторской базой являются поверхности коренных шеек $\varnothing 40k6$ и торцы буртиков коренных шеек $\varnothing 46$.

Коренные шейки, $\varnothing 32g6$ и торцы буртиков шатунных шеек имеют шероховатость $R_a = 1,25$ мкм, шатунные шейки — $R_a = 0,32$ мкм, торцы буртиков коренных шеек — $R_a = 2,5$ мкм. Фаски, дно и стенки глухого отверстия $\varnothing 30$, стенки шпоночных пазов, резьба $M20 \times 1,5-8g$ имеют $R_z = 40$ мкм, а конус — $R_z = 20$ мкм. На остальных поверхностях шероховатость должна быть $R_z = 80$ мкм.

При циклической нагрузке шатунных шеек на сопрягаемых поверхностях могут образовываться трещины, поэтому в конструкции коленчатого вала предусмотрены фаски в отверстиях и галтели на сопряжении шатунной шейки с буртиками $R = 1,2^{+0,2}$.

На технологичность конструкции детали основное влияние оказывают ее конструктивные особенности,

технологические факторы (обрабатываемость материала, размерные связи, форма и размеры детали, точность и шероховатость обрабатываемой поверхности) и масштаб выпуска.

Вал на концах имеет центровые отверстия, которые могут быть искусственными технологическими базами для основных операций, упрощающими контроль и ремонт. Его целесообразно обрабатывать в центрах, так как основной конструкторской базой является ось детали.

На правом конце вала имеется конический участок, сопрягаемый со шкивом. Коническое сопряжение позволяет лучше центрировать шкив, чем цилиндрическое сопряжение с зазором.

Большие перепады диаметров коленчатого вала требуют проектирования заготовки с равномерными припусками на все его диаметры.

Конструкция коленчатого вала предусматривает наличие в теле вала двух глубоких взаимно пересекающихся отверстий $\varnothing 8$ и $\varnothing 8,7$ для подвода масла к парам трения. При сверлении возможны увод оси отверстия от заданного положения и, как следствие, несовпадение отверстий при пересечении. Необходимо разработать способ для исключения этого дефекта.

Наиболее трудновыполнимыми элементами детали являются глубокие маслоподводящие отверстия, шатунные и коренные шейки, имеющие повышенную точность и малую шероховатость поверхностей.

Высокие требования, предъявляемые к радиальному, торцевому биению буртиков и диаметров шеек, а также к их относительному положению, требуют многоступенчатой механической обработки всех поверхностей.

Изготовление товарной продукции относится к основному производству. В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции различают типы производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

В зависимости от программы выпуска определяют тип производства в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 по коэффициенту закрепления операций. Однако на первом этапе про-

Таблица 1.4

**Данные для определения типа производства
в механических цехах**

| Масса заготовки, кг | Тип производства | | | | |
|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------|
| | единичный | мелкосерийный | среднесерийный | крупносерийный | массовый |
| ≤ 200 | ≤ 1000 | 1000... 5000 | 5000... 10 000 | 10 000... 100 000 | > 100 000 |
| ≤ 2 000 | ≤ 20 | 20...500 | 500...1000 | 1000...5000 | > 5000 |
| ≤ 30 000 | ≤ 5 | 5...100 | 100...3000 | 300...1000 | > 1000 |
| > 30 000 | ≤ 3 | 3...10 | 10...50 | — | — |

ектирования технологического процесса трудно определить количество рабочих мест и число операций в течение месяца, поэтому тип производства можно установить по массе и количеству изготавливаемых деталей (табл. 1.4).

При массе обрабатываемых коленчатых валов в механическом цехе до 200 кг и программе выпуска свыше 100 тыс. (в задании выпуск продукции — 300 тыс.) тип производства — массовый.

Для массового производства характерны:

- регулярность и высокая стабильность выпуска;
- большой объем и узкая номенклатура продукции;
- специализация каждого рабочего места;
- низкая квалификация рабочих при высокой квалификации наладчиков;
- применение специального оборудования и автоматических линий;
- расположение оборудования по технологическому циклу;
- использование специального и нормализованного инструмента;
- применение предельного и специального измерительного инструмента, а также сортировочных автоматов и полуавтоматов.

Массовый тип производства обеспечивает минимальную стоимость детали.

Процесс изготовления деталей должен строиться по принципу дифференциации операций, когда отдельные операции закрепляются за определенными рабочими местами.



Коленчатый вал изготавливают из стали 45, однако в автомобиле- и тракторостроении широко используется чугун ВЧ-50, имеющий больший коэффициент обрабатываемости и высокие эксплуатационные свойства, поэтому целесообразно заменить материал, указанный в чертеже, предложенным.

Анализ исходных данных показал, что коленчатый вал технологичен при условии его изготовления из высокопрочного чугуна ВЧ-50 и создания специального оборудования для сверления наклонных отверстий без увода их осей.

1.5. АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Анализ исходных данных для разработки технологического процесса сборки аналогичен анализу, описанному в п. 1.2, но при этом следует подробнее ознакомиться со служебным назначением изделия. Для этого надо тщательно изучить и проанализировать сборочные чертежи объекта и спецификации, рабочие чертежи деталей, технические условия и инструкции, программу выпуска и число рабочих смен, нормативно-техническую документацию, справочную документацию, отчеты по НИР и ОКР, сведения о ТСО и их характеристики. Необходимо также просмотреть технологическую документацию опытного производства и макет изделия.

Вначале изучают служебное назначение и конструкцию изделия, принцип его работы и предъявляемые к нему технические требования.

При анализе чертежей определяют технологичность изделия и целесообразность предложенных конструктором методов осуществления соединений; устанавливают и дополняют требования к точности конструкции; оценивают и проверяют методы достижения точности.

Следует проверить расчетом соответствие технических требований и норм точности изделия служебному назначению. На этом этапе необходимо выбрать метод достижения требуемой точности изделия при сборке (полной

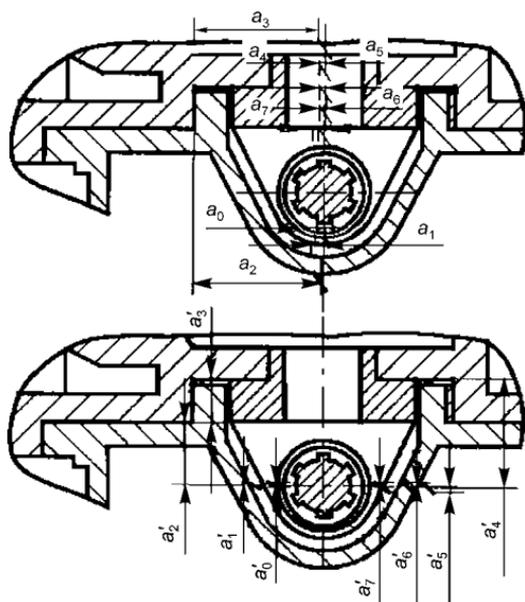


Рис. 1.2
 Схема размерных
 цепей привода
 ходового винта стола
 фрезерного станка

и неполной взаимозаменяемости, селективный, регулировки, подгонки).

Например, при анализе компоновки фрезерного станка (рис. 1.2) было выявлено, что допуски на размеры деталей привода ходового винта стола проставлены неправильно и обеспечить их в процессе механической обработки трудно. После расчета размерных цепей допуски были значительно расширены, но одновременно в шлицевом соединении был предусмотрен гарантированный зазор, что обеспечивало компенсацию возможной неточности при сборке. В результате намного упростилась обработка и сократилась трудоемкость. На рис. 1.2 показана схема размерных цепей ходового винта стола фрезерного станка, а в табл. 1.5 — решение этих цепей [17].

Из анализа размерных цепей кривошипно-шатунного механизма мотор-компрессора (см. рис. 1.3а, б) можно установить зазор K для нормальной работы узла между торцами верхней головки шатуна и бобышек поршня (в двух положениях механизма) при установленных допусках и возможных неточностях шатунной шейки

Расчет размерных цепей ходового

| | | | |
|---|--------------|-------------|--|
| Размерные цепи (см. рис. 1.2) | | | |
| Звенья цепи | a_0 | a_1 | |
| Размеры звеньев (по чертежу) | $0\pm 0,015$ | $0\pm 0,01$ | |
| Поле допуска (по чертежу) | 0,03 | 0,02 | |
| Координаты середины поля допуска | 0 | 0 | |
| Поле допуска (после внесения изменений) | 0,3 | 0,06 | |
| Новые размеры звеньев и допуски | $0\pm 0,015$ | $0\pm 0,03$ | |
| Размерные цепи (см. рис. 1.2) | | | |
| Звенья цепи | a'_0 | a'_1 | |
| Размеры звеньев (по чертежу) | $0\pm 0,015$ | $0\pm 0,01$ | |
| Поле допуска (по чертежу) | 0,03 | 0,02 | |
| Координаты середины поля допуска | 0 | 0 | |
| Поле допуска (после внесения изменений) | 0,3 | 0,06 | |
| Новые размеры звеньев и допуски | $0\pm 0,15$ | $0\pm 0,03$ | |

Примечание. Точность, принятая после анализа размерных цепей, достигается методом компенсации.

(конусности, непараллельности ее оси главной оси коленчатого вала) и отверстия нижней головки шатуна. При размерном анализе узлов в процессе разработки технологии сборки можно составить цепи погрешностей, имеющих случайную величину.

В узле конической передачи (см. рис. 1.4) величина отклонения вершины конуса зубчатого колеса от оси OX зависит:

- от неконцентричности a_1 и a_2 центров дорожки качения и наружного цилиндра внешнего кольца соответственно переднего и заднего подшипников;
- от несовпадения a_3 оси отверстия в корпусе с плоскостью оси OX ;
- от несовпадения a_4 оси отверстия в корпусе с осью стакана заднего подшипника.

Размерный анализ этих погрешностей позволяет определить величину возможной суммарной погрешности и оценить точность, которой можно достичь при сборке узла.

Таблица 1.5

винта фрезерного станка

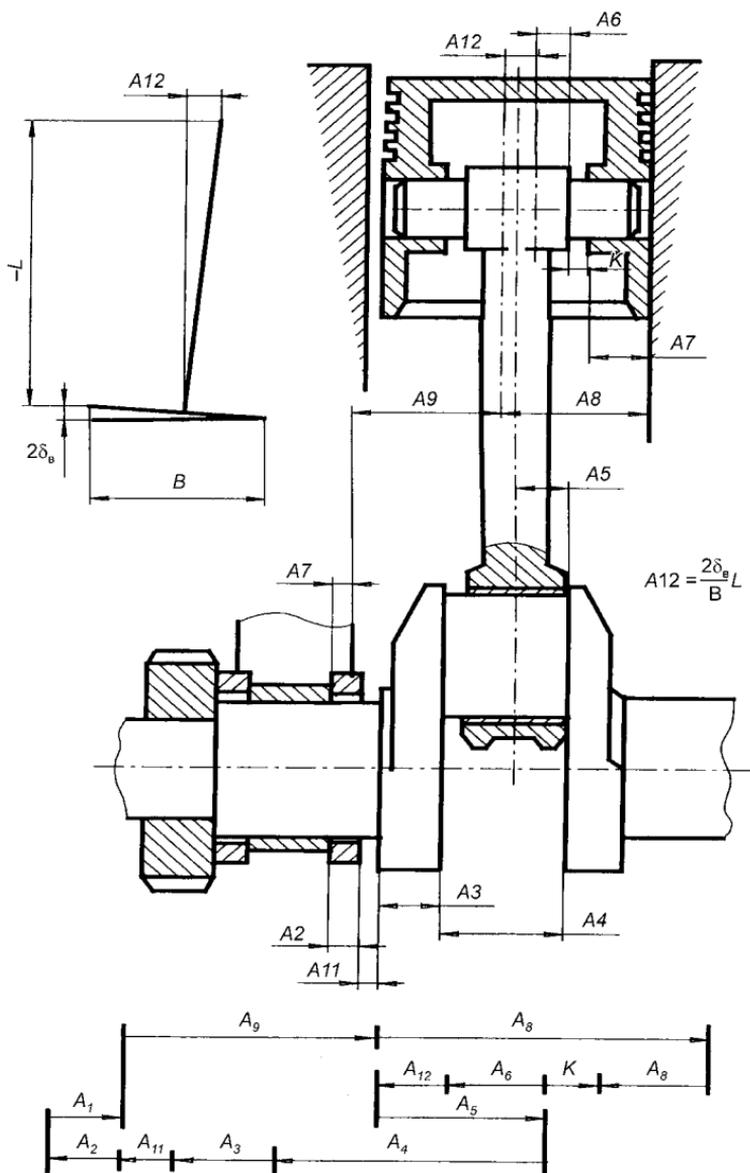
| $a_0 = a_3 - a_1 - a_2 - a_4 - a_5 - a_6 - a_7$ | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 |
| | 80±0,02 | 80±0,02 | 0 | 0±0,005 | 0±0,01 | 0±0,015 |
| | 0,04 | 0,04 | — | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,14 |
| | 80±0,1 | 80±0,1 | 0±0,05 | 0±0,02 | 0±0,02 | 0±0,07 |
| $a'_0 = a'_3 - a'_1 - a'_2 - a'_4 - a'_5 - a'_6 - a'_7$ | | | | | | |
| | a'_2 | a'_3 | a'_4 | a'_5 | a'_6 | a'_7 |
| | 41±0,022 | 27 | 68±0,02 | 0±0,005 | 0±0,01 | 0±0,015 |
| | 0,04 | — | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,3 |
| | 41±0,1 | 27±0,1 | 68±0,05 | 0±0,02 | 0±0,02 | 0±0,015 |

В узлах, подобных изображенному на рис. 1.5, с помощью размерных цепей технологу часто приходится определять, в каком количестве и какой толщины прокладки размера A_2 следует применить, чтобы обеспечить требуемую точность сборки, если известны допуски на размеры A_1, A_2, A_3, A_4 и A_5 .

Еще один пример размерного анализа, непосредственно относящегося к сборочному процессу, приведен на рис. 1.6. С помощью размерной цепи может быть определена величина бокового зазора в зацеплении зубчатой передачи механизма газораспределения двигателя (по известным допускам) на составляющие звенья.

В ряде соединений в условиях мелкосерийного производства требуемой точности достигают методом сопряженной обработки. В этом случае охватываемую деталь — втулку — выполняют с соблюдением экономически выгодных допусков, а парную охватываемую деталь — вал — обрабатывают (при активном контроле доводят на станке до размера, обеспечивающего требуемую посадку в сопряжении с данной втулкой).

a



6

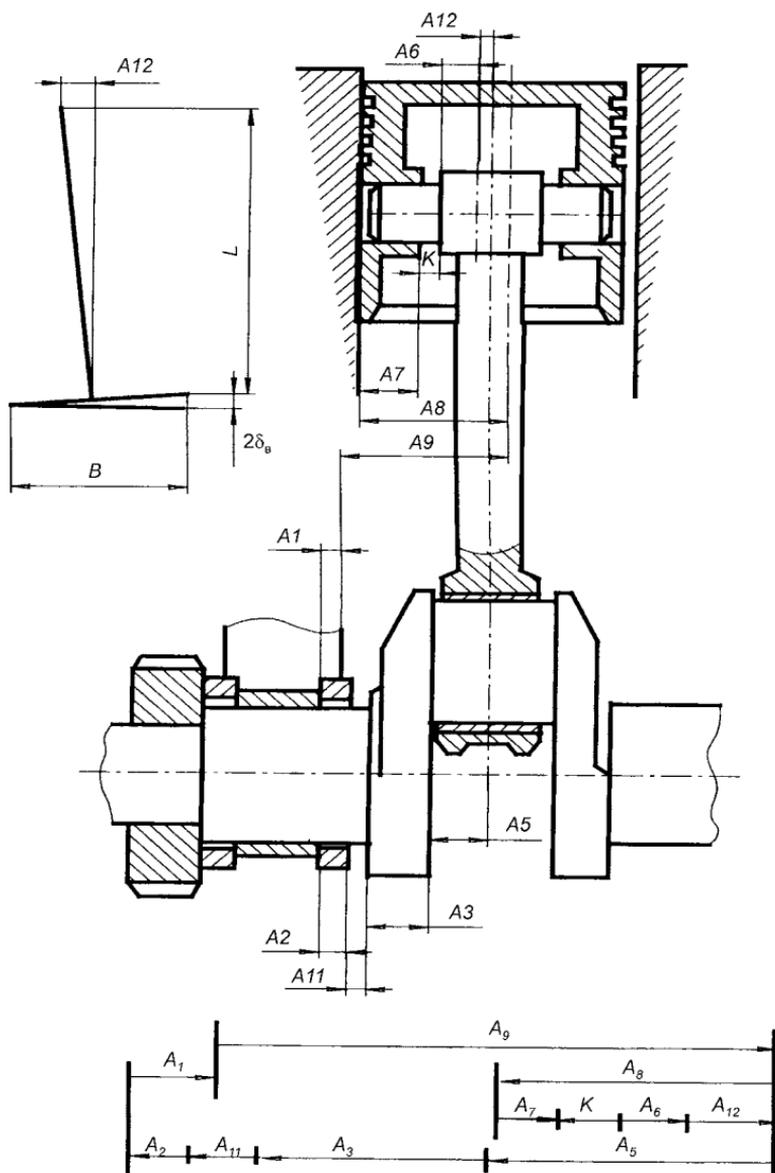


Рис. 1.3

Схемы размерных цепей при анализе точности сборки кривошипно-шатунных механизмов

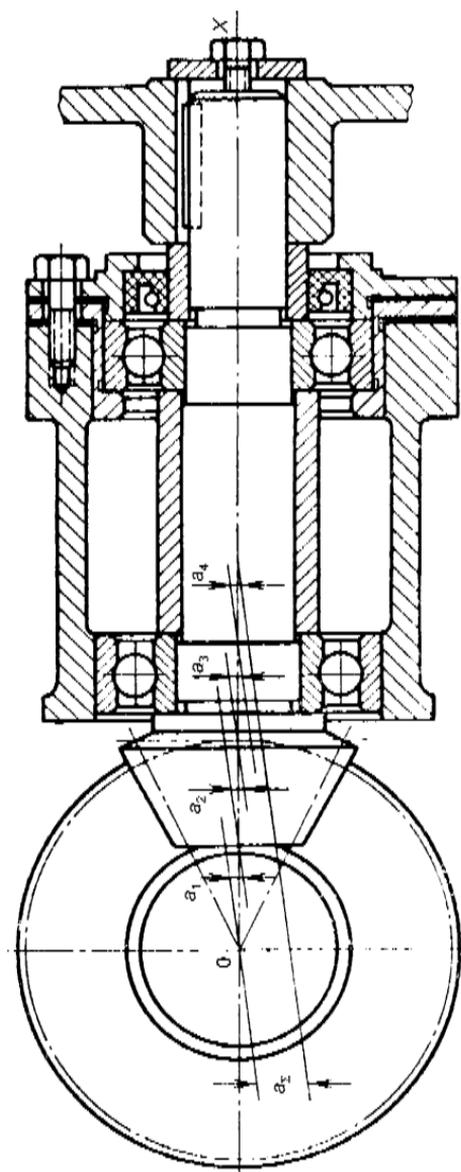


Рис. 1.4
Схема размерной цепи узла конической передачи

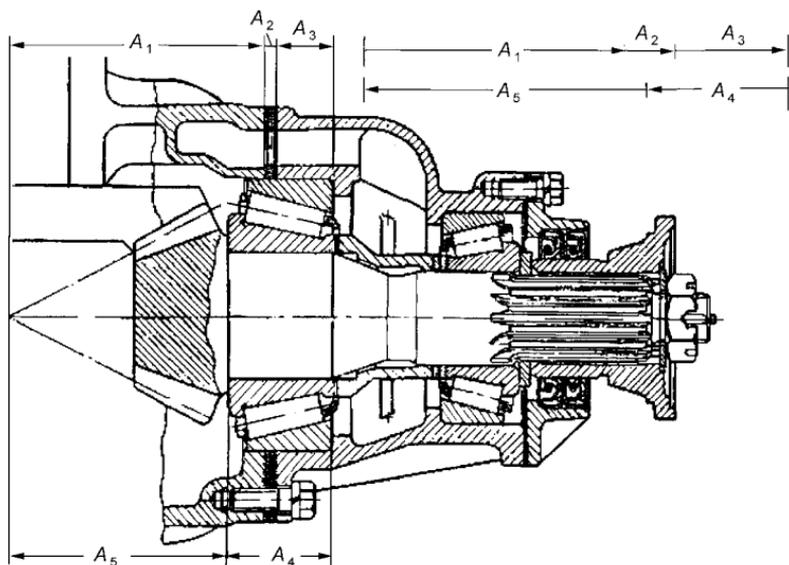


Рис. 1.5
 Схема размерной цепи узла редуктора
 с использованием компенсатора

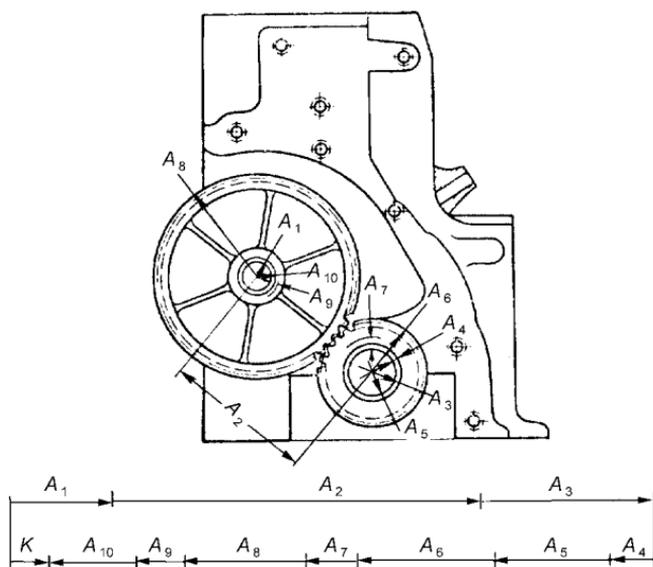


Рис. 1.6
 Схема размерной цепи зубчатой передачи газораспределителя

Принципиальная схема этого процесса с пневматическим контролем приведена на рис. 1.7. Здесь разность диаметров отверстия втулки 3 и вала 1 может быть определена по показаниям дифференциального отсчетного устройства 5. При определенном значении этого показания доводка вала прекращается.

При сборке по методу групповой взаимозаменяемости для каждой детали, входящей в размерную цепь, допуск на неточность изготовления расширяют, но после изготовления детали сортируют по размерам на несколько групп в пределах более узких допусков. Например, для получения конечной точности размерной цепи (рис. 1.8) в пределах $\Delta_{\max} - \Delta_{\min}$ необходимо выдержать размеры A и B в пределах δ_0 и δ_B . Это часто бывает невыгодно экономически, поэтому пределы допусков расширяют до δ'_0 и δ'_B и таким образом сокращают стоимость обработки деталей.

Готовые детали сортируют (производят селекцию) в пределах указанных допусков нескольких (в данном примере пяти) размерных групп, после чего производят сборку, используя группы деталей со значительно меньшими допусками. Иначе говоря, в процессе подбора детали выбирают с такими размерами, чтобы зазор или натяг в каждой паре лежал в более узких пределах, чем можно достигнуть при соединении произвольно взятых деталей. Поэтому создается возможность обеспечить в процессе сборки большую точность, а также стабильность посадки, что часто бывает очень важно.

В зависимости от масштабов производства применяют штучный или групповой подбор деталей. При штучном

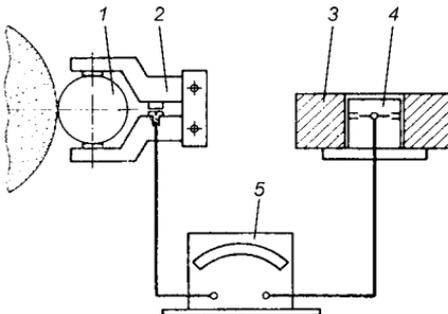


Рис. 1.7
Схема сопряженной обработки:

1 — обрабатываемая заготовка; 2 — измерительная скоба; 3 — втулка; 4 — пробка пневматического контрольного устройства; 5 — дифференциальное отсчетное устройство.

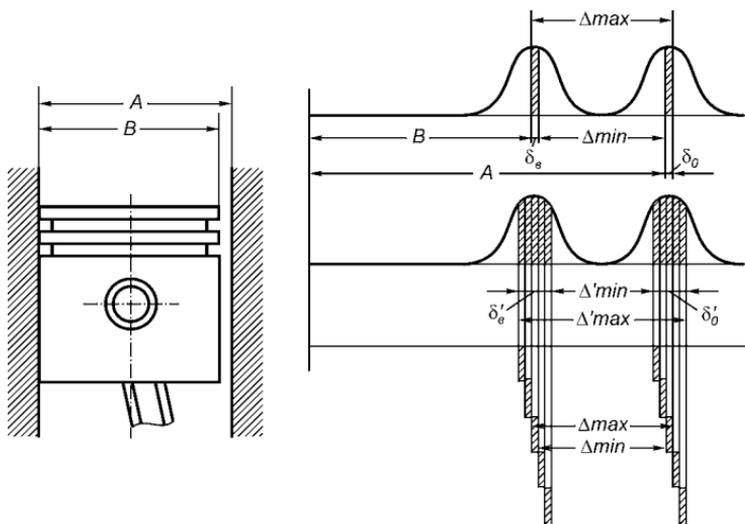


Рис. 1.8

Схема соединения, осуществляемого по методу подбора деталей

подборе одну из деталей предварительно измеряют, после чего, руководствуясь величиной зазора или натяга, необходимого для данного соединения, определяют требуемые предельные размеры сочленяющейся детали и уже по этим размерам выбирают вторую деталь. Например, если диаметр втулки 62,012 мм, то зазор в сочленении ее с пальцем должен быть не менее 0,008 и не более 0,02 мм. Следовательно, диаметр пальца для этого узла составит не менее 61,992 мм и не более 62,004 мм. Таким образом, из имеющихся готовых пальцев следует подобрать такой, фактический размер которого будет лежать между найденными предельными размерами. Подбор производят путем измерения деталей и пробной сборки. Этот способ малопродуктивен, так как он увеличивает сроки сборки.

Однако данный процесс можно механизировать по схеме, приведенной на рис. 1.9. Здесь охватываемую деталь — втулку 2, к которой должен быть подобран валик 6 соответствующего размера, устанавливают на калибр-пробку 1. По каналам 4 подают сжатый воздух. Когда канал в диске 5 совмещается с каналом 8 в столе 7, воздух поступает к калибрам-кольцам, в которых установлены валики 6;

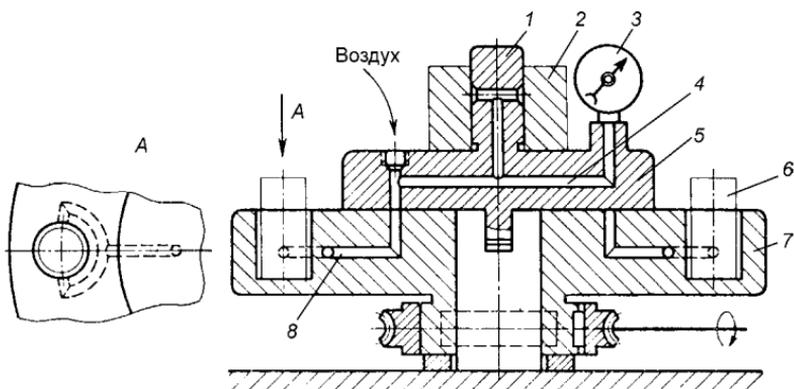


Рис. 1.9

Схема устройства для механизации подбора парных деталей:

1 — калибр-пробка; 2 — втулка; 3 — прибор (манометр); 4 — канал; 5 — диск; 6 — валики; 7 — стол; 8 — канал.

при этом прибор 3 покажет разность диаметров втулки и валика. После комплектования пары на приспособление устанавливают новые детали и повторяют процесс.

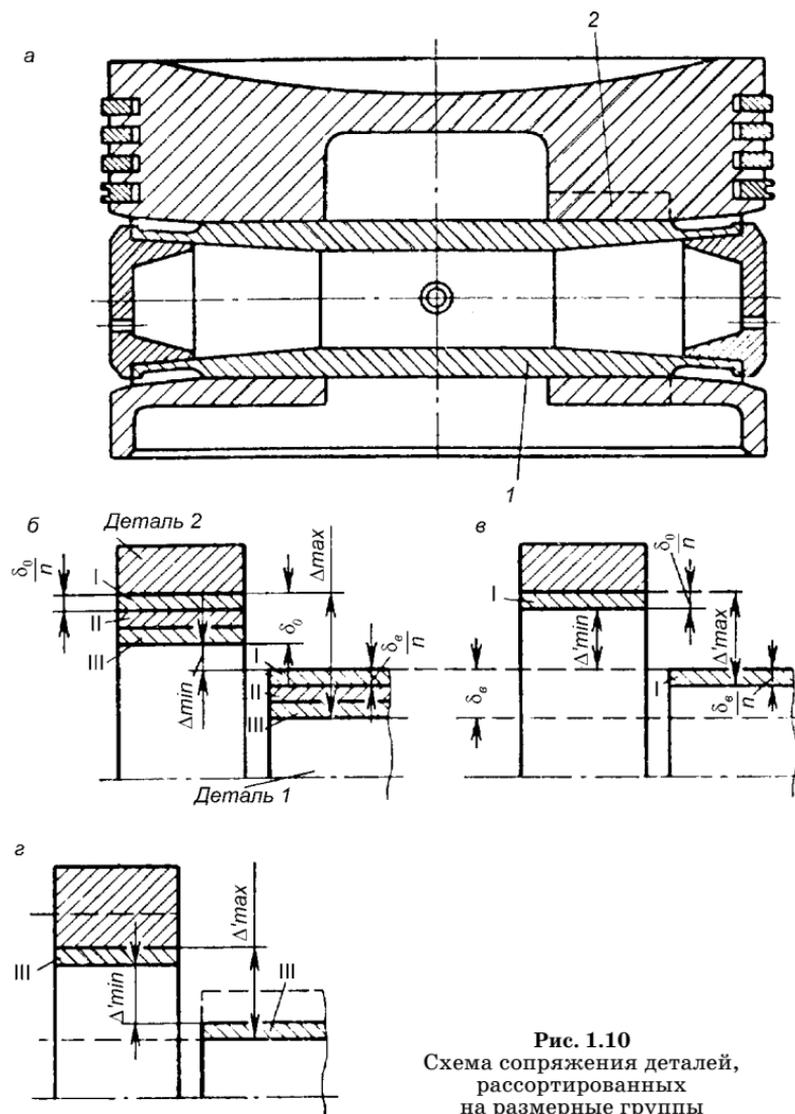
Групповой подбор осуществляют способом предварительной сортировки деталей газораспределения, которая может быть механизирована и выполнена до поступления деталей на сборку. Для этого допуски на изготовление сопрягающихся деталей делят на одно и то же количество интервалов.

Для примера на рис. 1.10а показаны подвижные сочленения двух деталей 1 и 2. Допуски на изготовление этих деталей обозначены для вала δ_b и отверстия δ_o . Допуск посадки

$$\Delta = \Delta_{\max} - \Delta_{\min} = \delta_o + \delta_b,$$

где Δ_{\max} — верхний предельный размер; Δ_{\min} — нижний предельный размер.

Если каждый из допусков δ_o и δ_b на изготовление деталей разделить на n интервалов (на рис. 1.10б — три интервала: I, II, III), то детали 1 и 2 можно в соответствии с размерами, определяющимися этими интервалами, распределить на n групп. На рис. 1.10 схематически приведены также поля допусков для деталей первой (рис. 1.10в) и третьей (рис. 1.10г) групп.



Минимальный зазор в сочленении, собранном из рассортированных по группам деталей, составит:

- для случая (в)

$$\Delta'_{\min} = \Delta_{\min} + 2 \frac{\delta_o}{n};$$

- для случая (з)

$$\Delta'_{\min} = \Delta_{\min} + 2 \frac{\delta_{\text{в}}}{n}.$$

В общем случае, принимая

$$\delta_{\text{o}} = \delta_{\text{в}} = \frac{\Delta}{2},$$

получим

$$\Delta'_{\min} = \Delta_{\min} + \frac{n-1}{n} \cdot \frac{\Delta}{2}.$$

Соответственно,

$$\Delta'_{\max} = \Delta^1_{\min} + \frac{\delta_{\text{o}}}{n} + \frac{\delta_{\text{в}}}{n},$$

или

$$\Delta'_{\max} = \Delta_{\min} + \frac{n-1}{n} \cdot \frac{\Delta}{2} + \frac{\Delta}{n},$$

откуда

$$\Delta'_{\max} = \Delta_{\min} + \frac{n+1}{n} \cdot \frac{\Delta}{2}.$$

Тогда допуск посадки для каждой группы

$$\Delta'_{\max} - \Delta^1_{\min} = \frac{\delta_{\text{o}} - \delta_{\text{в}}}{n} = \frac{\Delta}{n}.$$

Следовательно, если без группового подбора деталей допуск посадки в сочленении был равен $\Delta_{\max} - \Delta_{\min}$, то теперь для каждой группы сочленяющихся деталей он становится в n раз меньше.

Рассмотрим числовой пример группового подбора. Диаметр охватывающей поверхности (отверстия) детали $120^{+0,06}_{+0,002}$ мм, диаметр охватываемой поверхности (вала) $120^{+0,16}_{+0,02}$. Из допусков на обработку обеих деталей можно определить, что зазор в различных сочленениях указанных деталей изменяется от $+0,28$ до $+0,18$ мм. Если разделить поля допусков каждой детали на три интервала по $0,02$ мм, то допуски посадок для всех групп сочленений будут равны $0,04$ мм, а посадки без подбора — $0,1$ мм (табл. 1.6). Если требуется еще бóльшая точность посадки, количество размерных групп увеличивают.

Таблица 1.6

Допуски для трех групп деталей при селективной сборке

| Группа | Втулка | | Вал | | Зазор | | Допуск посадки |
|--------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------|------------|----------------|
| | Верхнее отклонение | Нижнее отклонение | Верхнее отклонение | Нижнее отклонение | Наибольший | Наименьший | |
| Первая | 120,06 | 120,04 | 119,84 | 119,82 | 0,24 | 0,20 | 0,04 |
| Вторая | 120,04 | 120,02 | 119,82 | 119,80 | 0,24 | 0,20 | 0,04 |
| Третья | 120,02 | 120,00 | 119,80 | 119,78 | 0,24 | 0,20 | 0,04 |

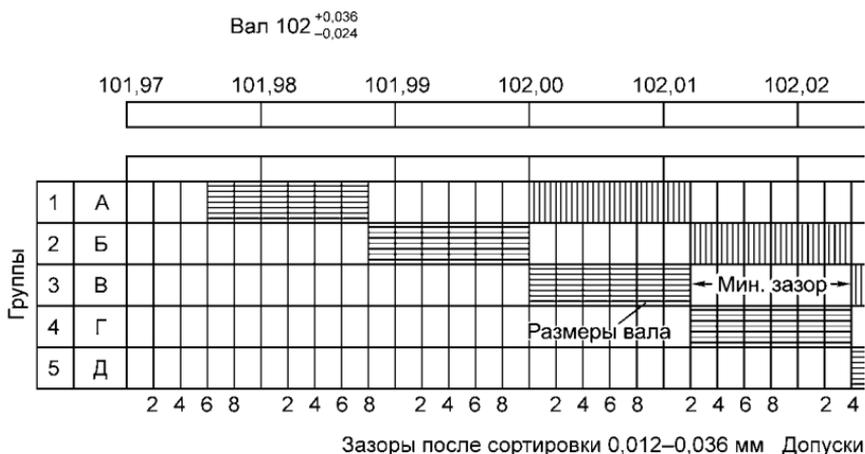
Допуски на размеры сопрягаемых деталей при их рассортировке на размерные группы целесообразно устанавливать, пользуясь диаграммами. Одна из таких диаграмм для рассортировки валов и втулок на пять групп показана на рис. 1.11.

Рассортировка охватывающих и охватываемых деталей на размерные группы связана с существенным недостатком, заключающимся в том, что значительное количество этих деталей, нередко до 30...40%, остается без применения, так как сопряжение их друг с другом не отвечает установленным требованиям точности.

Чтобы добиться большего количества собираемых изделий, существуют различные способы. Один из них состоит в том, что при рассортировке пределы допуска для групп деталей с большими частотами сужают, а для парных, наоборот, расширяют. При этом площади, ограниченные соответствующими кривыми распределения, должны быть примерно одинаковы. Кроме того, увеличивают число групп сортировки. Таким образом объем незавершенного производства можно уменьшить примерно в два раза.

Повышение точности обработки одной из деталей в случае селективной сборки не способствует росту точности сопряжения; при сортировке на две группы оно вообще не дает эффекта, а при большем числе групп оказывает отрицательное влияние. Если необходимо повысить точность





сопряжения, то валы обрабатывают на один квалитет грубее (обычно для 4-го и 5-го квалитетов), чем отверстия.

После рассортировки каждая группа охватывающих и охватываемых деталей получает соответствующую одинаковую буквенную, цифровую или цветовую маркировку.

На заводах крупносерийного и массового производства детали рассортировывают при помощи сортировочных автоматов, производительность которых нередко достигает нескольких тысяч деталей в час, а точность сортировки — 0,5 мкм.

Например, автомат типа ОКБ-Л103К1 для контроля и сортировки поршневых пальцев непрерывно измеряет наружный диаметр пальца в трех сечениях и по наибольшему размеру сортирует детали на четыре размерные группы через 2,5 мкм. Одновременно с измерением диаметров контролируется конусность, бочкообразность и седлообразность. Работа автомата основана на индуктивном методе. Величина тока изменяется в зависимости от размеров пальца, что вызывает срабатывание одного из реле, и контролируемый палец направляется на лоток соответствующей размерной группы.

Полуавтомат конструкции НИИ «Тракторсельхозмаш» сортирует золотники гидрораспределителей по диаметру шейки на 20 размерных групп с интервалом 4 мкм. В схеме использован индуктивный метод контроля в сочетании

перед сборкой взвешивают и распределяют на 4...5 групп так, чтобы разница их масс не превышала указанных величин.

В мелкосерийном производстве для этих целей пользуются специальными приспособлениями типа весов с широкой шкалой для сравнения проверяемых поршней с эталонным поршнем по массе. Шкалу обычно разделяют на несколько зон относительно центрального положения стрелки, исходя из установленных пределов допускаемых отклонений масс в каждой зоне. Помещая поршень на весы, по отклонению стрелки определяют, к какой зоне он относится, и сортируют поршни по группам, соответствующим зонам шкалы весов. Поршни, массы которых лежат вне пределов, установленных на шкале, подвергают соответствующей корректировке. Приспособления для взвешивания снабжают фрезерными головками, которые позволяют, не снимая деталь, подогнать ее массу фрезерованием до требуемой величины. Глубина фрезерования и количество снимаемого металла нередко устанавливаются автоматически, так как приближение детали к фрезе определяется избытком ее массы.

В крупносерийном и массовом производствах детали по массе сортируют на автоматах. Поршни поступают из накопителя автоматически, их взвешивают, при этом данные поступают в запоминающее устройство. На основании информации из блока памяти на позициях подгонки с бобышек поршней фрезеруется соответствующее количество металла с точностью ± 2 г. В конце установки производится вторичное, контрольное взвешивание и, в случае обнаружения погрешности, отбраковка соответствующих деталей.

Автоматы для взвешивания шатунов позволяют определять разницу масс на каждом конце контролируемого шатуна и шатуна-эталона. Для удобства сравнения взвешиваемых шатунов с эталоном и рассортировки их на весовые группы шкалы указателей делят на соответствующее (три-пять) число зон. Когда шатун подается на автомат, сразу определяется та зона, которой соответствуют массы на каждом его конце.

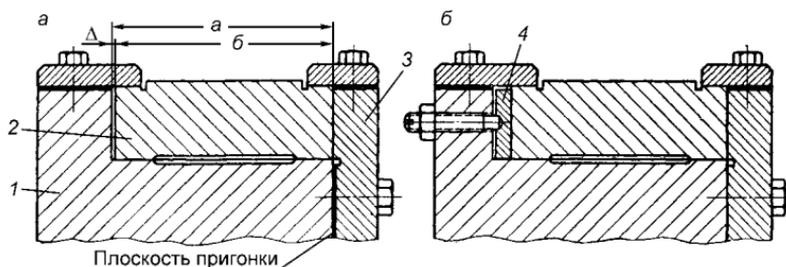


Рис. 1.12
Узлы, точность сборки которых достигают
посредством пригонки (а) и компенсатора (б)

Недостатками сборки по методу подбора деталей являются ограниченная взаимозаменяемость, необходимость создания в цехе излишних запасов деталей, а также некоторое повышение трудоемкости и стоимости сборки из-за времени, затрачиваемого на сортировку. Несмотря на это, подбор деталей следует считать для многих конструктивных узлов основным методом, допускающим получение необходимой точности сборки при экономической точности обработки сопрягаемых деталей. Используя этот метод, можно исключить в собираемом механизме зазоры на верхнем и нижнем пределах, повысив качество сборки и долговечность соединения в условиях эксплуатации.

Для достижения собираемости многих узлов машин и механизмов метод пригонки деталей по месту широко применяется в машиностроении (особенно в тяжелом, транспортном и некоторых других его отраслях).

При сборке по методу пригонки необходимая точность в сопряжении достигается изменением размера одной из деталей узла с помощью слесарной или механической обработки. Другие сопряженные детали изготавливают по допускам, выгодным для данного производства.

На рис. 1.12а показан узел крепления ползуна. Размерная цепь для этого узла $\Delta = a - b$. Однако для достижения требуемой точности посадки (сохранения зазора Δ в установленных пределах) размеры a и b должны иметь жесткие допуски. Учитывая громоздкость деталей 1 и 2, добиваться высокой точности посадки часто оказывается

экономически нецелесообразно, поэтому зазор Δ при сборке выдерживается пригонкой планки 3.

На практике до начала пригонки определяют погрешность замыкающего звена, затем снятием соответствующего слоя металла на звене эту погрешность устраняют.

Пригоночные работы в процессе сборки увеличивают трудоемкость сборки и трудно поддаются учету заранее. Это усложняет сборку, нарушает ее ритм и нередко является причиной неудовлетворительного качества сборочных работ. Кроме того, операции пригонки, связанные со снятием стружки, вызывают попадание посторонних частиц в ранее собранные и установленные сборочные единицы, и поэтому требуется дополнительная затрата времени на их промывку, а нередко разборку и принятие дополнительных мер, чтобы исключить попадание посторонних предметов в сборку. Метод пригонки широко применяют главным образом в индивидуальном и мелкосерийном производствах, однако и в условиях серийного производства многих машин объем пригоночных работ в настоящее время, к сожалению, еще значителен.

Вместо пригонки деталей в ряде случаев бывает намного удобнее и выгоднее достигать требуемой посадки введением в цепь сменного звена — компенсатора, имеющего различные размеры. Например, на рис. 1.12б показано, как допуск посадки может быть выдержан при любых размерах деталей перемещением планки 4. При помощи компенсаторов в узлах и механизмах можно регулировать линейные размеры в плоских размерных цепях с параллельными звеньями, угловые размеры или устранить влияние несоосности.

Использование компенсатора предусматривается конструкцией. С учетом этого производится решение размерных цепей узла или механизма. Распространенными являются цельные неподвижные компенсаторы, комплекты компенсирующих прокладок одинаковой толщины и комплекты разной толщины. В первом случае при решении размерной цепи находят параметры комплекта компенсатора, количество ступеней размеров, число компенсаторов на каждой ступени, обеспечивающее требуемую

точность сборки данной партии изделий, точность самих компенсаторов. Во втором и третьем случаях определяют толщину каждой прокладки и допуск на этот размер, а также количество необходимых прокладок. Расчеты ведут преимущественно на основе теории вероятностей с допущением определенного риска появления брака (обычно 0,27%). Расчеты эти трудоемки, поэтому целесообразно пользоваться номограммами.

Комплекты прокладок делают из листового металла различной толщины. Такие компенсаторы применяют при регулировке зазоров в зацеплении конических зубчатых колес, в конических роликоподшипниках, подшипниках скольжения и многих других узлах машин. Применение компенсаторов увеличивает число деталей в машине и поэтому несколько усложняет конструкцию, но это обычно не отражается на стоимости машины, так как благодаря компенсирующим устройствам ускоряется сборка и снижаются затраты на механическую обработку. При наличии компенсатора детали могут быть изготовлены по значительно расширенным допускам, в то же время точность сопряжений, особенно при подвижном компенсаторе, достигается довольно высокая.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ЛИНЕЙНОЙ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ

Задача.

Обеспечить требуемую величину зазора A_{Δ} между торцами червячного колеса и проставочного кольца редуктора (рис. 1.13).

Для выполнения служебного назначения редуктора необходимо, чтобы минимальная величина замыкающего звена — зазора A_{Δ} — была равна 0 мм, а максимальная — 0,4 мм.

Расчеты размерной цепи выполняют в следующей последовательности:

1. Исходя из поставленной задачи устанавливают номинальную величину, координату середины поля допуска Δ_0 и величину допуска T_{Δ} замыкающего звена.

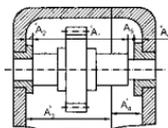


Рис. 1.13
Схема
размерной
цепи
редуктора

Верхнее $\Delta_{вА\Delta}$ и нижнее $\Delta_{нА\Delta}$, предельные отклонения замыкающего звена, равны 0,4 и 0 мм соответственно.

Тогда

$$\begin{aligned} T_{A\Delta} &= \Delta_{вА\Delta} - \Delta_{нА\Delta} = \Delta_0; \\ \Delta_{0A\Delta} &= 0,2 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Следовательно, $A_{\Delta} = 0^{+0,4}$ мм.

2. Строят размерную цепь (рис. 1.13); выявляются размеры, влияющие на величину A_{Δ} .

3. Рассчитывают номинальные размеры всех звеньев:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i; \quad A_{\Delta} = -\bar{A}_1 - \bar{A}_2 + \bar{A}_3 + \bar{A}_4 - \bar{A}_5.$$

Задача математически неопределенна, так как число неизвестных в $(m - 1)$ раз превышает число имеющихся уравнений (одно уравнение).

В данном случае из технической документации на редуктор

$$\begin{aligned} A_1 &= 280 \text{ мм;} \\ A_2 &= A_5 = 11 \text{ мм;} \\ A_3 &= 182 \text{ мм;} \\ A_4 &= 120 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Алгебраическая сумма (с учетом передаточных отношений ξ_i) номинальных размеров составляющих звеньев должна быть равна номинальному размеру замыкающего звена: $A_{\Delta} = 0$.

4. Рассчитывают среднюю величину допуска составляющего звена:

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{A\Delta}}{|\xi_i|(m-1)} = 0,086 \text{ мм.}$$

Приведенные в п.п. 1...4 положения являются общими для расчета размерной цепи любым из пяти известных методов.

Выбирают метод достижения требуемой точности замыкающего звена, экономичный в данных производственных условиях.

МЕТОД ПОЛНОЙ
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ (МПВ)

Дальнейший расчет в примере выполняют в предположении, что производство редукторов массовое.

1. Составляем таблицу, в которую по ходу расчета размерной цепи заносим все данные (табл. 1.7).

2. Корректируем (на основе технико-экономических предположений) и устанавливаем допуск на размер каждого из составляющих звеньев размерной цепи.

Задача определения допусков составляющих звеньев математически неопределенна, так как число неизвестных в $(m - 1)$ раз больше числа имеющихся уравнений (одно):

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T_{Ai}.$$

Распределение допуска замыкающего звена $T_{A\Delta}$ между составляющими звеньями можно произвести способом попыток, способом равных допусков и способом одного качества.

В рассматриваемом примере номинальные размеры составляющих звеньев лежат в широком диапазоне — от 11 до 280 мм. Назначение равных допусков на все звенья приведет к большой разнице в качествах, и, следовательно, к большим различиям в условиях обеспечения этих допусков. Поэтому в данном случае более приемлем

Таблица 1.7

Расчет размерной цепи методом полной взаимозаменяемости

| Звено | Номинальный размер звена, мм | Допуск, T_{Ai} , мм | Координаты середины поля допуска, Δ_{0Ai} , мм | Передаточное отношение, ξ_{Ai} | Предельные отклонения размеров звена, мм | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|---|------------------------------------|--|-----------------------|
| | | | | | верхнее Δ_{vAi} | нижнее $\Delta_{нAi}$ |
| A_{Δ} | 0 | 0,4 | +0,2 | — | +0,4 | 0 |
| A_1 | 280 | 0,11 | -0,055 | -1 | 0 | -0,11 |
| A_2 | 11 | 0,04 | -0,02 | -1 | 0 | -0,04 |
| A_3 | 182 | 0,12 | +0,06 | +1 | +0,12 | 0 |
| A_4 | 120 | 0,09 | +0,045 | +1 | +0,09 | 0 |
| A_5 | 11 | 0,04 | -0,02 | -1 | 0 | -0,04 |

способ одного качества: принимаем, что все составляющие размеры (звенья) выполнены по одному качеству и допуск составляющих звеньев зависит только от их номинального размера.

Средний квалитет a_c составляющих звеньев в числах единиц допуска (коэффициент точности) находим из выражения:

$$a_c = \frac{T_{A\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} i_{Ai}} = \frac{T_{Ai}}{\sum_{i=1}^{m-1} (0,45\sqrt[3]{A_{\Pi}} + 0,001A_{\Pi})},$$

где $A_{\Pi} = \sqrt{A_{\max} A_{\min}}$ — среднее геометрическое интервала размеров, мм.

Определяем величину $i = 0,45\sqrt[3]{A} + 0,001A_{\Pi}$ для каждого составляющего звена (табл. 1.8):

$$i_{A1} = 3,22 \text{ мкм}; i_{A2} = i_{A5} = 1,08 \text{ мкм}; \\ i_{A3} = 2,89 \text{ мкм}; i_{A4} = 2,17 \text{ мкм}.$$

Тогда $a_c = 38$.

Сопоставляем значение $a_c = 38$ с количеством единиц допусков по квалитетам (табл. 1.9). Получается, что рассчитанное значение a_c близко к числу единиц допуска по

Таблица 1.8

Значения коэффициента i
для определения числа единиц допуска на размер

| Интервал размера, мм | i | Интервал размера, мм | i | Интервал размера, мм | i |
|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|
| < 3 | 0,55 | 18...30 | 1,29 | 120...180 | 2,66 |
| 3...6 | 0,73 | 30...50 | 1,51 | 180...250 | 2,39 |
| 6...10 | 0,89 | 50...80 | 1,78 | 250...315 | 2,97 |
| 10...18 | 1,06 | 80...120 | 2,17 | 315...400 | 3,15 |
| | | | | 400...500 | 3,47 |

Таблица 1.9

Число единиц допуска a_c для квалитетов 5...17

| Квалитет | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----------|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| a_c | 7 | 10 | 16 | 25 | 40 | 64 | 100 | 160 | 250 | 400 | 640 | 1 000 | 1 600 |

9-му качеству ($a_c = 40$). Принимаем допуски на составляющие звенья размерной цепи A как для основных валов и отверстий по 9-му качеству.

Назначив допуски (см. табл. 1.10) по 9-му качеству на звенья A_2 и A_5 — как для основных валов, а на звенья A_3, A_4 — как для основных отверстий, получим

$$T_{A_2} = T_{A_5} = 0,043 \text{ мм}; T_{A_3} = 0,115 \text{ мм}; T_{A_4} = 0,087 \text{ мм}$$

или, округляя,

$$T_{A_2} = T_{A_5} = 0,04 \text{ мм}; T_{A_3} = 0,12 \text{ мм}; T_{A_4} = 0,09 \text{ мм}.$$

Допуск на звено A_1 вычисляем из основного уравнения:

$$T_{A_1} = T_{A\Delta} - (T_{A_2} + T_{A_3} + T_{A_4} + T_{A_5}); T_{A_1} = 0,11 \text{ мм}.$$

Полученный допуск на размер A_1 находим между допусками 8-го (0,081 мм) и 9-го (0,13 мм) квалитетов.

Таким образом, на все составляющие звенья размерной цепи назначены экономически приемлемые для условий массового производства редукторов допуски. Если необходимо обеспечить точное соответствие допусков всех составляющих звеньев квалитетам по ГОСТ 25346-82, на звено A_1 следовало бы назначить допуск по 8-му качеству — 0,081 мм.

3. Назначаем и рассчитываем координаты середин полей допусков всех составляющих звеньев.

Задача также математически неопределенна, так как неизвестных в $(m - 1)$ раз больше числа имеющихся уравнений (одно уравнение):

$$\Delta_{0A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai} \Delta_{0Ai}.$$

В рассматриваемом примере, располагая допуски относительно номинала, как для основных валов, так и для отверстий получим

$$\bar{\Delta}_{0A_2} = \bar{\Delta}_{0A_5} = -0,02 \text{ мм}; \bar{\Delta}_{0A_3} = +0,06 \text{ мм}; \bar{\Delta}_{0A_4} = +0,045 \text{ мм}.$$

Координату звена A_1 определяем из основного уравнения:

$$\bar{\Delta}_{0A_1} = -\bar{\Delta}_{0A_2} + \bar{\Delta}_{0A_3} + \bar{\Delta}_{0A_4} - \bar{\Delta}_{0A_5} - \Delta_{0A\Delta} = -0,055 \text{ мм}.$$

Значения допусков,

| Интервалы размера, мм | Квалитет | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| | 01 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| > 3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 |
| 3...6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 |
| 6...10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 |
| 10...18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 |
| 18...30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 |
| 30...50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 |
| 50...80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 |
| 80...120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 |
| 120...180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 |
| 180...250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 |
| 250...315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 |
| 315...400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 |
| 400...500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 |

4. Выполняем проверку правильности расчетов допусков и координат середин полей допусков составляющих звеньев:

$$\Delta_{\text{вАЛ}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0A_i} + \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \frac{T_{A_i}}{2};$$

$$\Delta_{\text{нАЛ}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0A_i} - \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \frac{T_{A_i}}{2}.$$

Подставив значения из табл. 1.10, получим

$$\Delta_{\text{вАЛ}} = 0,4 \text{ мм}; \quad \Delta_{\text{нАЛ}} = 0,42 \text{ мкм}.$$

Так как расчетные значения предельных отклонений исходного звена совпадают с заданными (см. п.п. 1 и 2), то расчет допусков и координат середин полей допусков выполнен правильно.

5. Рассчитываем предельные отклонения по уравнениям (цифровые значения см. в табл. 1.10):

Таблица 1.10

МКМ

| Квалитет | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--------|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 | 1000 |
| | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 | 1200 |
| | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 | 1500 |
| | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 | 1800 |
| | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 | 2100 |
| | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 | 2500 |
| | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 | 3000 |
| | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 | 3500 |
| | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 | 4000 |
| | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 | 4600 |
| | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 | 5200 |
| | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 | 57 700 |
| | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 | 6300 |

$$\Delta_{\text{в}Ai} = \Delta_{0Ai} + \left(\frac{T_{Ai}}{2}\right);$$

$$\Delta_{\text{н}Ai} = \Delta_{0Ai} - \left(\frac{T_{Ai}}{2}\right).$$

6. Рассчитываем предельные размеры по уравнениям

$$A_{i\max} = A_i + \Delta_{\text{в}Ai}; \quad A_{i\min} = A_i + \Delta_{\text{н}Ai}.$$

Получаем:

$$A_{1\max} = 280 \text{ мм}; \quad A_{1\min} = 279,89 \text{ мм}; \quad A_1 = 280_{-0,11} \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{5\max} = 11 \text{ мм}; \quad A_{2\min} = A_{5\min} = 10,96 \text{ мм};$$

$$A_2 = A_5 = 11_{-0,04} \text{ мм};$$

$$A_{3\max} = 182,12 \text{ мм}; \quad A_{3\min} = 182 \text{ мм}; \quad A_3 = 182^{+0,12} \text{ мм};$$

$$A_{4\max} = 120,09 \text{ мм}; \quad A_{4\min} = 120 \text{ мм}; \quad A_4 = 120^{+0,09} \text{ мм}.$$

МЕТОД НЕПОЛНОЙ
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ (МНП)

Предполагается, что производство редукторов массовое.

1. Составляем расчетную таблицу (табл. 1.11).

Примечание. Для всех звеньев коэффициент относительного рассеяния $\lambda_{Ai}^1 = 1/9$.

2. Устанавливаем допустимый процент риска P . Для условий массового производства, когда детали изготавливают по методу автоматического получения размеров на настроенных станках, принимают $P = 0,27\%$. Тогда коэффициент риска $t_\Delta = 3$.

3. Определяем (выбираем) предполагаемые законы распределения каждого из звеньев.

Полагая, что детали редуктора изготавливают в больших количествах на настроенных станках (см. п. 2) при нормальном ходе технологического процесса, принимаем, что рассеяние размеров всех звеньев размерной цепи подчиняется закону Гаусса.

Тогда коэффициенты относительного рассеяния равны

$$\lambda_{A1}^1 = \lambda_{A2}^1 = \lambda_{A3}^1 = \lambda_{A4}^1 = \lambda_{A5}^1 = 1/9.$$

4. Рассчитываем среднюю величину допуска (см. также п. 2 МПВ). При назначении допусков одного качества

Таблица 1.11

Расчет размерной цепи методом неполной взаимозаменяемости

| Звено | Номинальный размер звена, мм | Допуск, T_{Ai} , мм | Координаты середины поля допуска, Δ_{0Ai} , мм | Передаточное отношение, ξ_{Ai} | Предельные отклонения размеров звена, мм | |
|-------------|------------------------------|-----------------------|---|------------------------------------|--|------------------------|
| | | | | | верхнее, $\Delta_{вAi}$ | нижнее, $\Delta_{нAi}$ |
| A_Δ | 0 | 0,4 | +0,2 | — | +0,4 | 0 |
| \bar{A}_1 | 280 | 0,21 | +0,095 | -1 | +0,2 | -0,01 |
| \bar{A}_2 | 11 | 0,07 | -0,035 | -1 | 0 | -0,07 |
| \bar{A}_3 | 182 | 0,27 | +0,135 | +1 | +0,27 | 0 |
| \bar{A}_4 | 120 | 0,18 | +0,09 | +1 | +0,18 | 0 |
| \bar{A}_5 | 11 | 0,07 | -0,035 | — | 0 | -0,07 |

Примечание. Для всех звеньев коэффициент относительного рассеяния $\lambda_{Ai}^1 = 1/9$.

в общем случае расчет аналогичен расчету при реализации метода полной взаимозаменяемости:

$$a_c = \frac{T_{A\Delta} k_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} \sqrt{(0,45\sqrt[3]{A_i} + 0,001A_i)^2 k_i}},$$

где k_{Δ} и k_i — коэффициенты относительного рассеяния замыкающего и составляющих звеньев ($\lambda'_i = \kappa_i^2 / t_i^2$) соответственно.

Исходя из предположения, что рассеяние размеров замыкающего и составляющих звеньев происходит по закону Гаусса, получим $k_{\Delta} = k_i = 1$.

Следовательно, a_c в данном случае будет иметь то же значение, что и при расчете по методу полной взаимозаменяемости (см. п. 2 МПВ).

Для решения поставленной задачи определим значение среднего допуска T'_{cp} , расширенного по сравнению со средним допуском, полученным при расчете по методу полной взаимозаменяемости:

$$T'_{cp} = \frac{T_{\Delta}}{t_{\Delta} \xi_i \sqrt{\lambda_i^1 (m-1)}} = 0,179 \text{ мм.}$$

5. На основе технико-экономической целесообразности корректируем и устанавливаем расширенный допуск на размер каждого составляющего звена.

Учитывая, что при расчете размерной цепи A по методу полной взаимозаменяемости допуски на составляющие звенья $A_2 = A_5$ были назначены по 9-му качеству, допуски на размеры A_2, A_3, A_4, A_5 назначают по 10-му качеству:

$$T'_{A2} = T'_{A5} = 0,07 \text{ мм; } T'_{A3} = 0,185 \text{ мм; } T'_{A4} = 0,14 \text{ мм.}$$

На звено A_1 допуск вычисляют из уравнения:

$$T_{A\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai}^2 \lambda_A^1 (T'_{Ai})^2},$$

откуда $T_{A1} = 0,31$ мм.

Этот допуск на звено $A_1 = 280$ мм приближается к допуску по 11-му качеству (0,32 мм).

Возможно, в конкретных условиях производства редукторов нет необходимости назначать столь широкий допуск на размер A_1 . Целесообразнее расширить допуски на звенья A_3 и A_4 , так как точность по этим размерам сравнительно трудно обеспечить при обработке резанием.

Предпримем вторую попытку корректировки допусков на составляющие звенья. Расширим допуск на звено A_4 сверх ранее назначенного допуска по 10-му качеству. Получим

$$T''_{A4} = 0,18 \text{ мм.}$$

На звенья A_1, A_2, A_5 назначим допуски по 10-му качеству и получим

$$T''_{A1} = 0,21 \text{ мм; } T''_{A2} = m''_{A5} = 0,07 \text{ мм.}$$

Допуск на звено A_3 вычислим из основного уравнения:

$$T''_{A3} = 0,27 \text{ мм.}$$

Этот допуск приближается к допуску 11-го качества (0,290 мм). Следовательно, распределение допусков по второму варианту можно считать более приемлемым (табл. 1.11).

6. Назначаем и рассчитываем координаты середин полей допусков всех составляющих звеньев.

Руководствуясь изложенными в п. 2 МПВ соображениями, назначаем

$$\bar{\Delta}''_{0A2} = \bar{\Delta}''_{0A5} = -0,035 \text{ мм; } \bar{\Delta}''_{0A3} = +0,135 \text{ мм; } \bar{\Delta}''_{0A4} = +0,09 \text{ мм.}$$

На звено A_1 координату середины допуска определяем из основного уравнения:

$$\bar{\Delta}''_{0A1} = -\bar{\Delta}''_{0A2} + \bar{\Delta}''_{0A3} + \bar{\Delta}''_{0A4} - \bar{\Delta}''_{0A5} - \Delta_{0A\Delta} = +0,095 \text{ мм.}$$

7. Проверяем правильность расчетов допусков и координат середин полей допусков составляющих звеньев:

$$\Delta_{вA\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai} \Delta_{0Ai} + t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai}^2 \lambda_A^1 \left(\frac{T_{Ai}}{2} \right)^2};$$

$$\Delta_{нA\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai} \Delta_{0Ai} - t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai}^2 \lambda_A^1 \left(\frac{T_{Ai}}{2} \right)^2}.$$

Расчеты дали следующие результаты:

$$\Delta_{\text{в}\Delta} = 0,4 \text{ мм}; \Delta_{\text{н}\Delta} = 0.$$

Так как расчетные значения предельных отклонений исходного звена совпадают с заданными, приходим к выводу, что расчет допусков и координат середин полей допусков выполнен правильно.

8. Рассчитываем предельные отклонения (см. п. 5 МПВ и табл. 1.11).

9. Находим предельные размеры.

Рассчитывая предельные размеры аналогично расчету, изложенному в п. 6 МПВ, получаем размеры всех составляющих звеньев с предельными отклонениями, которые и проставляют на чертежах соответствующих деталей:

$$A_1 = 280^{+0,20}_{-0,01}; A_2 = A_5 = 11_{-0,07}; A_3 = 182^{+0,27}; A_4 = 120^{+0,18}.$$

МЕТОД ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ (МГВ)

Предполагается, что производство редукторов является крупносерийным.

1. Рассчитываем среднюю величину производственного (расширенного) допуска:

$$T'_{\text{ср}} = nT_{\text{ср}}.$$

Примем, что расширение в три раза среднего значения производственного допуска $T_{\text{ср}}$, рассчитанного по методу полной взаимозаменяемости (см. п. 5), обеспечит возможность установить на все составляющие звенья размерной цепи экономически приемлемые допуски в условиях крупносерийного производства.

Тогда

$$T_{\text{ср}}^{\prime 1} = 3 \cdot 0,08 = 0,24 \text{ мм}; T_{\Delta}^{\prime 1} = nT_{\Delta} = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ мм}.$$

2. Устанавливаем расширенные допуски на размеры всех составляющих звеньев. При расчете и назначении допусков должно быть соблюдено условие равенства сумм допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:



$$\sum_{i=1}^k |\xi_{ii}| \bar{T}_i = \sum_{k+1}^{m-1} |\xi_{ii}| \bar{T}_i.$$

В нашем случае

$$T_{\Delta\Delta}^1 = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_{Ai}| T^1_{Ai}; \quad \bar{T}'_{A3} + \bar{T}'_{A4} = 0,5T_{\Delta\Delta}.$$

Рассмотрим первое из этих уравнений:

$$\bar{T}'_{A1} + \bar{T}'_{A2} + \bar{T}'_{A5} = 0,5T_{\Delta\Delta} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ мм.}$$

Попробуем назначить допуски на звенья A_1, A_2, A_5 по 11-му качеству:

$$\bar{T}'_{A1} = 0,32 \text{ мм}; \quad \bar{T}'_{A2} = \bar{T}'_{A5} = 0,11 \text{ мм.}$$

Тогда

$$\bar{T}'_{A1} + \bar{T}'_{A2} = 0,32 + 2 \cdot 0,11 = 0,54 \text{ мм.}$$

Доведем сумму этих допусков до 0,6 мм, при этом все допуски должны быть кратны числу групп (три):

$$\bar{T}''_{A1} = 0,36 \text{ мм}; \quad \bar{T}''_{A2} = \bar{T}''_{A5} = 0,12 \text{ мм,}$$

тогда

$$\bar{T}''_{A1} + \bar{T}''_{A2} = 0,36 + 2 \cdot 0,12 = 0,60 \text{ мм.}$$

Рассмотрим вторую сумму:

$$\bar{T}'_{A3} + \bar{T}'_{A4} = 0,5T_{\Delta\Delta} = 0,6 \text{ мм.}$$

Ввиду близости номиналов звеньев A_3 и A_4 приравняем соответствующие допуски:

$$\bar{T}'_{A3} = \bar{T}'_{A4},$$

тогда

$$2\bar{T}'_{A3} = 0,6 \text{ мм}; \quad \bar{T}'_{A3} = \bar{T}'_{A4} = 0,3 \text{ мм.}$$

Допуск на звено $A_3 = 182$ мм несколько превышает допуск 11-го качества (0,29 мм), а допуск на размер $A_4 = 120$ мм находится между допусками 11-го и 12-го качества. Таким образом, на все составляющие звенья $A_1 \dots A_5$ установлены экономически приемлемые расширенные допуски.

3. Устанавливаем допуски и координаты их середин для деталей каждой группы (табл. 1.12).

Таблица 1.12

Допуски и координаты их середин для трех групп деталей

| Группа | $\Delta_{0,A1}$ при $T_{A1} = 0,12$ | $\Delta_{0,A2}$ при $T_{A2} = 0,04$ | $\Delta_{0,A3}$ при $T_{A3} = 0,10$ | $\Delta_{0,A4}$ при $T_{A4} = 0,10$ | $\Delta_{0,A5}$ при $T_{A5} = 0,04$ | $\Delta_{0,A6}$ при $T_{A6} = 0,12$ |
|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | -0,06 | -0,02 | +0,05 | +0,05 | -0,02 | +0,20 |
| 2 | +0,06 | +0,02 | +0,15 | +0,15 | — | +0,20 |
| 3 | +0,18 | +0,06 | +0,25 | +0,25 | +0,06 | +0,20 |

Таблица 1.13

Размеры деталей по группам

| Группа | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 |
|--------|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 280 _{-0,06} | 11 _{-0,02} | 182 ^{+0,05} | 120 ^{+0,05} | 11 _{-0,02} | 0 ^{+0,4} |
| 2 | 280 ^{+0,12} | 11 ^{+0,04} | 182 ^{+0,15} | 120 ^{+0,015} | 11 ^{+0,04} | 0 ^{+0,4} |
| 3 | 280 ^{+0,18} | 11 ^{+0,06} | 182 ^{+0,25} | 120 ^{+0,25} | 11 ^{+0,06} | 0 ^{+0,4} |

При назначении координат середин полей допусков необходимо соблюдать условие:

$$T'_\Delta = \sum_{i=1}^{m-2} |\xi_i| T'_i.$$

С увеличением номера группы координата середины поля допуска данного звена возрастает на величину допуска соответствующего звена.

Например:

I группа:

$$\Delta'_{0,A1} = -0,045 \text{ мм};$$

II группа:

$$\Delta''_{0,A1} = \Delta'_{0,A1} + T_{A1} = -0,045 + 0,09 = +0,045 \text{ мм};$$

III группа:

$$\Delta'''_{0,A1} = \Delta''_{0,A1} + T_{A1} = +0,045 + 0,09 = +0,135 \text{ мм}.$$

4. Рассчитываем предельные отклонения размеров всех составляющих звеньев размерной цепи (см. п. 5 МПВ).

5. Находим предельные размеры всех составляющих звеньев размерной цепи. Расчеты выполняем аналогично

п.п. 6 МПВ и 9 МНВ. Размеры всех составляющих звеньев с предельными отклонениями по трем группам приведены в табл. 1.6.

Из таблицы следует, что детали должны быть изготовлены с размерами

$$A_1 = 280_{-0,06}^{+0,18}; A_2 = A_5 = 11_{-0,02}^{+0,06}; A_3 = 182_{+0,05}^{+0,25}; A_4 = 120_{+0,05}^{+0,25}.$$

Сортировка деталей на три группы производится в соответствии с размерами, указанными в табл. 1.13.

МЕТОД ПРИГОНКИ (МП)

Предполагается, что производство редуктора является мелкосерийным.

1. В качестве компенсирующего выбираем звено A_5 — толщину прокладки, изменение размера которой можно просто и с высокой точностью осуществить, например, путем шлифования торца на плоскошлифовальном станке.

2. Устанавливаем экономичные в данных условиях (мелкосерийное производство) допуски на размеры всех составляющих звеньев (по 11-му качеству):

$$T'_{A1} = 0,32 \text{ мм}; T'_{A2} = T'_{A5} = 0,11 \text{ мм};$$

$$T'_{A3} = 0,29 \text{ мм}; T'_{A4} = 0,22 \text{ мм}.$$

Таблица 1.14

Расчет размерной цепи методом пригонки

| Звено | Номинальный размер звена, мм | Допуск, T_{Ai} , мм | Координаты середины поля допуска, Δ_{0Ai} , мм | Передаточное отношение, ξ_{Ai} | Предельные отклонения размеров звена, мм | |
|-------------|------------------------------|-----------------------|---|------------------------------------|--|------------------------|
| | | | | | верхнее, $\Delta_{вAi}$ | нижнее, $\Delta_{нAi}$ |
| A_4 | 0 | 0,4 | +0,2 | — | +0,4 | 0 |
| \bar{A}_1 | 280 | 0,32 | -0,16 | -1 | 0 | -0,32 |
| \bar{A}_2 | 11 | 0,11 | -0,055 | -1 | 0 | -0,11 |
| \bar{A}_3 | 182 | 0,29 | +0,145 | +1 | +0,29 | 0 |
| \bar{A}_4 | 120 | 0,22 | +0,11 | +1 | +0,22 | 0 |
| \bar{A}_5 | 11 | 0,11 | -0,055 | -1 | — | — |

3. На все звенья назначаем координаты середин полей допусков.

В данном случае назначаем Δ_{0Ai} с таким расчетом, чтобы допуски были расположены как для основных валов и отверстий в системе ISO:

$$\begin{aligned}\Delta'_{0A1} &= -0,16 \text{ мм}; \quad \Delta'_{0A2} = \Delta'_{0A5} = -0,055 \text{ мм}; \\ \Delta'_{0A3} &= +0,145 \text{ мм}; \quad \Delta'_{0A4} = +0,11 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Производственные допуски и координаты их середин заносим в таблицу (табл. 1.14).

4. Рассчитываем наиболее возможную компенсацию:

$$\delta_k = T_{A\Delta}^1 - T_{A\Delta},$$

где

$$T_{A\Delta}^1 = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_{0Ai}| T_{Ai}^1; \quad T_{A\Delta} = 1,05 \text{ мм}.$$

Следовательно,

$$\delta_k = 0,65 \text{ мм}.$$

5. Определяем величину поправки Δ_k , которую необходимо внести в координату середины поля допуска компенсирующего звена A_{5k} , чтобы создать на ней необходимый для пригонки слой материала:

$$\Delta_k = \frac{\delta_k}{2} + \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{0Ai} \Delta'_{Ai} - \Delta_{0A\Delta} = 0,65 \text{ мм}.$$

6. Вносим поправку в координату середины поля допуска компенсирующего звена A_{5k} :

$$\bar{\Delta}_{0A5k} = \bar{\Delta}_{0A5k} + \Delta_k = 0,595 \text{ мм}.$$

7. Рассчитываем предельные отклонения размеров всех составляющих звеньев размерной цепи (табл. 1.14).

8. Находим предельные размеры всех составляющих звеньев (аналогично п. 6 МПВ).

На чертежах детали проставляем следующие размеры:

$$\begin{aligned}A_1 &= 280_{-0,32}; \quad A_2 = 11_{-0,11}; \\ A_3 &= 182^{+0,29}; \quad A_4 = 120^{+0,22}; \quad A_5 = 11^{+0,65}_{+0,54}.\end{aligned}$$

9. Проверяем правильность расчета. Для этого вычисляем предельные размеры исходного звена размерной цепи Δ и сравниваем их с заданными:

$$A_{\Delta}^{\max} = (\bar{A}_3^{\max} + \bar{A}_4^{\max}) - (\bar{A}_1^{\min} + \bar{A}_2^{\min} + \bar{A}_5^{\min}) = 0,4 \text{ мм.}$$

При таком сочетании размеров составляющих звеньев никаких пригоночных работ не потребуется, так как расчетное значение A_{Δ}^{\max} соответствует заданному максимальному значению зазора:

$$A_{\Delta}^{\min} = (\bar{A}_3^{\min} + \bar{A}_4^{\min}) - (\bar{A}_1^{\max} + \bar{A}_2^{\max} + \bar{A}_5^{\max}) = -0,65 \text{ мм.}$$

В этом случае с компенсирующего звена A_5 необходимо снять припуск — от $\leq 0,65$ мм (тогда A_{Δ} будет иметь минимальное допустимое значение $A_{\Delta}^{\min} = 0$) до 1,05 мм (тогда A_{Δ} будет иметь максимальное допустимое значение $A_{\Delta}^{\max} = 0,4$ мм). На компенсирующем звене для этого имеется достаточный слой материала. Следовательно, расчет размерной цепи методом пригонки выполнен правильно.

МЕТОД РЕГУЛИРОВАНИЯ (МР)

Предполагается, что производство редукторов серийное. Конструкцией редуктора предусмотрена возможность решения размерной цепи A методом регулирования с применением неподвижного ступенчатого компенсатора.

1. В качестве компенсирующего выбираем звено A_5 — толщину одной из втулок (см. рис. 1.13).

2. Устанавливаем экономичные в данных производственных условиях допуски на размеры составляющих звеньев (как при расчете по методу пригонки, см. п. 2 МП):

$$T'_{A1} = 0,32 \text{ мм; } T'_{A2} = T'_{A5} = 0,11 \text{ мм;}$$

$$T'_{A3} = 0,29 \text{ мм; } T'_{A4} = 0,22 \text{ мм.}$$

3. Рассчитываем возможную компенсацию δ_k :

$$\delta_k = T'_{A\Delta} - T_{A\Delta}.$$

В размерной цепи компенсации подлежат отклонения звеньев $A_1 \dots A_4$:

$$T'_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-2} |\xi_i| T'_i;$$

тогда

$$\begin{aligned} T'_{A\Delta} &= \bar{T}'_{A1} + \bar{T}'_{A2} + \bar{T}'_{A3} + \bar{T}'_{A4} = \\ &= 0,32 + 0,11 + 0,29 + 0,22 = 0,94 \text{ мм}; \\ \delta_k &= 0,94 - 0,40 = 0,54 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Определяем число ступеней компенсаторов:

$$N = \frac{T'_{A\Delta}}{T_{A\Delta} - T'_{A5}} = \frac{0,94}{0,4 - 0,11} = 3,24.$$

4. Корректируем допуски на звенья A_1, A_2, A_3, A_5 таким образом, чтобы N стало целым числом (равным 3):

$$T''_{A1} = 0,3 \text{ мм}; \quad T''_{A2} = T''_{A5} = 0,1 \text{ мм}; \quad T''_{A3} = 0,28 \text{ мм},$$

тогда

$$T''_{A\Delta} = 0,30 + 0,10 + 0,28 + 0,22 = 0,9 \text{ мм}.$$

Проверяем правильность корректировки допусков на размеры:

$$N = \frac{0,9}{0,4 - 0,1} = 3.$$

5. Рассчитываем величину ступени C в наборе (комплекте) компенсаторов:

$$C = T_{A\Delta} - T''_{A5}; \quad C = 0,40 - 0,10 = 0,3 \text{ мм}.$$

6. Назначаем координаты середин полей допусков всех звеньев. Для упрощения расчета размеров компенсаторов координаты середин полей допусков составляющих звеньев назначают так, чтобы совместить одну из границ расширенного поля допуска замыкающего звена с соответствующей границей его поля допуска, заданного служебным назначением изделия. В связи с этим при совмещении нижних границ полей допусков замыкающего звена необходимо соблюдать следующие условия (методические указания РД 50-635-87):

$$\begin{aligned} \Delta'_{нA\Delta} &= \Delta_{нA\Delta}; \quad \Delta_{нA\Delta} = \Delta'_{нA\Delta} - \frac{T''_{A\Delta}}{2}; \\ \Delta'_{нA\Delta} &= \Delta_{нA\Delta} + \frac{T''_{A\Delta}}{2} = 0 + \frac{0,9}{2} = +0,45 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Назначаем координаты средин полей допусков на размеры звеньев $A_1 \dots A_4$ как для основных валов и отверстий:

$$\begin{aligned}\bar{\Delta}_{0A1}'' &= -0,15 \text{ мм}; & \bar{\Delta}_{0A2}'' &= \bar{\Delta}_{0A5}'' = -0,05 \text{ мм}; \\ \bar{\Delta}_{0A3}'' &= +0,14 \text{ мм}; & \bar{\Delta}_{0A4}'' &= +0,11 \text{ мм}.\end{aligned}$$

В соответствии с уравнением $\Delta_0 = \sum_{i=1}^{m-2} \xi_i \Delta_{0i}$ запишем:

$$\begin{aligned}\Delta'_{0A1} &= -\bar{\Delta}_{0A1}'' + \bar{\Delta}_{0A2}'' + \bar{\Delta}_{0A3}'' - \bar{\Delta}_{0A4}'' = \\ &= 0,15 + 0,05 + 0,14 + 0,11 = +0,45 \text{ мм}.\end{aligned}$$

7. Определяем размеры компенсаторов:

I ступень: $A_{5к-0,1}$, или $11_{-0,1}$;

II ступень: $(A_{5к} + C)_{-0,1} = (11 + 0,3)_{-0,1}$, или $11,3_{-0,1}$;

III ступень: $(A_{5к} + 2C)_{-0,1} = (11 + 0,6)_{-0,1}$, или $11,6_{-0,1}$.

8. Разность в номинальных значениях переносим на координаты средин полей допусков (для сохранения единой величины номинала у компенсаторов всех ступеней):

$$\begin{aligned}\Delta^1_{0A5н} &= \frac{T''_{A5к}}{2} = -0,05 \text{ мм}; \\ \Delta^2_{0A5н} &= \frac{T''_{A5к}}{2} + C = +0,25 \text{ мм}; \\ \Delta^3_{0A5н} &= \frac{T''_{A5к}}{2} + 2C = +0,55 \text{ мм}.\end{aligned}$$

9. Рассчитываем предельные отклонения размеров компенсаторов:

$$\Delta_{вA5н} = \Delta''_{0A5к} + \frac{T''_{A5к}}{2};$$

$$\Delta_{нA5н} = \Delta''_{0A5к} - \frac{T''_{A5к}}{2}.$$

I ступень:

$$\Delta^1_{вA5н} = 0; \quad \Delta^1_{нA5н} = -0,1 \text{ мм}.$$

II ступень:

$$\Delta^2_{вA5н} = +0,3 \text{ мм}; \quad \Delta^2_{нA5н} = +0,2 \text{ мм}.$$

III ступень:

$$\Delta^3_{вA5н} = +0,6 \text{ мм}; \quad \Delta^3_{нA5н} = +0,5 \text{ мм}.$$

Таблица 1.15

Расчет размерной цепи методом регулирования

| Звено | Номинальный размер звена, мм | Допуск, T_{Ai} , мм | Координаты середины поля допуска, Δ_{0Ai} , мм | Передающее отношение, ξ_{Ai} | Предельные отклонения размера звена, мм | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|---|----------------------------------|---|------------------------|
| | | | | | верхнее, $\Delta_{нAi}$ | нижнее, $\Delta_{пAi}$ |
| A_{Δ} | 0 | 0,4 | +0,200 | — | +0,4 | 0 |
| \bar{A}_1 | 280 | 0,30 | -0,150 | -1 | 0 | -0,30 |
| \bar{A}_2 | 11 | 0,10 | -0,050 | -1 | 0 | -0,10 |
| \bar{A}_3 | 182 | 0,28 | +0,014 | +1 | +0,28 | 0 |
| \bar{A}_4 | 120 | 0,22 | +0,110 | +1 | +0,22 | 0 |

10. Устанавливаем предельные размеры компенсаторов (по ступеням):

$$A_{5к}^1 = 11_{-0,1}; A_{5к}^2 = 11_{+0,2}^{+0,3}; A_{5к}^3 = 11_{+0,5}^{+0,6}.$$

11. Находим предельные отклонения размеров составляющих звеньев $A_1 \dots A_4$. Расчет выполняем аналогично п. 5 МПВ. Предельные отклонения приведены в табл. 1.15.

12. Рассчитываем предельные размеры звеньев $A_1 \dots A_4$ (аналогично п. 6 МПВ) и записываем размеры с отклонениями:

$$A_1 = 280_{-0,3}; A_2 = 11_{-0,1}; A_3 = 182_{+0,28}; A_4 = 120_{+0,22}.$$

13. Проверяем правильность расчетов. Для этого вычисляем предельные размеры замыкающего звена размерной цепи:

$$\begin{aligned} A_{\Delta}^{\max} &= (\bar{A}_3^{\max} + \bar{A}_4^{\max}) - (\bar{A}_1^{\min} + \bar{A}_2^{\min}) + \bar{A}_{5к} = \\ &= (182,28 + 120,22) - (279,7 + 10,9) - \bar{A}_{5к} = 11,9 - \bar{A}_{5к}. \end{aligned}$$

Если используем компенсаторы третьей ступени, то

$$\begin{aligned} A_{\Delta}^{\max} &= 11,9 - \bar{A}_{5к}^3 = 11,9 - 11,6 = 0,3 \text{ мм} \\ \text{или } A_{\Delta}^{\max} &= 41,9 - 41,5 = 0,4 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Оба полученных значения соответствуют заданной величине зазора A_{Δ} , который может изменяться от 0 до 0,4 мм, поэтому из размерной цепи

$$A_{\Delta}^{\min} = (\bar{A}_3^{\min} + \bar{A}_4^{\min}) - (\bar{A}_1^{\max} + \bar{A}_2^{\max}) - \bar{A}_{5\text{к}},$$

выполним расчет минимального размера замыкающего звена:

$$A_{\Delta}^{\min} = (182 + 120) - (280 + 11) - \bar{A}_{5\text{к}}; \quad A_{\Delta}^{\min} = 11 - \bar{A}_{5\text{к}}.$$

Используя компенсатор первой ступени, получим

$$A_{\Delta}^{\min} = 11 - 11 = 0 \quad \text{или} \quad A_{\Delta}^{\min} = 11 - 10,9 = 0,1 \text{ мм.}$$

Оба значения A_{Δ}^{\min} находятся в пределах допуска A_{Δ} .

Таким образом, даже при сочетании в одном экземпляре изделия (редуктора) предельных размеров всех составляющих звеньев в наборе имеются компенсаторы, с помощью которых можно обеспечить требуемое значение размера замыкающего звена. Следовательно, расчет выполнен правильно.

ПРИМЕР РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ
В КОНСТРУКЦИЯХ ТРУБОПРОВОДНОЙ
АРМАТУРЫ

При проектировании трубопроводной арматуры наиболее часто рассчитываются сборочные линейные цепи. Расчету подлежат цепи, в которых расположены сальфоны, пружины, мембраны, бурты шпинделя, затворы запорных органов (золотники, тарелки, плунжеры) и др.

Основные задачи при расчетах размерных цепей запорной арматуры:

- для сальфона — определение предельных размеров сальфона как при полностью открытом положении клапана, так и при закрытом. Устанавливают, работает ли сальфон в постоянно сжатом положении и соответствует ли максимально возможный ход затвора техническим данным сальфона;
- для пружины — расчет предельных значений усилий пружины в положении предварительного поджатия и в сжатом положении под действием рабочего усилия;

- для мембраны — выявление возможных предельных значений хода мембраны;
- для бурта шпинделя — определение возможных значений зазоров в осевом направлении и отсутствие условий для защемления бурта;
- для затвора клапана (золотник, тарелка клапана, плунжер) — установление подъема затвора, необходимого для нормальной работы клапана или определения предельных размеров длины сильфона.

Поскольку в арматуре обычно невелика точность изготовления деталей и должна быть обеспечена их полная взаимозаменяемость, задача расчета размерной цепи обычно сводится к определению $A_{\Delta\max}$ и $A_{\Delta\min}$, т. е. к определению предельных размеров замыкающего звена. Расчет размерной цепи выполняется в следующем порядке.

1. Уточняется задача расчета и выделяется замыкающее звено.

2. Для построения размерной цепи используется сборочный чертеж узла или изделия, включающий размерную цепь. Вместо чертежа можно составить эскиз, на котором изобразить рассматриваемую часть конструкции. Детали на эскизе можно выполнять укрупненно, без тех подробностей, которые не имеют значения для расчета цепи, в произвольном масштабе с искажениями некоторых размеров для создания наиболее четкой системы. Некоторые детали, части деталей или зазоры могут быть изображены в увеличенном виде, чрезмерно длинные части укорачивают.

3. По сборочному чертежу или эскизу составляют замкнутую размерную схему, на которой взамен чисел проставляют буквы А, Б, В и т. д. с цифровыми индексами, показывающими порядковый номер размера (см. рис. 1.14, 1.15). Размеры, относящиеся к одной и той же цепи, обозначаются одной и той же буквой, но различаются порядковыми индексами. Для бóльшей четкости проведения работы буквенные размеры на схеме изображают в виде отрезков прямых со стрелкой на одной стороне, обозначающей направление отсчета (см. рис. 1.16, 1.17). Увеличивающий размер отсчитывают слева направо (или снизу вверх) и пишут со знаком «плюс», уменьшающий

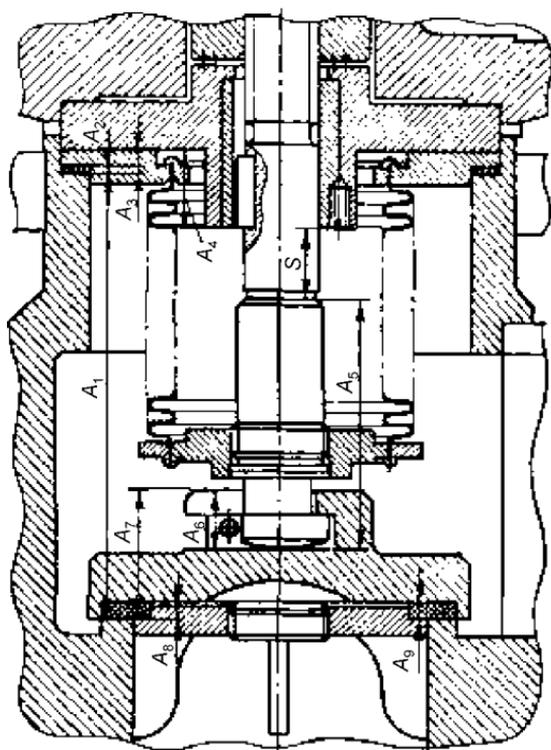


Рис. 1.14

Тарельчатый сильфонный вентиль в закрытом положении

размер отсчитывают справа налево (или сверху вниз) и пишут со знаком «минус». Отсчет необходимо вести последовательно и непрерывно вдоль замкнутого контура размерной цепи (рис. 1.14).

4. Составляют расчетную таблицу, с помощью которой определяют номинальный размер замыкающего звена, его наибольший и наименьший предельные размеры (см. табл. 1.16).

5. Анализируют работоспособность конструкции при предельных размерах замыкающего звена. В случае необходимости производится корректировка размеров и предельных отклонений первичных звеньев цепи.

На рис. 1.14, 1.15 показаны фрагменты конструкции вентиля; звенья размерной цепи обозначены буквой А с

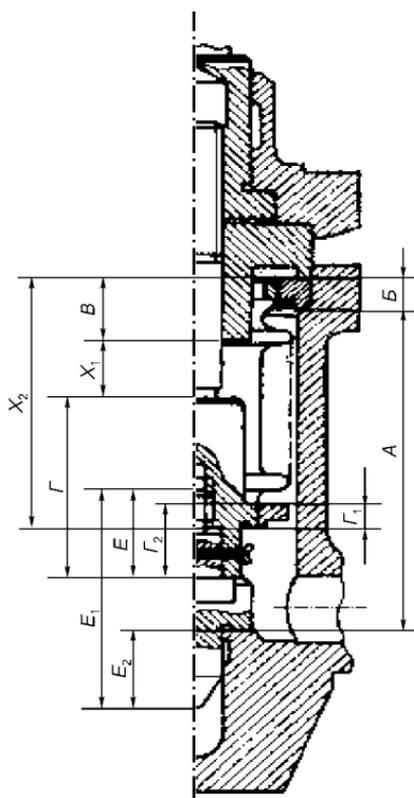


Рис. 1.15

Игольчатый сифонный вентиль
в закрытом положении

соответствующими цифровыми индексами либо другими буквами. Замыкающее звено размерной цепи — ход затвора, предельными положениями которого являются: нижнее положение при закрытом запорном органе вентиля, когда уплотнительное кольцо затвора прижато к седлу, и верхнее положение, которое ограничивается упором бурта шпинделя в крышку. Необходимо определить предельные значения S (ход затвора) или X_1 (ход сифона) в вентиле.

Для этого на основе анализа конструкции строим расчетную схему размерной цепи (рис. 1.16, 1.17) и составляем расчетные таблицы (см. табл. 1.16, 1.17, 1.18). Используя размеры деталей, указ-

занные в детальном чертежах, заполняем графы исходных расчетных данных и определяем сумму величин в каждой графе.

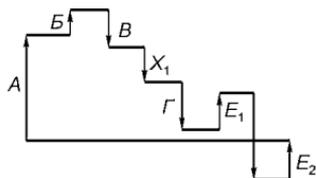


Рис. 1.16

Расчетная схема размерной цепи для определения X_1 (см. рис. 1.15)

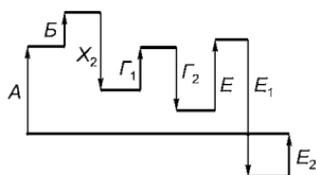


Рис. 1.17

Расчетная схема размерной цепи для определения X_2 (см. рис. 1.15)

Таблица 1.16

К расчету размерной цепи (рис. 1.14) по определению хода затвора и сильфона вентиля

| Наименование чертежа детали или сборки | Исходные данные | | | Расчетные данные | | | | | | |
|---|-----------------|------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | Звенно | Номинальный размер, мм | Обозначение предельных отклонений | | Увеличивающие размеры | | Уменьшающие размеры | | Предельные отклонения | |
| | | | буквенное | цифровое | Номинальный размер | Предельные отклонения | Номинальный размер | Предельные отклонения | | |
| | | | | верхнее | нижнее | верхнее | нижнее | верхнее | нижнее | |
| Корпус (сборка) | A ₁ | 157 | H11 | +0,25 | | 157 | +0,25 | 0 | — | — |
| Прокладка | A ₂ | 2 | h15 | -0,40 | | 2 | 0 | -0,40 | — | — |
| Кольцо сильфона верхнее | A ₃ | 6 | h12 | -0,12 | | 6 | 0 | -0,12 | — | — |
| Втулка переходная (сборка) | A ₄ | 27 | H12 | +0,21 | | — | — | — | 27 | +0,21 |
| Шпindel | A ₅ | 90 | H11 | +0,22 | | — | — | — | 90 | +0,22 |
| Тарелка | A ₆ | 20 | H13 | +0,33 | | 20 | +0,33 | 0 | — | — |
| Тарелка | A ₇ | 45 | h13 | -0,39 | | — | — | — | 45 | 0 |
| Тарелка | A ₈ | 6 | h14 | -0,30 | | 6 | 0 | -0,30 | — | — |
| Кольцо уплотнительное | A ₉ | 6 | h17 | -1,20 | | — | — | — | 6 | 0 |
| Сумма | | | | | | 191 | +0,58 | -0,82 | 168 | +0,43 |
| S = 23 мм; ΔS = +2,17 мм; ΔF = -1,25 мм | | | | | | | | | | |

Таблица 1.17

Расчет предельных размеров хода затвора клапана X_1
(см. рис. 1.14, 1.16)

| Размер | Номинальные размеры | | Расчетные данные | | | |
|--|---------------------|-------------|-----------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
| | увеличивающие | уменьшающие | Отклонения увеличивающих размеров | | Отклонения уменьшающих размеров | |
| | | | верхнее | нижнее | верхнее | нижнее |
| А | 69 | — | +0,2 | 0 | — | — |
| Б | 7 | — | 0 | -0,2 | — | — |
| В | — | 17 | — | — | +0,12 | 0 |
| Г | — | 38 | — | — | 0 | -0,17 |
| Е | 19 | — | +0,42 | -0,42 | — | — |
| Е ₁ | — | 44 | — | — | 0 | -0,34 |
| Е ₂ | 14 | — | +0,24 | 0 | — | — |
| Сумма | 109 | 99 | +0,86 | -0,62 | +0,12 | -0,51 |
| Замыкающий размер | 10 | | +1,37 | | -0,74 | |
| Итог: $X_1 = 10^{+1,37}_{-0,74}$ мм; $X_{1\max} = 11,37$ мм; $X_{1\min} = 9,26$ мм | | | | | | |

Таблица 1.18

Расчет предельных размеров установочной длины сильфона X_2
(см. рис. 1.15, 1.17)

| Размер | Номинальные размеры | | Расчетные данные | | | |
|---|---------------------|-------------|-----------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
| | увеличивающие | уменьшающие | Отклонения увеличивающих размеров | | Отклонения уменьшающих размеров | |
| | | | верхнее | нижнее | верхнее | нижнее |
| А | 69 | — | +0,2 | 0 | — | — |
| Б | 7 | — | 0 | -0,2 | — | — |
| В | 5 | — | 0 | -0,16 | — | — |
| Г | — | 15 | — | — | +0,35 | -0,35 |
| Е | 19 | — | +0,42 | -0,42 | — | — |
| Е ₁ | — | 44 | — | — | 0 | -0,34 |
| Е ₂ | 14 | — | +0,24 | 0 | — | — |
| Сумма | 114 | 59 | +0,86 | -0,78 | +0,35 | -0,69 |
| Замыкающий размер | 55 | | +1,55 | | -1,13 | |
| Итог: $X_2 = 55^{+1,55}_{-1,13}$ мм; $X_{2\max} = 56,55$ мм; $X_{2\min} = 53,87$ мм | | | | | | |



В результате расчета по методике, изложенной выше, определяем номинальный размер замыкающего звена: $AS_{\Sigma} = 23$ мм.

Находим верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$\Delta SA_{\Sigma} = +2,17 \text{ мм}; \Delta IA_{\Sigma} = -1,25 \text{ мм}.$$

Ход тарели

$$A_{\Sigma} = 23_{-1,25}^{+2,17} \text{ мм}.$$

Для игольчатого вентиля получен расчетный ход клапана

$$X_1 = 10_{-0,74}^{+1,27} \text{ мм}.$$

Для определения предельных размеров установочной длины сильфона X_2 в игольчатом вентиле выполнен анализ размерных цепей (рис. 1.17). В результате расчета размерной цепи получена длина сильфона:

$$X_2 = 55_{1,13}^{+1,55} \text{ мм}.$$

На основе изучения материала первой главы студенты старших курсов в период производственной практики при курсовом и дипломном проектировании смогут: общаться с технологами, мастерами и другими работниками базового предприятия «на одном языке»; анализировать техническую документацию и делать правильные выводы при разработке технологических процессов; выполнять расчеты размерных цепей и назначать допуски на размеры деталей, входящих в сборку.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определения следующих понятий: изделие, полуфабрикат, производственный процесс, рабочее место, технологический процесс, проектный техпроцесс, рабочий техпроцесс, единственный техпроцесс, перспективный техпроцесс, маршрутный технологический процесс, операционный технологический процесс, маршрутно-операционный технологический процесс, технологическая операция, вспомогательная операция, технологический переход, вспомогательный переход, рабочий ход, вспомогательный ход, установ, позиция, прием, деталь, сбо-

рочная единица, агрегат, узел, блок, покупное изделие, комплекс, комплект, технологичность конструкции, технологичная конструкция, трудоемкость, трудоемкость фактическая, расчетная (нормированная) трудоемкость, станкоемкость фактическая, станкоемкость расчетная, станкоемкость операции (детали, изделия), норма времени, норма выработки, вид производства, тип производства, объем выпуска, программа выпуска, такт выпуска, темп выпуска, цикл выпуска (технологический, производственный), цикл операционный, цикл изготовления детали, цикл изготовления изделия (расчетный или фактический), величина серии изготовления изделий, партия изделий, коэффициент закрепления операций, дифференциация и концентрация операций.

2. Охарактеризуйте типы производства в зависимости от коэффициента закрепления операций.
3. Чем отличается трудоемкость от нормы времени?
4. Назовите качественные и количественные критерии оценки технологичности конструкции деталей и сборочных единиц.
5. Какая исходная информация анализируется при разработке технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц?
6. Назовите последовательность анализа исходной информации при разработке технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц.
7. Назовите методы сборки и соответствующие им методы расчета размерных цепей. Чем различаются методы расчета размерных цепей?

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ МАШИН

В структуре технологии производства изделий машиностроения сборочные процессы являются завершающим этапом, на котором проявляются погрешности изготовления деталей, комплектующих и приборов.

Сборка является весьма трудоемким процессом. В машиностроении трудоемкость сборочных операций составляет 30...40% от всей трудоемкости изготовления изделий. Величина трудоемкости зависит от сложности изделия и уровня механизации и автоматизации сборочных процессов.

Основными задачами при проектировании технологических процессов сборки являются: обеспечение высокого качества изделий, достижение наибольшей производительности и экономичности на основе повышения уровня автоматизации и механизации процессов, обеспечение конкурентоспособности изделий на мировом рынке.

2.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СБОРКЕ И ФОРМАХ ЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ

При проектировании процессов сборки технолог должен не только разработать техническую документацию, но и продумать форму организации производства в зависимости от его типа. В частности, ему надо определить рациональную последовательность сборки; выбрать методы обеспечения заданной точности изделия; назначить режимы сборки; выбрать инструменты, оснастку, оборудование, средства технического контроля или выдать



задание на их проектирование; установить нормы времени на выполнение сборочных операций; определить способы межоперационной транспортировки изделий; принять участие в проектировании планировки сборочного участка (цеха) и разработать техническую документацию.

Степень углубленности технологических разработок зависит от назначения и вида изделия, типа производства и программы выпуска.

Разработку технологических процессов необходимо выполнять в соответствии со стандартами ЕСТД и ЕСТПП. В качестве составных частей в сборке изделий (по ГОСТ 2.101-68) участвуют детали и сборочные единицы. Здесь приведены только те понятия, касающиеся сборки и форм ее организации, которые имеют некоторые отличия от общих определений, приведенных в главе 1.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс сборки — часть производственного процесса, состоящая из действий по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

Технологический процесс сборки определяет последовательность соединения взаимно ориентируемых составных частей изделия, осуществляя ее заданными методами. Сборка — процесс взаимного ориентирования, установки и закрепления сборочных элементов в одно целое согласно сборочному чертежу и техническим требованиям в целях получения определенной сборочной единицы.

Техпроцесс маршрутного описания сборки и испытания (маршрутный) — техпроцесс, в котором содержание операции излагается без указания переходов и режимов сборки и испытания.

Техпроцесс операционного описания сборки и испытания (операционный) — техпроцесс, в котором содержание операций излагается с указанием переходов и режимов



осуществления соединений сборочными операциями и испытания.

Техпроцесс маршрутно-операционного описания сборки и испытания (маршрутно-операционный) — техпроцесс, в котором содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов сборки и испытания.

Технологический процесс расчленяют на части:

Технологическая операция — законченная часть техпроцесса, выполняемая на одном рабочем месте. Это часть технологического процесса сборки и испытания, выполняемая над определенным объектом (изделием, составной частью) на определенном рабочем месте одним или несколькими рабочими, до перехода к сборке следующего объекта.

Вспомогательная операция — операция в технологическом процессе, носящая вспомогательный характер: транспортировочная, сборочная, слесарная, маркирование, контроль и т. д.

Технологическая операция разделяется на:

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством соединяемых частей сборки, и применяемого инструмента при неизменном режиме работы оборудования.

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования. Эти действия не сопровождаются соединением частей сборки но необходимы для выполнения технологического перехода (установка изделия, его закрепление, смена инструмента и т. д.).

При изменении положения изделия операция состоит из нескольких элементов:

Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении собираемого объекта.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленным собираемым изделием совместно с приспособлением, относительно неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Прием — законченное движение рабочего в процессе выполнения операции. Например, вспомогательный переход «установка изделия на стапель» включает приемы: подвести краном траверсу, закрепить чалки траверсы на изделии, поднять изделие, перенести изделие к стапелю, установить изделие на стапель и закрепить.

Базы при сборке — поверхности, оси и точки, принадлежащие деталям и используемые для придания им требуемого положения.

Базы основные — поверхности детали, которые создают определенность ее положения относительно других деталей, с которыми она соединяется в изделии.

Базы вспомогательные — это поверхности детали, при помощи которых к ней подсоединяются другие детали и создается определенность их положения относительно ее основных баз.

Деталь (сборочная единица), служащая исходной для начала сборочного процесса любого объекта, называется *базовой*. Своей основной базой она совмещается с установочной базой сборочного приспособления или станда. Ось ее основной базы — основная базовая ось.

Сборочные работы классифицируют по следующим признакам (см. рис. 2.1).

По методу сборки: полная и частичная (неполная), селективная (групповая), подгонка по месту и компенсация.

По виду получаемых сборочных единиц:

а) *общая сборка* — готовое изделие, полученное путем соединения между собой всех деталей и сборочных единиц;

б) *блочная* — узловая сборка, в процессе которой получают узлы, т. е. сборочные единицы, на отдельных законченных этапах процесса сборки. Узлы, как правило, могут выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения и только совместно с другими составными частями;

в) *агрегатная* сборка, в результате которой получается сборочная единица, отличающаяся автономностью, т. е. способностью работать вне данного изделия, а также возможностью ее сборки независимо от других составных частей изделия и полной взаимозаменяемостью.

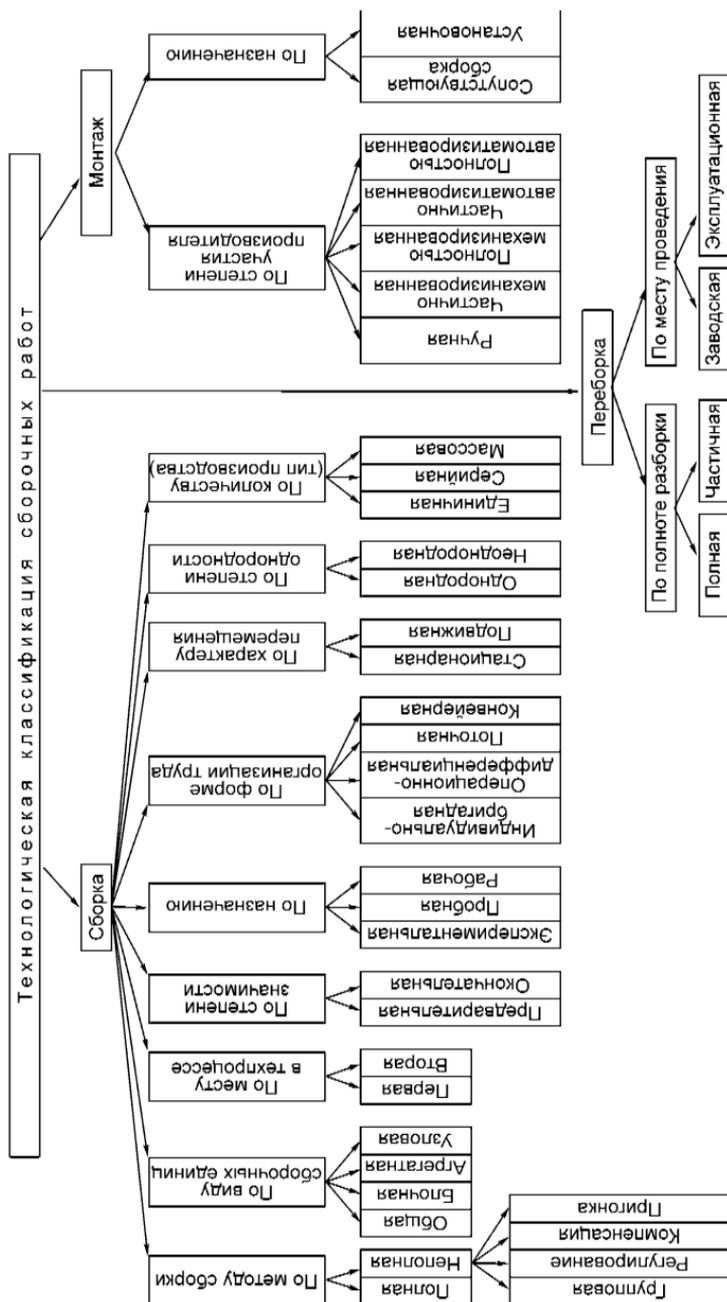


Рис. 2.1
Классификация сборочных работ

По характеру работ:

а) *механическая сборка*, связанная с получением механических изделий;

б) *электромонтажная сборка* — сборка токопроводящих систем и магнитных цепей изделия.

По форме организации процесса:

а) *индивидуально-бригадная сборка*. Все работы от начала до конца выполняет один сборщик или бригада. Обычно применяется в единичном и опытном производствах на стационарных рабочих местах, работы ведутся последовательно либо параллельно. В этом случае вначале собирают узлы (агрегаты) изделия, затем выполняют общую сборку. Длительность процесса зависит от числа сборщиков, одновременно или последовательно выполняющих сборку:

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^k t_{yi} + t_o}{n},$$

где k — число собранных частей изделия; t_{yi} — трудоемкость сборки отдельных частей ($i = 1 \dots k$); t_o — общая трудоемкость сборки; n — число сборщиков в бригаде.

При параллельной сборке работы выполняет бригада. Сборщики одновременно собирают все узлы изделия, затем бригада производит общую сборку. Тогда

$$T_c = \frac{t_{ei}}{n_i} + \frac{t_o}{n},$$

где n_i — число сборщиков, занятых на сборке частей изделия.

К недостаткам этого вида сборки относятся: большое суммарное время сборки; необходимость высокой квалификации сборщиков; небольшая производительность; высокие затраты на ТСО; большие производственные площади в связи с крупным объемом незавершенного производства;

б) *операционно-дифференциальная сборка*. Технологический процесс разбивают на самостоятельные операции (технологическое разделение труда), и их выполняют



определенные сборщики на всех собираемых объектах. Применяют в серийном и массовом производстве.

По сравнению с предыдущей формой организации эта сборка имеет не только преимущества, но и недостатки: увеличиваются затраты на организацию операционной сборки, усложняется планирование и учет;

в) *поточная сборка*. Все операции по сборке изделия имеют одинаковую либо кратную трудоемкость, строго связаны между собой и образуют комплексы, позволяющие создать поточные линии для реализации технологического процесса. Поточная линия — это ряд взаимосвязанных рабочих мест (оборудования, ступеней, столов и др.) для сборки, расположенных прямолинейно. Их число зависит от сложности собираемого объекта. Поточную сборку характеризует непрерывность исполнения, обеспечиваемая согласованностью операций во времени (имеют одинаковый либо кратный такт выпуска). Такт выпуска — временной интервал, через который периодически производится выпуск изделия определенного наименования, типоразмера и исполнения (мин/шт.):

$$\tau = \frac{60\Phi\eta}{N},$$

где Φ — фонд рабочего времени для выполнения программного задания, ч; η — коэффициент потерь рабочего времени (0,96...0,98); N — программное задание, шт.

Темп выпуска — число изделий, собираемых в единицу времени (шт./мин):

$$R = \frac{1}{\tau}.$$

Различают следующие виды конвейерной сборки:

- пульсирующая — сборочные тележки с объектами сборки остаются неподвижными на всех рабочих местах в течение такта выпуска, затем перемещаются на следующее рабочее место;
- непрерывная — конвейер перемещается с постоянной скоростью.

Конвейерная сборка экономична, однако требует больших затрат на ее организацию, четкого снабжения и оперативного управления.

По характеру перемещения:

а) при *подвижной сборке* объект после выполнения операции перемещают на следующее рабочее место. Перемещение может быть непрерывным и прерывным (дискретным);

б) *стационарную сборку* применяют как исключение для трудно транспортируемых изделий.

По количеству собираемых изделий (по типу производства):

а) единичная сборка имеет коэффициент закрепления операций $k_3 \geq 40$;

б) серийный тип производства (мелкосерийный — $k_3 = 20 \dots 40$; серийный — $k_3 = 10 \dots 20$; крупносерийный $k_3 = 5 \dots 10$).

Серийную сборку осуществляют на производстве с ограниченной номенклатурой собираемых изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Основным принципом этого производства является изготовление всей партии (серии). В серийном производстве технологический процесс распределен на отдельные операции, которые закреплены за определенным специализированным оборудованием, приспособлениями и инструментом. Количество смен влияет на потребность в оборудовании и производственных площадях, а также на объем выпуска;

в) массовая сборка ($k_3 = 1 \dots 4$) отличается от крупносерийного типа производства большей дифференциацией, механизацией и автоматизацией операций на рабочих местах. Используются поточная и конвейерная формы организации процесса сборки.

По степени участия исполнителей:

а) ручная сборка;

б) частично или полностью механизированная сборка;

в) частично или полностью автоматизированная сборка.

Другие виды сборочных работ (см. рис. 2.1) не требуют пояснений.

2.2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Технологический процесс сборки является завершающим и потому наиболее ответственным этапом производственного цикла. Надежность и долговечность изделия, его важнейшие параметры в значительной степени определяются уровнем технологии и качеством сборки. В процессе сборки выявляются многие дефекты предшествующих технологических процессов, а также связанная со сборкой технологичность конструкции изделия. Отступления от основных требований технологии сборки, предусмотренных соответствующей документацией, как правило, служат причиной выхода изделия из строя при эксплуатации.

Сборочный процесс отличается сложностью. Объектами сборки являются более сложные изделия, чем детали и заготовки. Соответственно возрастает число выходных параметров (геометрических, кинематических, электрических и др.), подлежащих соблюдению. Сопутствующие сборке физические явления (деформация детали, контактные напряжения и др.) сложны и мало изучены, что затрудняет расчеты ожидаемой точности и обеспечение заданных значений параметров. Рабочие движения при сборке настолько многообразны, что воспроизведение их в автоматических сборочных системах затруднено, а подчас и невозможно. Этим объясняется низкий уровень механизации сборочных работ.

Относительно высокая трудоемкость сборки связана с низкой степенью механизации. Высокие требования к качеству порождают необходимость тщательной подготовки деталей и составных частей (промывка, очистка, комплектация и т. п.) и контроля параметров изделия. Немаловажную роль имеют окончательные испытания изделия, когда выявляются все дефекты, допущенные при изготовлении деталей и общей сборке. С развитием техники повышаются требования к точности сборочных параметров, надежности соединений, качеству изделия в целом, обеспечиваемому в процессе сборки. Одной из главных и неотложных

задач производства в современных условиях становятся механизация и автоматизация сборочных процессов.

Следует также отметить, что технологический процесс сборки, как завершающий и наиболее ответственный этап изготовления изделия, требует общей культуры производства, а ее поддержание составляет одну из важных задач технологов на предприятиях.

2.3. ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

На рис. 2.2 представлена укрупненная схема разработки и совершенствования технологического процесса сборки.

Анализ исходной информации для разработки технологического процесса сборки выполняют в соответствии с п. 1.3 главы 1.



Рис. 2.2

Этапы разработки технологического процесса сборки

2.3.1. СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ЦИКЛОГРАММЫ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Для выбора организационной формы сборочных работ с заданным объемом выпуска необходимо правильно распределить конструкцию изделия на сборочные единицы и комплектующие детали, группы деталей, агрегаты и узлы. Поэтому при анализе технологичности конструкции изделия технолог не только определяет возможность изготовления изделия в данных производственных условиях и критически оценивает его работоспособность исходя из опыта изготовления аналогичных конструкций, но и продумывает варианты рациональной организации сборки. Для этого составляют графическую схему сборки и временную циклограмму.

Рассмотрим, например, порядок выполнения схемы сборки масляного насоса (рис. 2.3).

Масляный насос является основным узлом системы смазывания компрессора, обеспечивающим подачу смазывающего материала к шатунным подшипникам (вкладышам больших головок шатунов) и другим парам трения компрессора. Насос обеспечивает непрерывную циркуляцию масла при работе компрессора.

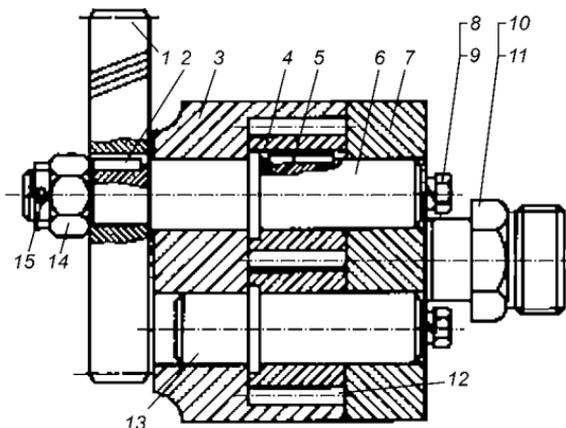


Рис. 2.3
Масляный насос:

1 — приводная шестерня; 2 — шпонка; 3 — корпус насоса; 4 — ведущая шестерня; 5 — шпонка; 6 — ведущий валик; 7 — крышка; 8 — шайба; 9 — болт; 10 — прокладка; 11 — штуцер; 12 — ведомая шестерня; 13 — ведомый валик; 14 — гайка; 16 — шплинт.

В поршневых компрессорах используют масляные насосы шестеренного типа, нагнетающие масло при вращении двух стальных шестерен 4 и 12 (рис. 2.3), одна из которых расположена на ведущем валике 6, другая — на ведомом 13. Шестерни 4 и 12 приводятся во вращение с помощью зубчатой передачи 1 от коленчатого вала компрессора. Ведущий и ведомый валики одной из своих цилиндрических цапф вставляются в отверстие в корпусе 3 насоса, другой цапфой — в отверстие крышки 7. Насос закачивает масло через фильтр приемника (фильтр грубой очистки), подсоединенный к штуцеру 11, со дна блок-картера и подает его к масляному фильтру (фильтру тонкой очистки) и далее.

Технические требования к сборке насоса. Основное техническое требование, предъявляемое к масляному насосу, — обеспечение при заданной частоте вращения ведущего валика требуемой подачи при соответствующем давлении нагнетания. Например, для масляных насосов на масле ХА-23 подача должна быть не менее $0,33 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с}$ (20 л/мин) при давлении нагнетания не менее 0,6 МПа. Одно из условий выполнения данного требования — тщательная сборка насоса, обеспечивающая минимум утечек. Насос должен работать легко и плавно, без заеданий и в собранном виде прокручиваться рукой.

Все детали, поступающие на сборку, должны быть изготовлены в соответствии с рабочим чертежом, очищены, промыты и приняты отделом технического контроля. Перед сборкой детали обдувают сжатым воздухом и протирают хлопчатобумажными салфетками. Поверхности, работающие в условиях трения, смазывают маслом.

Сборку масляного насоса начинают с подгонки и установки призматической шпонки в шпоночный паз ведущего валика. После этого на валик и шпонку надевают ведущую шестерню до упора в буртик валика. Шестерню следует устанавливать вручную, при этом удары не допускаются. Проверяют «утопание» буртика ведущего валика в торцовой выточке шестерни. Буртик не должен выступать над торцом шестерни. Проверку проводят визуально на просвет.

Аналогичным образом устанавливают шестерню на ведомый валик. Валики с надетыми шестернями поочередно

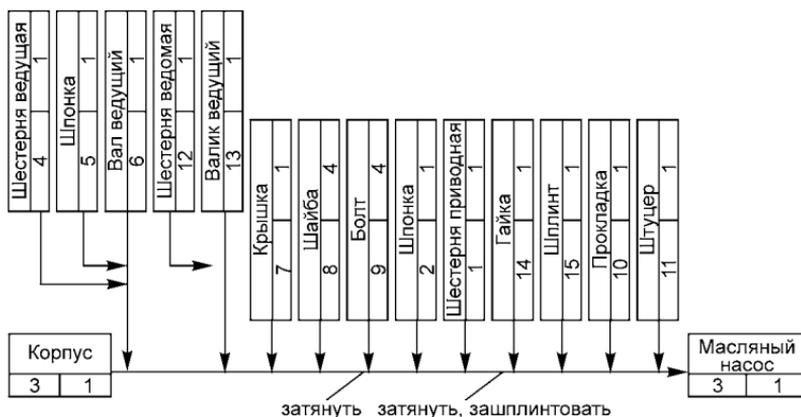


Рис. 2.4
Технологическая схема сборки масляного насоса

устанавливают цапфенными частями в соответствующие отверстия в корпусе насоса. Проверяют легкость вращения шестерен, отсутствие касания зубьев шестерен со стенками насоса. Если зубья шестерен задевают за стенки корпуса, выясняют причину этого и устраняют ее слесарными методами. Посадочные части валиков перед сборкой смазывают маслом. Шестерни не должны выступать за торец корпуса насоса. Проверяют легкость вращения шестерен, находящихся в зацеплении. Ставят крышку насоса и крепят ее к корпусу болтами, установленными на пружинные шайбы.

Устанавливают шпонку приводной шестерни, прижимают ее к торцу ведущего валика с помощью гайки. Окончательное закрепление приводной шестерни и контровка гайки с помощью шплинта производятся после регулировки приводной зубчатой передачи на общей сборке компрессора.

Ввертывают штуцер, устанавливаемый на прокладке.

После сборки вновь проверяют легкость и плавность вращения валиков, отсутствие касания зубьев с корпусом.

Собранный масляный насос испытывают на специальном испытательном стенде для проверки его основных технических характеристик. Затем разрабатывают графическую схему сборки, где сборочные элементы изображают в виде прямоугольников и располагают в последовательности введения их в изделие (рис. 2.4). Каждый элемент

изделия обозначен прямоугольником, в котором указано наименование элемента, его номер и количество собираемых в этот момент элементов.

Разработка технологической схемы начинается с определения базовой детали (или сборочной единицы). Правильно выбранный базовый сборочный элемент должен наилучшим образом определять положение других сборочных единиц в изделии. От прямоугольника — базовой детали до прямоугольника, изображающего готовое изделие, проводят горизонтальную линию. Над ней в порядке последовательности сборки располагают прямоугольники, условно изображающие детали, а ниже — прямоугольники, условно изображающие сборочные единицы.

Здесь же даются необходимые указания сборщику по регулировке, смазке, соединению и пр. Для каждой сборочной единицы (первого, второго и более высоких порядков) можно построить аналогичные схемы.

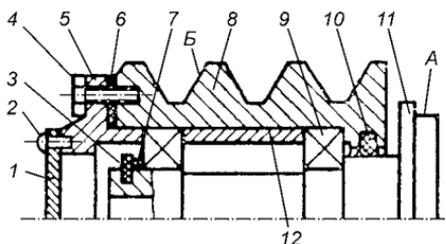
Технологическая схема сборки является основой для проектирования технологического процесса сборки. Расположением сборочных элементов на схеме определяется последовательность их поступления на сборку.

Аналогично разработана технологическая схема на сборку ступицы (см. рис. 2.5, 2.6).

Далее разрабатывают технологические временные схемы — циклограммы (см. рис. 2.7), где указывают очередность поступления сборочных элементов на сборку, дают особые технологические указания по выполнению отдельных сборочных операций и др. Время выполнения перехода устанавливают, используя опытно-статистические нормы при изготовлении аналогичных изделий, которые корректируют в процессе разработки технологического

Рис. 2.5
Эскиз ступицы:

1 — крышка; 2 — винт (4 шт.);
3 — кольцо стопорное; 4 — винт
(4 шт.); 5 — фланец; 6 — проклад-
ка; 7 — кольцо компенсацион-
ное; 8 — шкив; 9 — подшипник
(2 шт.); 10 — кольцо уплотнител-
ное; 11 — ступица; 12 — втулка.



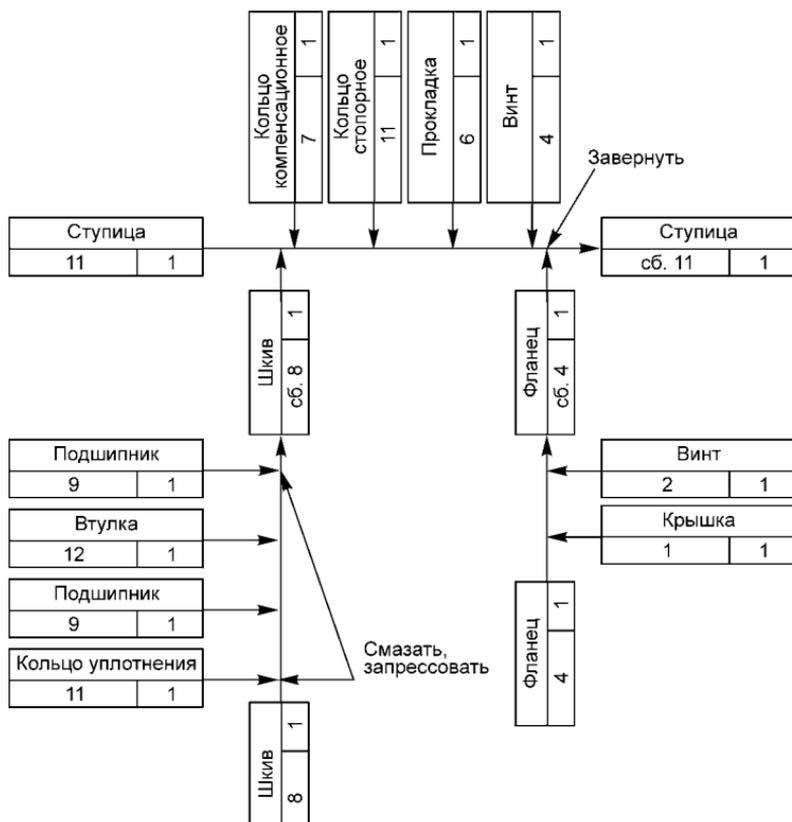


Рис. 2.6
Технологическая схема сборки ступицы

процесса и его освоения на различных этапах производства. Циклограммы сборки дают представление о такте выпуска изделия, технологическом цикле, возможности организации параллельного выполнения работ, а также позволяют контролировать и направлять ход сборочного процесса, использовать ЭВМ для комплектования изделия и своевременной подачи элементов на сборочные участки.

Маршрутное описание технологического процесса (МТП) представляет собой план сборки, определяющий последовательность выполнения операций с указанием мест их осуществления. Выполняется на маршрутных картах (МК). Название операций должно быть написано в сжа-

2.4. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Сборка является заключительным и определяющим этапом производственного процесса, обеспечивающим технические характеристики изделий и их качество. В сборочном производстве механизировано менее 25% сборочных операций, автоматизировано менее 6%. Автоматизация — безальтернативный путь решения проблемы повышения производительности труда, технического уровня и качества выпускаемой продукции.

2.4.1. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

Анализ развития машиностроительного производства показывает, что в совершенствовании различных технологических процессов производства изделий допущены значительные диспропорции, в результате чего ручные операции при сборке мало механизированы и автоматизированы и занимают большой удельный вес в общей структуре трудоемкости производства машин.

Вместе с тем имеется ряд причин, которые сдерживают уровень механизации и автоматизации сборочных операций и общей сборки:

- сложность и многообразие конструктивных форм сборочных единиц, затрудняющих создание автоматов;
- многообразие рабочих движений и приемов, необходимых для выполнения сборки, что вызвано разнообразием конструкций изделий, применяемых типов соединений и методов их осуществления;
- нетехнологичность конструкций изделий, связанная с тем, что на этапе изготовления установочной партии отработка конструкции на технологичность ведется для ручной сборки;
- недостаточная изученность физических явлений, сопутствующих сборочным операциям (упругопластический контакт и деформации, погрешности в многозвенных размерных цепях и пр.);
- частые конструкторские изменения и сменяемость изделий.



Развитие автоматизации ведется по трем направлениям: автоматизация отдельных операций; автоматизация технологических процессов; комплексная автоматизация производства изделий. Выбор того или иного направления автоматизации обусловлен масштабами и стабильностью производства продукции, а также конструктивно-технологическими особенностями изделия.

Сборочные параметры изделий характеризуются высокой точностью, поэтому механизация и автоматизация процесса сборки может применяться на отдельных, наиболее трудоемких операциях.

Для перехода к автоматической сборке необходимы:

- тщательная проработка технологичности конструкции изделия с точки зрения возможности автоматической сборки (поиск простых соединений, выбор баз для установки, замена болтов винтами и т. д.);
- пересмотр методов обеспечения заданной точности сборки с целью избежания пригонки, селективного подбора и регулировки при сборке;
- использование типовых конструкций и соединений, типовых техпроцессов сборки;
- выбор рациональной компоновки конструкции изделия.

Вместе с тем следует рассчитывать экономическую целесообразность механизации и автоматизации производственных процессов.

2.4.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА

Механизацией и автоматизацией охватывают в первую очередь наиболее трудоемкие операции, связанные с токсичностью, монотонные и утомительные:

- подготовительные операции (расконсервация, промывка, сортировка и т. д.);
- питание деталями рабочей зоны (загрузка в бункер, первичная ориентация, накопление деталей в магазине, поштучная выдача в рабочую зону, установка и ориентация в исходной сборочной позиции, закрепление);
- сборка — соединение деталей;

- контроль и регулировка сборочных параметров (геометрических, гидравлических и т. д.);
- удаление собранного узла или изделия;
- учет, консервация, упаковка и складирование.

Наиболее сложными и трудоемкими элементами технологического процесса сборки являются операции ориентации и соединения (55...85% всего объема сборочных работ).

Первичная ориентация производится в бункерах, применяемых при автоматизации:

- с жестким базированием, когда нужна повышенная точность по сопрягаемым и базовым поверхностям;
- с упругим базированием. Одна из сопрягаемых деталей жестко закрепляется, вторая свободно совершает поисковые (сканирующие) движения и устанавливается в нужном положении с помощью механических вибраторов, электромагнитов, радиальных пружин и др.

Использование специальных бункеров для сборки возможно, если:

- конструктивные формы допускают первичную ориентацию в бункере;
- захват и устойчивое положение при транспортировке исключает самосцепление деталей;
- масса деталей не более 2...3 кг и габариты менее 100 мм. В других случаях применяют кассеты и магазины, а при габаритах деталей свыше 250 мм используют роботы-манипуляторы;
- прочность и жесткость достаточны, чтобы исключить повреждение.

Сопряжение прямых цилиндрических поверхностей с зазором возможно при соблюдении условия

$$\omega_{\Delta} \leq \delta_o,$$

где ω_{Δ} — модуль вектора ϖ_{Δ} суммарной погрешности взаимного положения осей (смещения и наклона) сопрягаемых деталей, равный расстоянию между осями в плоскости, перпендикулярной направлению рабочего движения сборки; δ_o — радиальный зазор в соединении.

Для сборки соединений с натягом применяют направляющие элементы встраиванием нагревательных либо

охлаждающих устройств, а также электромагнитных сборочных устройств.

Для механизации сборки резьбовых соединений используют гайковерты и тарированные ключи, многошпиндельные гайковерты и автоматы.

При выполнении сварочных работ автоматизируют следующие операции: при точечной сварке — многоточечную сварку; при электродуговой — формирование швов; при электроннолучевой — регулировку электрических параметров луча в сочетании с механизацией перемещения изделия; при сварке трением автоматизируют осевое усилие, время сварки и скорость вращения.

Затруднены процессы автоматизации при подготовке деталей и сборочных единиц под пайку, очистке деталей перед сборкой, металлизации при покрытии сложных поверхностей.

Несмотря на большую работу по автоматизации сборки, проводимую ранее в стране, еще не созданы полностью надежные автоматические линии с большим числом сборочных машин. Сборочные системы с роботами дороги и малонадежны, а длительность операций в 10...12 раз превосходит ручную конвейерную сборку в комбинации с механизацией и автоматизацией отдельных операций.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определения следующих понятий: технологический процесс сборки, маршрутное описание технологического процесса, маршрутно-операционное описание технологического процесса, операционное описание технологического процесса, технологический переход, вспомогательный переход, установ, позиция, прием, базы при сборке.
2. Назовите этапы разработки технологического процесса.
3. Дайте классификацию методов сборки.
4. Определите цель разработки графических схем сборки и циклограмм и расскажите о последовательности такой разработки.
5. Назовите особенности механизации и автоматизации процессов сборки. Приведите примеры.



ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Этапы разработки технологического процесса изготовления деталей показаны на рис. 3.1.

Анализ исходных данных для проектирования техпроцессов изготовления деталей выполнять по методу, изложенному в главе 1.

3.1. ВЫБОР ВИДА, СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ И ФОРМЫ ЗАГОТОВОК

Для изготовления деталей используют различные виды заготовок: прокат (круглый, фасонный, листовой), поковки, отливки, комбинированные заготовки (штампосварные) и т. д.

Заготовкой в машиностроении называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхностей и /или материала изготавливают деталь.

Литьем получают заготовки практически любых размеров от простой до очень сложной конфигурации практически из всех металлов и сплавов. Качество *отливки* зависит от условий кристаллизации металла в форме, определяемых способом литья. В некоторых случаях внутри стенок отливок возможно образование дефектов (усадочных рыхлот, пористости, горячих и холодных трещин), которые обнаруживаются только после черновой механической обработки.





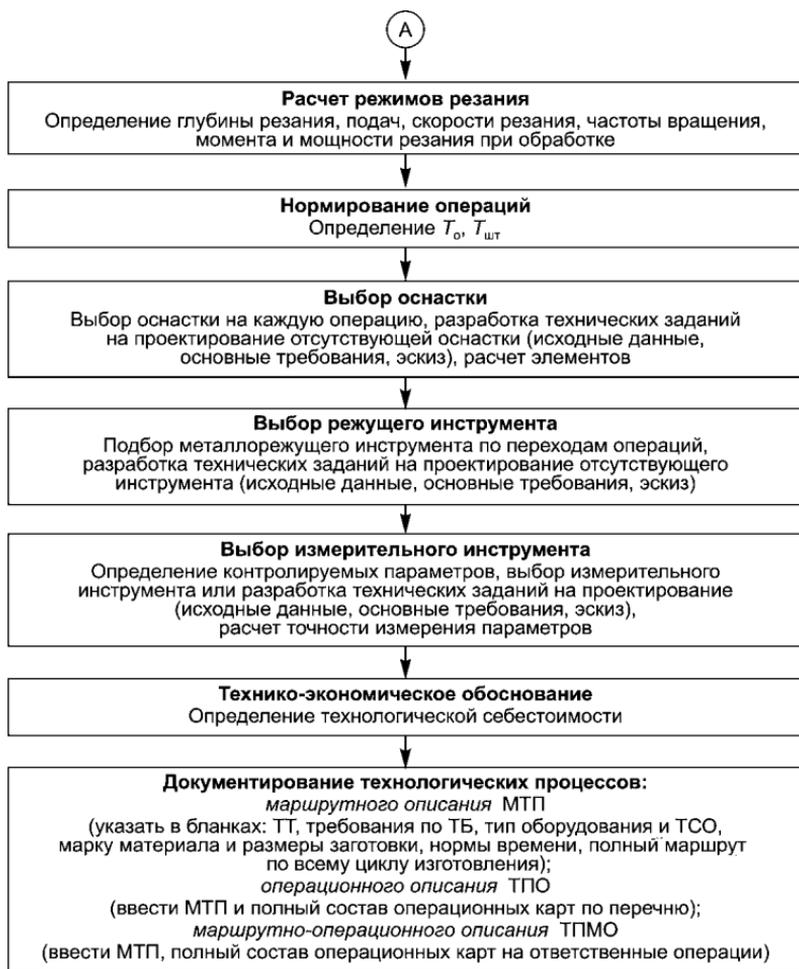


Рис. 3.1

Этапы разработки технологического процесса обработки детали

Обработкой металлов давлением получают кованные и штампованные заготовки, а также машиностроительные профили. Ковка применяется в единичном, мелкосерийном производстве, а также при изготовлении очень крупных, уникальных заготовок и заготовок с особо высокими требованиями к объемным свойствам материала. Штамповка позволяет получить заготовки, близкие по

конфигурации к готовой детали. Механические свойства заготовок, полученных обработкой давлением, выше, чем у литых. Машиностроительные профили изготавливают прокаткой, прессованием, волочением.

Заготовки из проката применяют в единичном и серийном производствах. Прокат выбранного профиля резкой превращают в штучные (мерные) заготовки, из которых последующей механической обработкой изготавливают детали. Совершенство заготовки определяется близостью выбранного профиля проката поперечному сечению детали (с учетом припусков на обработку).

Сварные и комбинированные заготовки производят из отдельных составных элементов, соединяемых между собой с помощью различных способов сварки. В комбинированной заготовке, кроме того, каждый составной элемент представляет собой самостоятельную заготовку соответствующего вида (отливка, штамповка и т. д.). Сварные и комбинированные заготовки значительно упрощают создание конструкций сложной конфигурации.

Заготовки, получаемые методами порошковой металлургии, по форме и размерам могут соответствовать готовым деталям и требовать незначительной отделочной обработки.

Заготовку перед первой технологической операцией процесса изготовления детали называют *исходной заготовкой*.

Поступающие на обработку заготовки должны соответствовать техническим условиям, поэтому их подвергают техническому контролю по соответствующей инструкции, устанавливающей метод контроля, периодичность, количество проверяемых заготовок в процентах к выпуску и т. д. Проверяется химический состав и механические свойства материала, структура, наличие внутренних дефектов, размеры, масса заготовки.

У заготовок сложной конфигурации с отверстиями и внутренними полостями (типа корпусных деталей) в заготовительном цехе проверяют размеры и расположение поверхностей. Для этого заготовку устанавливают на станке, используя ее технологические базы, имитируя схему



установки, принятую для первой операции обработки. Отклонения размеров и формы поверхностей заготовки должны соответствовать требованиям чертежа. Заготовки должны быть выполнены из материала, указанного на чертеже, обладать соответствующими механическими свойствами, не должны иметь внутренних дефектов (для отливок — рыхлоты, раковины, посторонние включения; для поковок — пористость и расслоения, трещины по шлаковым включениям, «шиферный» излом, крупнозернистость, шлаковые включения; для сварных конструкций — непровар, пористость металла шва, шлаковые включения).

Дефекты, влияющие на прочность и товарный вид заготовки, подлежат исправлению. Поверхности отливок должны быть чистыми и не иметь пригаров, спаев, ужимин, плен, намывов и механических повреждений. Заготовка должна быть очищена или обрублена, места подвода литниковой системы, заливки, заусенцы и другие дефекты должны быть зачищены, окалина удалена. Особенно тщательной очистке необходимо подвергнуть полости отливок. Необрабатываемые наружные поверхности заготовок при проверке по линейке не должны иметь отклонения от прямолинейности больше заданного (не более 0,5 мм на 1 мм длины). Заготовки, у которых отклонение от прямолинейности оси (кривизна) влияет на качество и точность работы машины, подлежат обязательному *естественному* или *искусственному старению* по технологическому процессу, обеспечивающему снятие внутренних напряжений, и правке.

Отмеченные на чертеже заготовки *базы для механической обработки* должны служить исходными базами при изготовлении и проверке технологической оснастки (моделей, стержней). Они должны быть чистыми и гладкими, без заусенцев, остатков литников, прибылей, выпоров и литейных и штамповочных уклонов.

Основной задачей на этом этапе является выбор заготовки, которая по форме, размерам, точности и качеству поверхности как можно полнее соответствовала бы параметрам детали. Естественно, что текущие и одновремен-

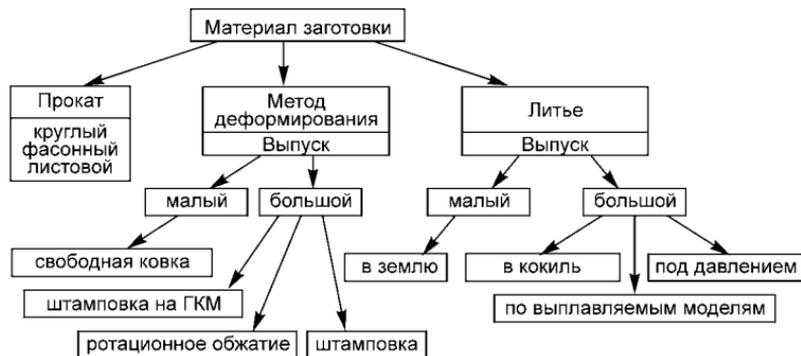


Рис. 3.2
Схема выбора варианта заготовки

ные затраты на ее получение будут увеличиваться, но, с другой стороны, общие трудозатраты можно существенно сократить за счет увеличения коэффициента использования металла (КИМ) и снижения трудоемкости механической обработки.

Факторы, влияющие на вид заготовки:

- материал детали, ее конфигурация и габаритные размеры. Во многих случаях уже материал определяет вид заготовки (рис. 3.2). Если материалы литейные, то заготовка — литье, если деформируемый материал, то поковка или прокат. В последнем случае определяющим фактором будет конфигурация детали;

- объем выпуска и тип производства. На графике (рис. 3.3) видно, что при размере партии до 58 штук деталь выгоднее изготавливать из прутка, а свыше 58 штук — из штамповки.

На способ получения заготовки существенное влияние оказывает объем выпуска изделия (см. рис. 3.4). Например, вид заготовки — отливка. При малом объеме выпуска выгоднее отливать заготовку

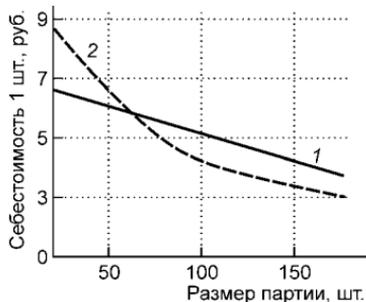


Рис. 3.3
Зависимость себестоимости изготовления вала от способа получения заготовки:
1 — пруток; 2 — штамповка.

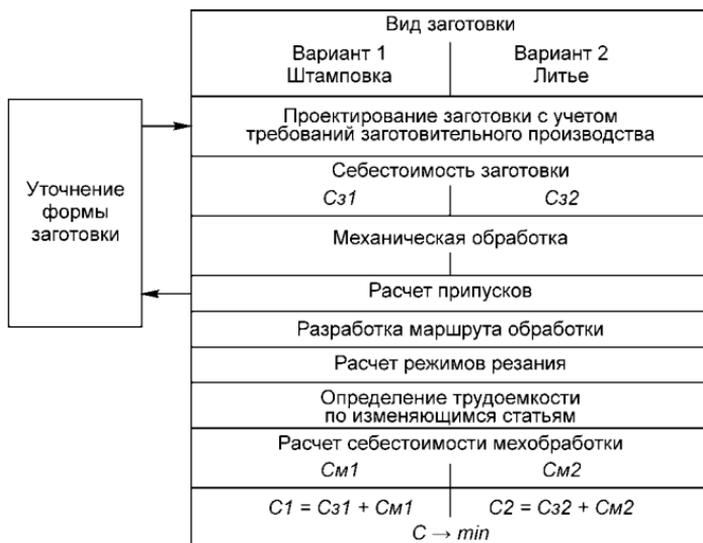


Рис. 3.4
Этапы выбора заготовки

в земляные формы. В случае роста объема целесообразнее применение литья в кокиль, по выплавляемым моделям и литья под давлением. Если вид заготовки — штамповка, то при малом объеме выпуска дешевле будет способ свободнойковки, а с увеличением объемов — штамповка в молотовых штампах, безоблойная штамповка и т. д.

После определения вида заготовки и способа ее получения можно решать вопрос о ее форме, которая определяется с учетом возможностей и требований технологии заготовительного производства.

Для выбора заготовки рекомендуется выполнить следующие действия (рис. 3.4):

- наметить несколько вариантов формирования заготовки;
- выполнить экономический анализ вариантов по трудоемкости или технологической себестоимости (после расчета припусков, режимов резания и норм времени);
- выбрать вариант с минимальными трудовыми затратами по заготовительному и механическому цехам.

3.2. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВИДА ЗАГОТОВКИ

Метод получения заготовки выбирают, анализируя ряд факторов: материал детали, технические требования на ее изготовление, объем и серийность выпуска, форму поверхностей и размеры деталей. Метод получения заготовки, обеспечивающий *технологичность детали* и *минимальную себестоимость*, считается оптимальным [28].

Максимально приблизить геометрические формы и размеры заготовки к размерам и форме готовой детали — одна из главных задач в заготовительном производстве. Оптимизируя выбор метода и способа получения заготовки, можно не только сократить затраты на ее изготовление, но и значительно снизить трудоемкость механической обработки.

В машиностроении для получения заготовок наиболее широко применяют следующие методы: литье; обработку металлов давлением; сварку; комбинации этих методов. Каждый метод предполагает большое число способов получения заготовок. Вид заготовок и способ их изготовления для конкретной детали определяются: материалом, конструктивной формой, серийностью производства, массой заготовки.

Материал является одним из важных признаков, определяющих метод получения заготовок. Наиболее широко используемые материалы объединены в 7 групп. Код группы определяется на основе данных чертежа детали (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация материалов по группам

| Вид материала | Код группы |
|-----------------------------------|------------|
| Стали углеродистые | 1 |
| Чугуны | 2 |
| Литейные сплавы | 3 |
| Высоколегированные стали и сплавы | 4 |
| Низкоуглеродистые стали | 5 |
| Легированные стали | 6 |
| Прокатанные материалы | 7 |

Конструктивные формы деталей общего машиностроения делятся на 14 видов. Соответствующий код выбирается на основе сравнения реальной детали с описанием типовых деталей (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Конструктивная форма детали

| Основные признаки детали | Код |
|--|-----|
| Валы гладкие круглого или квадратного сечения | 1 |
| Валы круглого сечения с одним уступом или фланцем, с буртом или выемкой без центрального отверстия | 2 |
| Детали с цилиндрической, конической, криволинейной и комбинированными формами поверхностей без центрального отверстия и с отверстием, длиной $L < 0,5D$ | 3 |
| То же, $0,5 < L < 2D$ | 4 |
| То же, $L > 2D$ | 5 |
| Детали с цилиндрической, конической, криволинейными поверхностями, с гладкой или ступенчатой наружной поверхностью со сквозным или глухим гладким или ступенчатым отверстием | 6 |
| Детали, круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность с одно- или двусторонними уступами и ступицами, с центральным отверстием или без него, длиной $0,5D_0 < L < 2D_0$ | 7 |
| Детали сложной пространственной формы | 8 |
| Детали с удлиненной, прямолинейной, изогнутой осью и пересекающимися главными осями | 9 |
| Корпусные детали, имеющие сочетания призматической, цилиндрической и других форм наружной поверхности с наличием базовых отверстий и установочных плоскостей, с полостью и без нее, имеющие на поверхности ребра, углубления, выступы, бобышки и отверстия | 10 |
| Детали с призматической, цилиндрической или с сочетанием криволинейной или призматической форм наружных поверхностей с привалочной поверхностью в виде прямоугольных, круглых фланцев, имеющие ребра, углубления, выступы | 11 |
| Коробчатые разъемные корпуса с установочной поверхностью, параллельной и непараллельной плоскости разъема, имеющие одну и более базовых поверхностей, а также ребра, углубления, выступы | 12 |
| Детали простой конфигурации, ограниченные гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий | 13 |
| Тонкостенные полые детали с цилиндрической, конической и комбинированными формами наружной поверхности и детали типа дисков и крышек | 14 |

Чтобы найти серийность производства, необходимо знать массу детали (согласно чертежу) и программу выпуска. Код серийности определяется по табл. 3.3.

По массе заготовки сгруппированы в 8 диапазонов (табл. 3.4, 3.5). Для удобства использования в работе по

Таблица 3.3

Определение серийности производства заготовок

| Вид заготовки | Программа выпуска при массе детали, кг | | | Код серийности |
|--------------------|--|------|------|----------------|
| | 10 | 100 | 1000 | |
| Штамповка, поковка | 500 | 250 | 60 | 1 |
| | 1000 | 400 | 300 | 2 |
| | 2500 | 1000 | 600 | 3 |
| | 3500 | 1000 | 600 | 4 |
| | 500 | 250 | 60 | 1 |
| Прокат | 1000 | 400 | 300 | 2 |
| | 3500 | 1000 | 600 | 3,4 |
| | 2000 | 600 | 300 | 1 |
| Отливка | 12 000 | 4000 | 1500 | 2 |
| | 30 000 | 8000 | 7000 | 3,4 |

Таблица 3.4

Диапазоны отливок, поковок и штамповок по массе

| Масса, кг | Номер диапазона | Масса, кг | Номер диапазона |
|------------|-----------------|-----------|-----------------|
| До 0,63 | 1 | 10,0...63 | 5 |
| 0,63...1,6 | 2 | 63...100 | 6 |
| 1,6...4,0 | 3 | 100...400 | 7 |
| 4,0...10,0 | 4 | Свыше 400 | 8 |

Таблица 3.5

Диапазоны диаметров проката

| Диаметр, мм | Номер диапазона | Диаметр, мм | Номер диапазона |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| До 5 | 1 | 100...140 | 5 |
| 5...30 | 2 | 140...210 | 6 |
| 30...50 | 3 | 210...250 | 7 |
| 50...100 | 4 | Свыше 250 | 8 |

Таблица 3.6

Виды заготовок и способы их изготовления

| Способ производства заготовок | Код | Коэффициент $K_{в.т}$ |
|---|-----|-----------------------|
| Литье в песчано-глинистые формы | 1 | 0,7 |
| Центробежное литье | 2 | 0,85 |
| Литье под давлением | 3 | 0,91 |
| Литье в кокиль | 4 | 0,8 |
| Литье в оболочковые формы | 5 | 0,9 |
| Литье по выплавляемым моделям | 6 | 0,91 |
| Штамповка на молотах и прессах | 7 | 0,8 |
| Штамповка на горизонтально-ковочных машинах | 8 | 0,85 |
| Свободная ковка | 9 | 0,6 |
| Прокат | 10 | 0,4 |
| Сварные заготовки | 11 | 0,95 |

выбору возможных вариантов наиболее часто применяемые способы получения заготовок в машиностроении закодированы в интервале от 1 до 11 (табл. 3.6).

Таким образом, определив коды по каждому из четырех факторов, составим перечень возможных видов и способов получения заготовок для данной детали (табл. 3.7):

1) по коду материала детали находим соответствующие строки таблицы;

2) по коду серийности производства уточняем место строки внутри табличной ячейки соответствующего материала;

3) код конструктивной формы определяет окончательное место строки данных в соответствующем коде серийности;

4) код массы детали уточняет горизонталь в строке нужного кода формы детали, которая указывает перечень кодов вида заготовок.

Коды вида заготовок с указанием способов изготовления расшифровываются согласно табл. 3.6. Это рекомендательная операция для данной детали на первом этапе решения поставленной задачи.

Таблица 3.7

Выбор возможных видов и способов изготовления заготовок

| Код признака | | | | |
|--------------|------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|
| Материал | Серийность | Конструктивная форма | Масса детали | Вид заготовки (способ изготовления) |
| 1...3 | 2...4 | — | 1...6 | 1 |
| | | 1 | 1...6 | 1, 4...6 |
| | | | 7 | 1, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 4, 5 |
| | | 2 | 1...6 | 1, 4...6 |
| | | | 7 | 1, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 4 |
| | | 3, 4 | 1...6 | 1, 2, 4...6 |
| | | | 7 | 1, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 2, 4 |
| | | 5 | 1...6 | 1...6 |
| | | | 7 | 1, 2, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 2, 4 |
| | | 6 | 1...6 | 1, 2, 4...6 |
| | | | 7 | 1, 2, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 2, 4 |
| | | 7 | 1...6 | 1...6 |
| | | | 7 | 1, 2, 4 |
| | | | 8 | 1, 4...6 |
| | | 8, 9 | 1...6 | 1, 4...6 |
| | | | 7 | 1, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 4 |
| | | 10 | 1...6 | 1, 3...6 |
| | | | 7 | 1, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 4 |
| | | 11, 12 | 1...6 | 1, 3...6, 11 |
| | | | 7 | 1, 4, 5, 11 |
| | | | 8 | 1, 4, 11 |
| | | 13 | 1...6 | 1...6 |
| | | | 7 | 1, 2, 4, 5 |
| | | | 8 | 1, 2, 4 |
| | | 14 | 1...8 | 1, 2, 11 |



Продолжение табл. 3.7

| Код признака | | | | |
|--------------|------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|
| Материал | Серийность | Конструктивная форма | Масса детали | Вид заготовки (способ изготовления) |
| 4...7 | 1 | 1...7 | 1...8 | 9, 10 |
| | | 8 | | 9 |
| | | 9 | | 9, 10 |
| | | 10...12 13, 14 | | 11 9, 11 |
| 4...7 | 2...4 | 1 | 1...8 | 9, 10 |
| | | 2...7 | | 7...10 |
| | | 8 | | 7, 9 |
| | | 9 | | 7...9 |
| | | 10...12 | | 11 |
| | 13, 14 | 7, 11 | | |

Задача.

Определить возможные виды и способы получения заготовок для вала (рис. 3.5). Годовая программа выпуска — 10 000 шт.

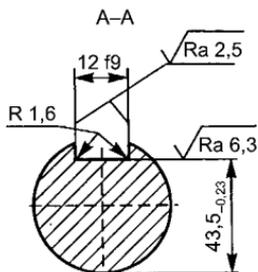
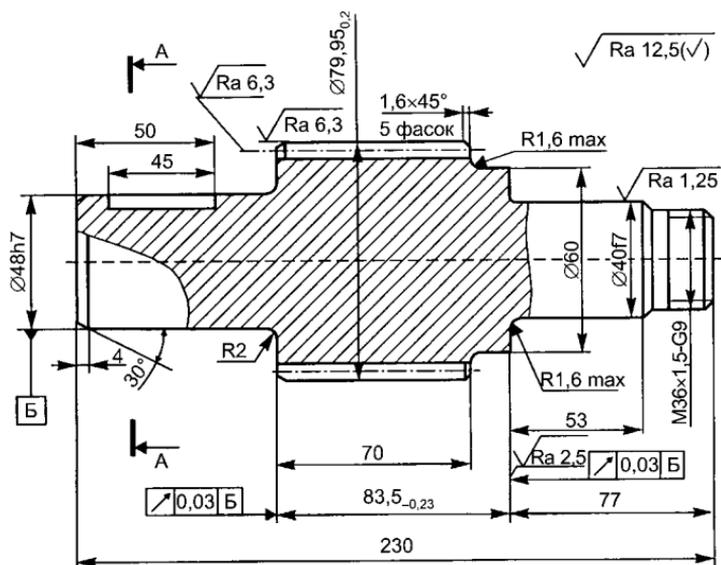
Решение.

1. Определяем четыре основных показателя детали:

- материал — сталь 25 ХГНМТ; по табл. 3.1 для данной марки стали определяем код (5);
- серийность производства — по табл. 3.3; вид заготовок — штамповки, поковки, прокат, масса — 6,3 кг, программа выпуска — 10 000; определяем код (4);
- конструктивная форма — по табл. 3.2; основные признаки детали — в соответствии с чертежом; определяем код (2);
- масса заготовки — по табл. 3.4 определяем для 6,3 кг соответствующий код (4).

2. Выбираем возможные виды и способы получения заготовок для данной детали, учитывая определенные





| | | |
|-----------------------------|----------|--------|
| Модуль | <i>m</i> | 3 |
| Число зубьев | <i>z</i> | 20 |
| Степень точности | — | 8—9 |
| Высота зуба | <i>h</i> | 2,53 |
| Диаметр основной окружности | <i>d</i> | 68,931 |

1. Цементировать h 1,0...1,4 мм, кроме резьбы; HRC_s 60...64, сердцевина — HRC , 32...46.
2. Острые кромки зубьев затупить фасками $1 \times 45^\circ$ с обоих торцов.
3. Общие допуски по ГОСТ308932 — m .

Вал-шестерня Сталь 25ХГНМТ Масса 6,3 кг

Рис. 3.5
Вал-шестерня

выше коды четырех основных показателей детали: код материала — 6; код серийности — 4; код конструктивной формы — 2; код массы — 4.

По определенным ранее кодам 6...4...2...4 из графы табл. 3.7 «Вид заготовки» выписываем рекомендуемые коды видов: 7, 8, 9, 10.

Используя табл. 3.6, расшифровываем вычисляемые коды видов заготовок: 7 — штамповка на молотах и прессах; 8 — штамповка на горизонтально-ковочных машинах; 9 — свободная ковка; 10 — прокат. Определив возможные виды получения заготовки для вала, завершаем данный этап.

Другие данные, необходимые для выбора вида и формы заготовки, приведены в главе 3 [22].

3.2.1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ

Проводимые на первом этапе исследования позволяют определить рекомендуемые способы получения заготовок. Окончательный выбор способа из полученного перечня (результаты первого этапа) делается после определения и сравнения себестоимости получения заготовки для каждого из рекомендуемых видов.

Себестоимость производства заготовок без учета затрат на предварительную механическую обработку для сплавов литья и обработки давлением определяется по формуле

$$C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{т.о}}}{1000} G_{\text{заг}} K_{\text{т}} K_{\text{с}} - (G_{\text{заг}} - G_{\text{д}}) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] K_{\text{ф}}, \quad (3.1)$$

где C — базовая стоимость 1 т заготовок, руб./т (табл. 3.8...3.11); $K_{\text{т.о}}$ — коэффициент доплаты за термическую обработку и очистку заготовок, руб./т (см. табл. 3.12); $G_{\text{заг}}$ — масса заготовки, кг; $K_{\text{т}}$ — коэффициент, учитывающий точность изготовления заготовок (см. табл. 3.13); $K_{\text{с}}$ — коэффициент, учитывающий серийность выпуска заготовок (см. табл. 3.14...3.16); $G_{\text{д}}$ — масса детали, кг (см. чертеж детали); $G_{\text{отх}}$ — стоимость 1 т отходов (стружки), руб.; $K_{\text{ф}}$ — коэффициент, учитывающий инфляцию (относительно цен 1991 г.).

Масса заготовки определяется из отношения

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т}}}, \quad (3.2)$$

где $K_{\text{в.т}}$ — коэффициент весовой точности (см. табл. 3.6).

Сравнение способов производства заготовок по их себестоимости позволяет выбрать оптимальный метод и способ.

Таблица 3.8

Оптовая цена 1 т отливок из чугуна, руб.

| Масса одной отливки, кг | Группа сложности | | | | | |
|-------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4,5 | 322 | 401 | 496 | 590 | 704 | 843 |
| 5,65 | 316 | 394 | 486 | 579 | 691 | 827 |
| 7,15 | 310 | 386 | 477 | 569 | 677 | 811 |
| 9 | 304 | 379 | 468 | 557 | 665 | 796 |

Таблица 3.9

Оптовая цена 1 т отливок из стали, руб.

| Масса одной отливки, кг | Группа сложности | | | | | |
|-------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 14,25 | 352 | 439 | 542 | 645 | 770 | 922 |
| 18 | 346 | 431 | 533 | 634 | 756 | 906 |
| 22,5 | 341 | 424 | 524 | 623 | 744 | 891 |
| 28,25 | 335 | 417 | 515 | 613 | 732 | 876 |

Таблица 3.10

Оптовая цена 1 т поковок, руб.

| Масса одной поковки, кг | Группа сложности | | | |
|-------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2,825 | 398 | 452 | 506 | 567 |
| 3,575 | 382 | 432 | 485 | 544 |
| 4,5 | 368 | 418 | 468 | 524 |
| 5,65 | 354 | 403 | 450 | 504 |
| 7,15 | 342 | 389 | 435 | 486 |
| 9 | 332 | 376 | 422 | 472 |
| 11,25 | 321 | 365 | 409 | 458 |

Таблица 3.11

Оптовая цена 1 т штамповок, руб.

| Масса одной штамповки, кг | Группа сложности | | | |
|---------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1,8 | 508 | 577 | 647 | 724 |
| 2,25 | 482 | 548 | 613 | 686 |
| 2,825 | 457 | 519 | 582 | 651 |
| 3,575 | 439 | 499 | 558 | 625 |
| 4,5 | 422 | 480 | 538 | 602 |
| 5,65 | 407 | 463 | 517 | 579 |
| 7,15 | 393 | 446 | 500 | 559 |
| 9 | 381 | 432 | 484 | 542 |
| 11,25 | 369 | 419 | 469 | 526 |

Таблица 3.12

Доплаты за термообработку и очистку заготовок

| Вид термообработки | Кт. о., руб./т |
|--------------------|----------------|
| Отжиг | 15 |
| Нормализация | 25 |
| Очистка от окалины | 8 |

Таблица 3.13

Коэффициент K_t , учитывающий точность размеров в зависимости от способов литья

| Способ литья | K_t |
|--|-------|
| В песчано-глинистые формы (ПГФ), в оболочковые формы | 1,165 |
| В кокиль, центробежное литье | 1,27 |
| По выплавляемым моделям | 1,67 |

Таблица 3.14

Коэффициент K_c , учитывающий серийность выпуска заготовок-поковок массой 2,5...10 кг

| Число поковок в годовом заказе, шт. | K_c |
|-------------------------------------|-------|
| 125 и менее | 1,5 |
| 126...250 | 1,25 |
| 251...500 | 1,1 |
| Свыше 501 | 1 |

Таблица 3.15

**Коэффициент K_c ,
учитывающий серийность выпуска штамповок**

| Группа серийности | Число горячих штамповок в годовом заказе | | | | K_c |
|-------------------|--|----------------|---------------|---------------|----------------------------|
| | 1,6...2,5 кг | 2,5...4,0 кг | 4,0...10 кг | 10...25 кг | |
| 5 | 700 и менее | 650 и менее | 500 и менее | 400 и менее | По договорам с покупателем |
| 4 | 701...1400 | 651...1250 | 501...1000 | 401...750 | 1,3 |
| 3 | 1401...4500 | 1251...4000 | 1001...3500 | 751...3000 | 1,15 |
| 2 | 4501...120 000 | 4001...100 000 | 3501...75 000 | 3001...50 000 | 1,0 |
| 1 | СВЫШЕ 120 000 | СВЫШЕ 100 000 | СВЫШЕ 75 000 | СВЫШЕ 50 000 | 0,9 |

Таблица 3.16

Коэффициент K_c , учитывающий серийность выпуска отливок

| Размер партии, шт. | K_c | Размер партии, шт. | K_c |
|--------------------|-------|--------------------|-------|
| Менее 200 | 1,23 | 12001...20000 | 1,03 |
| 201...1000 | 1,15 | 20001...75000 | 1,0 |
| 1001...4000 | 1,1 | 75001...200000 | 0,97 |
| 4001...12000 | 1,06 | | |

Задача.

Определить себестоимость изготовления заготовки для вала, полученной штамповкой на молотах (рис. 3.5). Годовая программа выпуска — 10 000 шт.

Решение.

1. Себестоимость производства заготовки-штамповки на молотах определяется по формуле (3.1).

Так как (см. табл. 3.6)

$$K_{в.т} = 0,8; \quad G_d = 6,3 \text{ кг},$$

то

$$G_{заг} = 7,9 \text{ кг};$$

$$G_{заг} = \frac{6,3}{0,8} = 7,9 \text{ кг}.$$

$$2. C = Ц_1 - \frac{(Ц_1 - Ц_2)(G_{\text{заг}} - M_1)}{M_2 - M_1}.$$

Так как

$$M_1 = 7,15 \text{ кг}, \quad M_2 = 9 \text{ кг}, \quad Ц_1 = 446 \text{ руб.}, \quad Ц_2 = 432 \text{ руб.},$$

то

$$C = 440,3 \text{ руб.}$$

$$3. C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{т.о}}}{1000} G_{\text{заг}} K_{\text{т}} K_{\text{с}} - (G_{\text{заг}} - G_{\text{д}}) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] K_{\text{ф}}.$$

Так как $K_{\text{т.о}} = 8$, $K_{\text{т}}$ для штамповок, поковок и проката не учитывается,

$$K_{\text{с}} = 1, \quad S_{\text{отх}} = 27 \text{ руб./т}, \quad K_{\text{ф}} = 5,$$

то

$$C_{\text{заг}} = 17,5 \text{ руб.}$$

Итак, стоимость заготовки-штамповки для вала равна 17,5 руб.

Аналогично определяется стоимость различных вариантов получения заготовок.

Главным условием при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при минимальной себестоимости, которая складывается из себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу.

3.2.2. ОТЛИВКИ

Отливка — изделие или заготовка, полученные технологическим методом литья.

Около 75% всех отливок (по массе) изготавливают из чугуна, примерно 20% — из сталей и до 4% — из цветных сплавов.

В зависимости от массы чугунные и стальные отливки разделяют на мелкие (до 100 кг), средние (100...1000 кг), крупные (1000...5000 кг), тяжелые (5000...20 000 кг) и особо тяжелые (свыше 20 000 кг), отливки из цветных сплавов — на девять групп (табл. 3.17).



Таблица 3.17

Классификация отливок из цветных сплавов по массе, кг

| Группа | Бронза, латунь и цинковые сплавы | Алюминиевые и магниевые сплавы |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | до 0,25 | до 0,2 |
| 2 | 0,25...1,0 | 0,2...0,4 |
| 3 | 1...4 | 0,4...0,8 |
| 4 | 4...10 | 0,8...1,6 |
| 5 | 10...20 | 1,6...3,2 |
| 6 | 20...50 | 3,2...6,3 |
| 7 | 50...200 | 6,3...12,5 |
| 8 | 200...500 | 12,5...25 |
| 9 | свыше 500 | свыше 25 |

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ

Среди отливок до 80% по массе занимают детали, изготовляемые литьем в песчаные формы. Метод универсален применительно к литейным материалам, а также к массе и габаритам отливок. Специальные способы литья значительно повышают стоимость отливок, но позволяют получать отливки повышенного качества с минимальным объемом механической обработки (рис. 3.6).



Рис. 3.6
Обозначение отливок на чертежах

Отливки, не рассчитываемые на прочность, с размерами, определяемыми конструктивными и технологическими соображениями, относятся к *неответственным*; отливки, испытываемые на прочность, работающие при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения, относятся к *ответственным*. *Особо ответственные* — отливки, эксплуатируемые в условиях динамических знакопеременных нагрузок и испытываемые на прочность.

Технологичность конструкций отливок характеризуется условиями формовки, заливки формы жидким металлом, остывания, выбивки, обрубки. На выполнение основных операций технологического процесса получения отливки влияют уклоны, толщина стенок, размерные соотношения стержней и другие условия.

Большое влияние на технологию последующей обработки отливок оказывает наличие в них отверстий. При массовом производстве в отливках обычно получают отверстия диаметром свыше 20 мм, при серийном — более 30 мм и при единичном — диаметром более 50 мм. Обрабатываемые отверстия некруглого профиля выполняют литьем, если диаметры вписанных окружностей соответствуют приведенным выше нормам.

Уступы шириной более 25 мм и выемки глубиной свыше 6 мм на мелких и средних отливках делают литыми. Если отношение толщин стенок составляет 1 : 2, то переходные поверхности оформляют в виде галтелей.

Состояние баз и обрабатываемых поверхностей отливок и условия их обработки зависят от способов обрубки и очистки. В технологический процесс изготовления отливки включается контроль качества заготовок.

3.2.3. КОВАНЫЕ И ШТАМПОВАННЫЕ ЗАГОТОВКИ

Кованые и штампованные заготовки получают обработкой давлением с помощьюковки, штамповки и специальных процессов.

Перед ковкой и штамповкой исходный металл (слитки, прутки и др.) готовят к обработке — производят зачистку металла, разрезают на части, выбирают температурный режим и тип нагревательного устройства.

Зачистка металла от поверхностных дефектов предупреждает появление брака в деталях. Применяют различные способы зачистки: огневую с нагревом и без нагрева, пневматическим молотком, на фрезерном станке, абразивными кругами. Зачистка абразивными кругами в 2...3 раза дороже зачистки пневматическим молотком, а стоимость огневой зачистки без предварительного нагре-

ва на 30...40% ниже стоимости зачистки пневматическим молотком и примерно равна стоимости зачистки пневматическим молотком с предварительным нагревом.

Разрезка металла на части выполняется на пилах и ножницах, газопламенным, электроискровым и анодно-механическим методами.

КОВКА

Ковкой получают поковки простой формы массой до 250 т с большими напусками. Применяя специальный инструмент, уменьшают напуски.

Припуски и допуски на поковки, изготавливаемые на молотах, составляют от 5_{-2}^{+1} мм до (34 ± 10) мм, а на поковки, изготавливаемые на прессах, — от (10 ± 3) мм до (80 ± 30) мм; для необрабатываемых участков предельные отклонения снижают на 25...50%.

С применением подкладных штампов (закрытых и открытых) получают поковки массой до 150 кг (главным образом мелкие до 5 кг) относительно сложной формы, без напусков; припуски — 3 мм и более, допуски $_{-1}^{+1,5}$ мм и более.

Горячей ковкой изготавливают поковки:

- цилиндрические сплошные гладкие и с уступами (штоков, осей, валов, колонн, цапф, роторов и т. п.);
- прямоугольного сечения гладкие и с уступами (плат, пластин, штамповых кубков, вкладышей, шпинделей, дышел, баб и т. п.);
- со смешанными сечениями сплошные с уступами и с расположением отдельных частей в одной, двух, трех и более плоскостях (коленчатых валов и т. п.);
- цилиндрические полые гладкие и с малыми уступами (дисков, фланцев, колес, покрышек, муфт и т. п.);
- цилиндрические полые гладкие с малым отношением длины к размеру сечения (бандажей, колец и т. п.);
- цилиндрические полые гладкие и с большими уступами при большом отношении длины к размеру сечения (барabanов, полых валов, цилиндров и т. п.);
- с криволинейной осью (крюков, бугелей, скоб, днищ, вилкообразные и т. п.).

Технологичность конструкции поковок. Для уменьшения отхода металла и снижения трудоемкости как в процессековки, так и во время последующей обработки желательнопоковкам (и изготавливаемым из них деталям) придать наиболее простую форму, ограниченную плоскими или цилиндрическими поверхностями. Нежелательны конические и клиновые формы поковок, пересечения цилиндрических поверхностей и призматических поверхностей с цилиндрическими. Односторонние выступы предпочтительнее двусторонних. Нельзя выполнять ковкой ребра жесткости, платики и выступы. Детали со значительной разницей поперечных сечений целесообразно заменять сочетанием нескольких скрепленных или сваренных, а детали сложной формы выполнять сварными из нескольких поковок или сварными из поковок и отливок.

Из-за невозможности выполнения ковкой отдельных элементов детали в участках этих элементов назначают напуск, который удаляют при последующей обработке.

Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной сталей при ковке на молотах устанавливают по ГОСТ 7829-70. Припуски и допуски на поковки из тех же сталей при ковке на прессах устанавливают по ГОСТ 7062-79. Припуски и допуски для поковок из высоколегированных сталей и сталей с особыми физическими свойствами устанавливают по стандартам предприятия. Чертеж поковки составляют на основе чертежа готовой детали.

Заготовки дляковки выбирают в зависимости от массы поковок: сортовой прокат — при массе до 40 кг; крупный прокат и обжатые болванки — при массе 40...300 кг; слитки — при массе более 300 кг.

Основные операцииковки.

Осадка применяется для получения поковок с большим поперечным сечением из заготовок меньшего поперечного сечения, для выравнивания торцов, для повышения механических характеристик в тангенциальном и радиальном направлениях. Осадкой на плоских плитах получают плоские поковки, на плитах с отверстием — поковки деталей типа зубчатых колес, фланцев и дисков с бобышками.

Протяжка используется для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения поперечного сечения; для увеличения длины пустотелой заготовки в направлении оси путем уменьшения толщины ее стенки; для одновременно увеличения наружного и внутреннего диаметров заготовки — раскатку на оправке. Протяжку применяют для получения поковок типа гладких и ступенчатых валов, колеччатых валов, фасонных поковок типа шатунов и др.

Прошивка позволяет получить в заготовке отверстие или углубление. Предельные размеры отверстий для поковок, изготавливаемых на прессах, регламентированы ГОСТ 7062-90; для поковок, изготавливаемых на молотах, — ГОСТ 7829-70. Для поковок из углеродистой стали при ковке поковок типа дисков на молотах ($H < 0,5D$), гладких втулок ($0,5D < H \leq 1,5D$), брусков и пластин ($H < D$) диаметр отверстия $d < 0,5H$; у раскатанных колец ($H < D$), цилиндров ($D < H \leq 1,5D$), полых валов ($L > 1,5D$) диаметр отверстия $d < D$; при ковке поковок типа муфты, диска, бруска и пластины на прессах $d_{\max} = 0,37(D - 200) + 80$; $d_{\min} = 0,208(D - 200) + 75$. (D — наружный диаметр, H — высота, B — ширина, L — длина).

Скручивание производится при повороте одного торца заготовки относительно другого, например, при изготовлении крупных спиральных сверл, колеччатых валов, бурильных инструментов.

Отрубка — операция полного отделения части заготовки.

Гибка — операция, применяемая как самостоятельная или в сочетании с другими операциями для получения деталей типа угольников, кронштейнов, крюков, хомутов. Кроме того, используют кузнечную и газопрессовую сварку.

Для устранения искажения формы поковок путем пластического деформирования применяют *правку*.

ГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА

Горячая штамповка выполняется на молотах и прессах в открытых и закрытых штампах, выдавливанием, гибкой, с применением различных процессов. С целью повышения точности размеров и улучшения качества



поверхности штамповок применяют полугорячую штамповку, при которой окалинообразование ограничено.

Горячая штамповка выполняется в открытых и закрытых штампах.

При *штамповке в закрытых штампах* получают более точные штампованные заготовки, расходуется меньше металла; производительность высокая при пониженной стойкости штампов и ограниченности форм штамповок (круглые, типа шестерен, фланцев, стаканов). Штамповку в закрытых штампах иначе называют *безоблойной*.

Штамповка на молотах выполняется из катаной заготовки: за один переход — для заготовок простой формы и за несколько переходов — для заготовок сложной формы. В штампах различают: штамповочные (предварительный и окончательный), заготовительные и отрубные ручки. Окончательный ручей выполняют с учетом усадки металла при охлаждении (усадка стали $\approx 1,5\%$). По периметру окончательного ручья конструируют заусенечную канавку, создающую препятствие для выхода металла из полосы и обеспечивающую заполнение окончательного ручья.

Заготовительные ручки служат для получения благоприятной формы заготовки для штамповки с малым отходом металла в заусенец. Обрезка заусенца выполняется на обрезных и кривошипных прессах. Крупные и средние заготовки с относительно толстым заусенцем обрезают после штамповки в горячем состоянии. Мелкие поковки с тонким заусенцем легко обрезают в холодном состоянии. Производительность холодной обрезки выше, чем горячей. Одновременно с обрезкой заусенца часто выполняют частичную зачистку по штамповочному уклону.

Торцовый заусенец, возникающий при штамповке в закрытых штампах, а также неровности среза при обрезке удаляют на точильно-обдирочных станках.

Для отверстий при штамповке получают в заготовке углубления — наметки, которые затем прошивают. При штамповке на молотах и прессах после прошивки наметок диаметр отверстия $d > H$, но не менее 30 мм.

При штамповке в закрытых штампах на молотах используют штучную заготовку, рассчитываемую по объе-

му штампованной заготовки с учетом отхода на угар при нагреве.

Штамповка в открытых штампах на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) обеспечивает изготовление относительно точных поковок без сдвига в плоскости разъема, с малыми припусками и с повышенной по сравнению с молотами производительностью.

При штамповке шатунов, турбинных лопаток и других сложных деталей заготовку готовят на ковочных вальцах (вместо подкатки и протяжки на молотах), высадкой на горизонтально-ковочных машинах или применяют периодический прокат.

Штамповка в открытых штампах на винтовых фрикционных прессах применяется для изготовления мелких фасонных заготовок и заготовок типа болтов и заклепок только в одном ручье из-за недостаточного направления ползуна. На прессах с точным направлением ползуна можно выполнять многоручьевую штамповку.

Штамповка в открытых штампах на гидравлических прессах выполняется в одном ручье, центр давления которого расположен в центре давления пресса. Таким образом устраняется возможность сдвига штампа. Распространена штамповка деталей больших размеров типа панелей, рам, узких и длинных поковок типа балок и лонжеронов (длиной до 8 м), стаканов, втулок из алюминиевых и магниевых сплавов; из стали и титана штампуют поковки типа дисков. При изготовлении сложных поковок заготовку перед штамповкой готовят путемковки.

Штамповка на гидропрессах в закрытых штампах с неразъемной матрицей наиболее часто используется для изготовления точных, без штамповых уклонов заготовок из алюминиевых и магниевых сплавов. Штампы в этом случае нагревают. Штамповка с разъемной матрицей применяется для изготовления мелких, средних и крупных поковок из черных и цветных металлов и сплавов. Разъем матриц чаще всего вертикальный, иногда горизонтальный.

Штамповка в закрытых штампах на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в неразъемных матрицах производится с использованием более точных

заготовок, более точной дозировки металла, применением обычной заготовки и компенсирующего устройства в штампах для размещения излишка металла (5...10% объема заготовки). Точная дозировка металла для штамповки связана с дополнительными затратами из-за более сложного инструмента и меньшей производительности при отрезке.

Штамповку в закрытых штампах с *разъемной* матрицей обычно выполняют с компенсаторами для выхода лишнего металла; матрицы имеют горизонтальный разъем. Такие штампы используют для изготовления поковок типа крестовин. Штамповку на фрикционных прессах в закрытых штампах с разъемной матрицей применяют для получения мелких заготовок с симметричными отрезками из стали, цветных металлов и их сплавов. Разъем матрицы обычно вертикальный.

Горячей штамповкой выдавливанием обычно на КГШП получают заготовки типа стержня с утолщением; стержни постоянного и переменного сечения, сложной формы, с центральным и эксцентричным расположением головки относительно оси; с головкой несложной осесимметричной формы (тарельчатые, шарообразные, ступенчатые, фланцевые, конусные); с головкой сложной формы и типа развилин; заготовки типа крестовин или с двусторонними утолщениями и др. В большинстве случаев заготовки имеют припуски под шлифование по поперечным размерам после выдавливания.

В зависимости от формы и объема исходной заготовки, выбранного технологического процесса при выдавливании получают заготовки без заусенца, с торцовым заусенцем, с поперечным заусенцем и с поперечным и торцовым заусенцами, которые затем удаляют.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) выполняется в штампах с двумя плоскостями разъема: одна перпендикулярна оси заготовки между матрицей и пуансоном, вторая — вдоль оси, разделяет матрицу на неподвижную и подвижную половины, обеспечивающие зажим штампуемой заготовки. На ГКМ штампуют поковки типа стержней с утолщениями, с глухим отверстием, трубчатые, с полым утолщением и стержнем. Бла-

годаря осевому разъему матриц уклон в участках зажатия на поковках не требуется.

При *высокоскоростной штамповке* скорость деформирующего инструмента достигает десятков метров в секунду (на обычных штамповочных молотах — до 6...7 м/с). Высокоскоростная штамповка позволяет производить заготовки сложных форм с тонкими стенками и ребрами и малыми радиусами закругления, уменьшать припуски на последующую механическую обработку, получать заготовки с высокими механическими свойствами, максимально приближенные к форме и размерам готовой детали.

Штамповки изготавливаются из труднодеформируемых металлов и сплавов, алюминия, меди, различных сталей и высокопрочных сплавов с минимальными штамповочными уклонами и без них. Высокоскоростной штамповкой производятся штампованные заготовки типа стержня с головкой, с утолщением типа фланца, турбинные и компрессорные лопатки, типа стакана (гладкие и ступенчатые), типа крышек и колец, трубчатые, типа стержней с ребрами, стакана с наружными ребрами, с торцовым оребрением, типа зубчатых колес, дисков с тонким полотном, заготовки с отростками, сужающиеся в средней части. При этом стойкость штампов в 4...5 и более раз ниже стойкости штампов, используемых на обычных молотах.

Отделочные операции. Режим охлаждения и термической обработки штампованных заготовок и поковок влияет на термические напряжения; одновременный переход через интервал фазовых превращений может привести к структурным напряжениям, которые суммируются с температурными и могут вызвать микро- и макротрещины.

Для снятия остаточных напряжений, предохранения от образования флокенов и размельчения зерна применяется отжиг, а для выравнивания структуры по сечению — гомогенизационный отжиг. Полный отжиг происходит при нагреве до температуры $A_{c3} + (30...50)^\circ\text{C}$, выдержке и последующем медленном охлаждении. Послековки и горячей штамповки используется также неполный отжиг, изотермический отжиг, нормализация, светлый отжиг и другие виды термической обработки.

От окалины штампованные заготовки очищаются с помощью травления, галтовки и дробеметной очистки. Для заготовок из сталей применяется раствор соляной кислоты, для алюминиевых сплавов — раствор щелочи. После травления стальные штампованные заготовки промываются в растворе щелочи и воде, заготовки из алюминиевых сплавов — в растворе азотной кислоты и воде. Это самый качественный, но дорогой способ очистки.

Галтовка применяется для очистки мелких и средних по массе поковок простой формы (короткие валики, зубчатые колеса). Дробеметная очистка используется для мелких и средних заготовок сложной формы. Качество поверхности при этом хорошее, но возможно закрытие трещин, которые затем трудно обнаружить.

Заготовки при выталкивании из штампа, обрезке заусенца, прошивке отверстий и транспортировании могут искривляться. *Правку* осуществляют в холодном и (реже) горячем состоянии. *Горячую правку* после обрезки заусенца применяют для заготовок из высоколегированной или высокоуглеродистой стали, так как при их холодной правке могут возникнуть трещины. Горячую правку выполняют в окончательном ручье, а для заготовок с отверстием ее проводят в специальном штампе. Холодной правке подвергают мелкие и средние по массе заготовки сложной формы. Из-за упругих деформаций при разгрузке нельзя получить абсолютно неискривленные штампованные заготовки.

Калибровку штампованных заготовок выполняют для повышения точности размеров, улучшения качества поверхности отдельных участков или всей заготовки и снижения колебания массы поковок. Применяют плоскостную и объемную калибровку, обеспечивая точность 8...12-го квалитета и параметр шероховатости поверхности $R_a = 2,5...0,32$ мкм.

Плоскостная калибровка выполняется в холодном состоянии на кривошипно-коленных прессах для получения точных вертикальных размеров на одном или нескольких участках поковки. Объемная калибровка применяется для получения точных размеров в разных направлениях, а при выдавливании избытка металла в заусенец — для получе-

ния заготовок точной массы. Точность объемной калибровки ниже, чем плоскостной. Иногда применяют комбинированную калибровку — сначала объемную, а затем плоскостную. Объемная калибровка производится в холодном и горячем состояниях. Усилие объемной калибровки в 1,5...2 раза больше усилия плоскостной калибровки.

Технологичность конструкции штампованных заготовок. Поверхность разъема обычно выбирается так, чтобы она совпадала с двумя наибольшими размерами заготовки. Поверхность разъема штампа должна обеспечивать свободное удаление заготовки и контроль сдвига верхней части штампа относительно нижней после обрезки. Более глубокие полости при штамповке на молотах располагают в верхней части штампа.

Кузнечные напуски регламентирует ГОСТ 7505-89. Их предусматривают для радиусов закругления поковок и уклонов, для отверстий диаметром менее 30 мм, для наметок под прошивку отверстий.

Радиусы закруглений регламентированы ГОСТ 7505-89 в пределах 1...8 мм и должны быть на 0,5...1 мм больше припуска на механическую обработку. Внутренние радиусы должны быть в 3...4 раза больше наружных. Радиусы закругления поковок должны быть унифицированы. При штамповке в закрытых штампах наружные радиусы в полости штампа принимают $r \geq 0,1h$ (h — глубина прилегающей полости); внутренние радиусы в полости штампа $R = (2,5...3)r$; для получения отверстий делают плоскую наметку с раскосом, а иногда и глухую наметку.

ТОЧНОСТЬ ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК

Линейные размеры на чертеже поковки должны быть проставлены от указанных исходных баз механической обработки, согласованных между изготовителем и потребителем.

Допуски, установленные ГОСТ 7505-89, распространяются на все номинальные размеры поковки. Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки

и определяются исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, изготавливаемой из поковки, а также в зависимости от величины размеров и массы поковки. Для 1-го класса точности Т1 допуски устанавливаются на те функциональные поверхности, которые не подвергаются окончательной обработке.

Расчетная масса поковки определяется как масса подвергаемой деформации поковки (поковок) или ее частей. В массу поковки не входят масса облоя и перемычки пробитого отверстия.

При высадке поковок на горизонтально-ковочных машинах или местной штамповке на молотах и прессах масса поковки включает массу части стержня, зажатого штампами. Класс точности поковок следует выбирать в зависимости от используемого оборудования для изготовления поковки.

Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров. Ориентировочную величину расчетной массы поковки вычисляют по формуле

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} K_{\text{р}},$$

где $M_{\text{д}}$ — масса детали, кг; $K_{\text{р}}$ — расчетный коэффициент.

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из требований к точности размеров поковки.

Для разных размеров одной и той же поковки допускаются различные классы точности, которые определяются по преобладающему числу размеров одного класса точности, предусмотренному чертежом поковки, и согласовываются между изготовителем и потребителем.

Класс точности, группа стали, степень сложности должны быть указаны на чертеже поковки.

Степень сложности поковок является одной из конструктивных характеристик формы поковок, качественно оценивающей ее, и используется при назначении припусков и допусков. Степень сложности определяется отношением массы (объема) $G_{\text{п}}$ поковки к массе (объему) $G_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма по-

Таблица 3.18

Степени сложности поковок

| Степень сложности | G_n/G_Φ |
|-------------------|----------------------|
| C1 | более 0,63 |
| C2 | от 0,32 до 0,63 вкл. |
| C3 | от 0,16 до 0,32 вкл. |
| C4 | менее 0,16 |

ковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой. При вычислении отношения G_n/G_Φ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьшая.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения G_n/G_Φ (табл. 3.18).

Степень сложности C4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например в виде диска, фланца, кольца, в том числе с пробиваемыми перемычками, а также для поковок с тонким стержневым элементом, если отношения t/D , t/L , $t/(D-d)$ не превышают 0,20 и t не более 25 мм (где D — наибольший размер, t — толщина, L — длина тонкого элемента; d — диаметр элемента поковки, толщина которого превышает величину t).

Для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности формы в зависимости от числа переходов:

C1 — не более чем при двух переходах;

C2 — при трех переходах;

C3 — при четырех переходах;

C4 — более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

Исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки (см. рис. 3.7).



| Масса поковки, кг | Группа стали | | | Степень сложности поковки | | | | Класс точности поковок | | | | | Исходный индекс | |
|--------------------|--------------|----|----|---------------------------|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|-----------------|----|
| | M1 | M2 | M3 | C1 | C2 | C3 | C4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | |
| До 0,5 включ. | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| св. 0,5 до 1,0 | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| св. 1,0 до 1,8 | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| св. 1,8 до 3,2 | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| св. 3,2 до 5,6 | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| св. 5,6 до 10,0 | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| св. 10,0 до 20,0 | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| св. 20,0 до 50,0 | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| св. 50,0 до 125,0 | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| св. 125,0 до 250,0 | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| | | | | | | | | | | | | | | 14 |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | 21 |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |

Рис. 3.7
Определение исходного индекса

| Масса поковки, кг | Группа стали | | | Степень сложности поковки | | | | Класс точности поковки | | | | | Исходный индекс | |
|-------------------|--------------|----|----|---------------------------|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|-----------------|---|
| | M1 | M2 | M3 | C1 | C2 | C3 | C4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | |
| До 0,5 включ. | x | | | | | | | | | | | | | 1 |
| св. 0,5 до 1,0 | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| св. 1,0 до 1,8 | x | | | | | | | | | | | | | 3 |
| св. 1,8 до 3,2 | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| св. 3,2 до 5,6 | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| св. 5,6 до 10,0 | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |

Рис. 3.8
Пример определения исходного индекса

Для определения исходного индекса по рис. 3.8 в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс (от 1 до 23).

Исходный индекс должен быть указан на чертеже поковки.

Примеры (рис. 3.8).

1. Поковка массой 0,5 кг, группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2. Исходный индекс — 3.

2. Поковка массой 1,5 кг, группа стали М3, степень сложности С2, класс точности Т1. Исходный индекс — 6.

Допуски. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поволоков назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 28, с. 259 [22]. Допускаемые отклонения внутренних размеров поволоков должны устанавливаться с обратными знаками. Допуски и допускаемые отклонения размеров, отражающие односторонний износ штампов, равны 0,5 величин, приведенных в табл. 28, с. 259 [22]. Допуски и допускаемые отклонения размеров толщины, учитывающие недоштамповку,



устанавливаются по наибольшей толщине поковки и распространяются на все размеры ее толщины.

Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуску соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема у штампа определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности.

Допускаемая величина остаточного облоя определяется исходя из массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности.

Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах (безоблойной), определяется по специальной таблице.

Допускаемые отклонения по изогнутости, от плоскостности и от прямолинейности для плоских поверхностей устанавливаются по специальной таблице. В данных величинах не учитываются перепады по высоте, толщине или ширине поковок.

Длинномерные поковки с размерами свыше 1000 мм перед механической обработкой подвергают правке.

На поковке допускается след в виде впадины или выступа, образующийся от выталкивателя или зажимных элементов штампа. Глубина впадины должна быть не более 0,5 величины фактического припуска. Высота выступа допускается до 3,0 мм на обрабатываемой поверхности, а на необрабатываемой должна быть согласована между изготовителем и потребителем.

Кузнечные напуски. Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закругления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и не выполнимыми в штамповочных операциях поднутрениями и полостями.

Штамповочные уклоны не должны превышать установленных величин. На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на горизонтально-ковочных машинах, штамповочный уклон не должен превышать 3°. У изготовленных на штамповочных молотах и прессах без выталки-

вателей поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней поверхности.

Дефекты штампованных заготовок. Наиболее характерные дефекты штампованных заготовок: вмятины; недоштаповка выступов, углов, скруглений и ребер; смещение по плоскости разъема; зажимы; повышенная кривизна; отклонение от заданного допуска; утяжка; брак при термической обработке и очистке от окалины. На всех этапах технологического процесса контролируют состав материала, размеры, поверхностные дефекты, режим нагрева и твердость, применяя просвечивание, ультразвук, вихревые токи и другие физические методы.

Стойкость штампов. В табл. 39...41, с. 267...268 [22] приведены данные о стойкости молотовых штампов и штампов горячештамповочных прессов. При безоблойной штамповке стойкость значительно ниже. Так, для закрытых молотовых штампов она составляет 1...5 тыс. заготовок.

Стойкость штампов высокоскоростных молотов — 2,5...4 тыс. заготовок при осадке и 1...2 тыс. заготовок — при выдавливании. У штампов кривошипных прессов стойкость ниже, чем у молотовых штампов, из-за меньшей скорости деформирования (для электровысадочных машин 3...4 тыс. заготовок); при вальцовке она изменяется в широких пределах (3,5...30 тыс.) в зависимости от материала штампа и детали, массы детали и др.

Стойкость бойков радиально-ковочной машины — 5...15 тыс. заготовок.

ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Выдавливанием можно изготавливать детали из стали, алюминия, меди, никеля и их сплавов. При выдавливании наружный диаметр заготовки принимают на 0,05...0,1 мм меньше заданного по чертежу детали, а внутренний — больше на ту же величину. Исходными заготовками обычно являются прутки, проволока, листы, полосы, трубы и периодический прокат. Целесообразно использовать прутки и проволоку вследствие их меньшей, по сравнению

с другими профилями, стоимости и широкого ассортимента (по размерам, точности по состоянию — горячекатаные, калиброванные, термически обработанные, без термической обработки). Экономичными по расходу металла являются кольцевые заготовки из проволоки, подвергнутые сварке после гибки; затраты на такие заготовки примерно на 11% меньше затрат на получение заготовки из прутка и на 40% меньше затрат на получение заготовки из трубы. Выдавливанием получают поршневые пальцы, корпуса электролитических и подстроенных конденсаторов, экраны радиоламп и катушек индуктивности, цоколи, оболочки электрических нагревательных элементов, клапаны, корпуса карданных подшипников и другие заготовки деталей. Формообразование осуществляют по схемам прямого, обратного, комбинированного выдавливания.

Если инструмент изготовлен с точностью 7-го качества, то при штамповке по диаметру получают осесимметричные детали с точностью 8...11-го качества в зависимости от допустимого износа инструмента. При штамповке возможны отклонения от соосности диаметров трубчатых заготовок и прогиб оси.

Качество поверхности штампованной детали зависит от качества поверхности инструмента (не выше $R_a = 0,32...0,08$ мкм), смазочного материала, разделяющего слоя и др. Параметр шероховатости внутренней поверхности деталей из цветных сплавов $R_a = 0,04$, наружной поверхности $R_a = 0,16$, внутренней поверхности деталей из черных сплавов $R_a = 0,16$, наружной $R_a = 10$.

Высадке подвергают заготовки из стали с содержанием углерода до 0,5%, а в некоторых случаях — при пониженной степени деформации — с содержанием углерода до 1,1%.

При высадке, часто совмещаемой с выдавливанием и радиальным обжатием, изготавливают сплошные детали типа тел вращения с утолщением, полые детали типа тел вращения, иногда содержащие небольшие элементы с двумя осями симметрии и более. Такие детали изготавливают на высокопроизводительных холодновысадочных автоматах из калиброванного материала (8...11-го качества) диаметром до 52 мм. Наибольшая длина детали, штампуемой

на автоматах, составляет 200...300 мм, а на специализированных автоматах — до 400 мм. При полуавтоматической высадке предварительно нарезанных заготовок можно получать детали со стержнем длиной до 1200...1800 мм.

Диаметр исходной заготовки при радиальном обжатии $d_0 = (1...1,2)d$, а при выдавливании стержня $d_0 = (1,25...1,35)d$.

Критерием возможности штамповки высадкой является отношение

$$\frac{h_0}{d_0},$$

где h_0, d_0 — высота и диаметр высаживаемой части соответственно. В зависимости от объема получаемого при высадке утолщения для предупреждения продольного изгиба заготовки процесс выполняют за один или несколько переходов. За один-два перехода высадки изготавливают детали простой формы (заклепки, винты, болты), за три-шесть переходов — детали сложной формы с головкой большого диаметра и малой высоты, длинные полые и другие детали.

При высадке можно получать поперечные размеры деталей с точностью 8...9-го качества, размеры по длине с точностью 11...12-го качества; достигаемая шероховатость поверхности $R_a = 2,5...0,63$ мкм.

Для радиального обжатия можно применять все металлы, в том числе и металлические порошки. Твердость материала для обжима заготовок диаметром более 5 мм $\leq 25\text{HRC}$, $\sigma_b \geq 14$ МПа, $\delta \geq 4\%$, $\psi \geq 25\%$; материал исходной заготовки диаметром до 5 мм может быть более твердым.

С целью получения высокого качества деталей применяют калиброванные холоднотянутые прутки. Диаметр прутка не превышает 50...60 мм. Стали повышенной обрабатываемости резанием деформируют с $\psi \geq 25\%$. Обжимом по сравнению с высадкой предпочтительно обрабатывать заготовки из стали с повышенной степенью деформации ($\psi \approx 50\%$), содержащие более чем в 2 раза больше углерода, в 7 раз больше кремния, в 1,5 раза — марганца. Радиальным обжатием можно изготавливать в горячем и холодном состоянии ступенчатые и удлиненные детали из жаропрочных и других малопластичных сплавов,

пустотелые детали со сложной конфигурацией внутренней поверхности, детали с отверстиями малых диаметров на большой длине, выполнять сборочные операции.

Сборкой получают детали из двух втулок, втулки и стержня и деталей других типов различного поперечного сечения.

При холодной обработке параметр шероховатости поверхности $R_a = 0,32...0,08$ мкм, при горячей $R_a = 5...1,25$ мкм; точность при холодной обработке соответствует 6...9-му качеству, при горячей — 11...13-му качеству.

Чертеж штампованной при радиальном обжатии заготовки выполняют с учетом припусков на последующую обработку детали из меди (без примесей свинца), латуни, алюминия и коррозионно-стойких сталей.

Холодной листовой штамповке подвергают различные металлические и неметаллические материалы, поставляемые в виде листов, полос, лент и других профилей. Отклонения по толщине устанавливают ГОСТ 19903, ГОСТ 503, ГОСТ 1789.

Требования к материалам определяются основной формообразующей операцией: для разделительных операций, применяемых при изготовлении плоских деталей, рекомендуют материалы с высоким пределом прочности при растяжении 1000 МПа, малым относительным удлинением ($\delta \leq 1\%$) и твердостью не более 100 HRB; для формообразующих операций $\sigma_t/\sigma_b \leq 0,65$, относительное удлинение $\delta \geq 20...28\%$, твердость менее 65 HRB. Шероховатость холоднокатаной неполированной поверхности $R_a = 1,25...0,63$ мкм, полированной — $R_a = 0,63...0,15$ мкм.

При гибке форму заготовки получают путем развертки элементов детали на плоскость. Ее размеры находят суммированием длин прямолинейных и криволинейных участков. При многоугловой гибке сложных деталей размеры заготовки уточняют экспериментальным путем.

При вытяжке осесимметричных деталей заготовкой является круг, площадь которого равна площади поверхности детали с учетом площади отходов. При толщине детали более 1 мм расчет производится по средней линии. При многооперационной вытяжке деталей с квадратным попе-

речным сечением с $H/B > 0,7 \dots 0,8$ и прямоугольным в плане с соотношением сторон $a : b = 1,1 \dots 1,15$ (H — высота; a и b — длина и ширина детали) форма заготовки — круг.

Для вытяжки с утонением и комбинированной вытяжки заготовка должна иметь плавный оптимальный контур (круг — для круглой или квадратной детали, эллипс или овал для прямоугольной или эллиптической). Диаметр заготовки

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi S}},$$

где V — объем детали с учетом припуска на обрезку; S — толщина материала.

При отбортовке размеры отверстия определяются из условия равенства длин развертки детали и заготовки.

Ширина полосы (ленты) зависит от формы и размеров заготовки, способа раскладки и условий штамповки. Раскладку следует выбирать такой, чтобы получить наибольший коэффициент использования материала.

Коэффициент использования материала

$$\eta = \frac{V_d}{V_3},$$

где V_d — объем детали; V_3 — объем заготовки.

Отрезка листов выполняется на ножницах с параллельными и наклонными режущими кромками, а также на парнодисковых, отрезка широких лент — на многодисковых ножницах. Отрезку выполняют также на штампах. Допуски при отрезке на многодисковых и гильотинных ножницах приведены в табл. 52...54, с. 276 [22]. Допуск при отрезке на штампах заготовок толщиной до 3 мм соответствует 12...13-му качеству, толщиной 3...5 мм — 14-му качеству, толщиной более 5 мм — 14...16-му качеству.

Шероховатость поверхности среза по толщине неодинакова и изменяется от $R_a = 2,5 \dots 1,25$ мкм в зоне среза до $R_a = 80 \dots 40$ мкм в зоне скола. В зоне скола наблюдаются микротрещины. Упрочнение распространяется на ширину до 0,6...0,7 толщины заготовки от поверхности разделения. Минимальная ширина отрезаемой заготовки должна быть $2S$ или более.

При *вырубке* и *пробивке* минимальный зазор между пуансоном и матрицей (2...8% толщины) обеспечивает получение деталей высокого качества при увеличенных усилиях и пониженной стойкости штампа. Максимальный начальный зазор (до 22% толщины) обеспечивает получение деталей хорошего и удовлетворительного качества при пониженных усилиях и повышенной стойкости штампа. Стойкость штампа определяется допустимой величиной торцового заусенца, который увеличивается с возрастанием зазора между пуансоном и матрицей по мере их изнашивания. Вырубленная и пробитая заготовка почти по всему объему деформирована и имеет прогиб, для устранения которого применяют правку.

Ширина узких и длинных вырезов или прорезей должна быть не менее 1...1,5 толщины металла [$b \geq (1...1,5)S$]. Вырубку длинных и узких деталей постоянной ширины при $b \leq 3S$ рекомендуется заменять расплющиванием проволочных заготовок.

Наименьшее расстояние a между последовательно пробиваемыми отверстиями и расстояние от края детали до отверстия равны S для круглых отверстий и несколько больше для прямоугольных отверстий. Наименьшее расстояние между одновременно пробиваемыми отверстиями (2...3) S .

При чистовой *вырубке* и *пробивке* получают заготовки толщиной 1,5...20 мм и более с поверхностью среза, перпендикулярной к плоскости детали, и параметром шероховатости $R_a = 3,2...1,6$ мкм, точностью 6...9-го качества. Из многих способов наиболее совершенным является способ *вырубки* со сжатием заготовки по периметру разделения прижимом с ребром на специальных гидравлических прессах тройного действия или на универсальных прессах со специальными штампами. Одновременно при *вырубке* можно пробивать отверстия с теми же показателями качества. При чистовой *вырубке* расход металла обычно повышен. Усилие при чистовой *вырубке* (*пробивке*) в 1,5...3 раза, а работа — в 2...2,5 раза выше, чем при обычной *вырубке* (*пробивке*).

При небольшой толщине детали и повышенной точности изготовления штампа можно получить заготовки 6...7-го качества. Шероховатость поверхности среза

стальных деталей $R_a = 2,5...0,63$ мкм, деталей из цветных металлов и сплавов $R_a = 0,63...0,32$ мкм.

Зачистку отверстий снятием припуска применяют для заготовок толщиной 1...3 мм с отверстием диаметром до 3 мм. При диаметре заготовок свыше 3 мм и толщине до 3 мм пробивку и зачистку совмещают. При бóльшей толщине заготовок используют калибровку шариком или дорном.

Припуск на калибровку на 5...10% меньше припуска для однократной зачистки, но не более 0,05...0,15 мм на сторону. Стальные заготовки предварительно фосфатируют или меднят.

Оптимальный радиус гибки $R \geq S$ для материалов толщиной до 1,5 мм; $R \geq 2S$ для материалов толщиной свыше 1,5 мм. Минимальный радиус зависит от расположения линии гибки относительно направления проката, состояния материала (отожженный, наклепанный), угла гибки и находится в пределах 0,1...4 толщины заготовки. При гибке на угол больше 90° радиус гибки следует увеличивать в 1,1...1,3 раза. При наличии заусенцев в зоне растяжения радиус следует увеличивать в 1,5...2 раза.

Для получения меньших радиусов гибки в зоне гибки необходимо выдавливать канавки глубиной $h = (0,1...0,3) S > 3$ мм и шириной $h = (0,4...1,0) S > 2$ мм или чеканить угол.

При гибке в зоне деформации толщина детали уменьшается с уменьшением r/S . Длина b плоской части полочки должна быть не менее двух толщин материала. Более короткую полочку получают путем обрезки. Расстояние b от края отверстия до закругления должно быть не менее двух толщин заготовки. При меньшем расстоянии следует пробивать отверстие после гибки.

В массовом производстве применяют универсально-гибочные автоматы для изготовления деталей (заготовок) из проволоки диаметром до 6 мм и ленты толщиной до 2 мм и шириной до 70 мм.

Число операций вытяжки для достижения заданного диаметра определяется по суммарному коэффициенту вытяжки, равному произведению всех пооперационных коэффициентов.



Полуоткрытые несимметричные полые заготовки следует изготавливать вытяжкой с последующей разрезкой полученной заготовки на части. При вытяжке заготовки сложной конфигурации необходимо предусмотреть технологические базы для ее фиксирования. Края отверстия в дне и фланце не должны выходить на закругленные кромки детали. При простановке размеров следует указывать контролируемый диаметр (внутренний или наружный). Размеры уступов ступенчатой заготовки, а также различных элементов, формируемых на цилиндрической поверхности, рекомендуется задавать от наружной поверхности дна.

Точность заготовок по диаметру при вытяжке ориентировочно оценивается 11...12-м качеством. Шероховатость поверхности деталей увеличивается по сравнению с исходной.

При вытяжке с утонением наружный диаметр заготовки в зависимости от условий вытяжки может быть больше, меньше или равен диаметру матрицы; точность оценивается 7...9-м качеством, точность толщины стенки — 7...11-м качеством. Шероховатость наружной поверхности $R_a = 0,32...0,08$ мкм.

При комбинированной вытяжке одновременно уменьшается диаметр заготовки и толщина стенки. Заготовка может быть плоской и полый. Комбинированная вытяжка по сравнению с вытяжкой с утонением позволяет получить в 2...3 раза большую высоту заготовки за одну вытяжку. Точность наружного диаметра соответствует 7...8-му качеству с минусовым отклонением по всей длине по сравнению с диаметром матрицы. Точность толщины стенок соответствует 7...11-му качеству.

Вытяжку с нагревом используют для алюминиевых, магниевых и титановых сплавов. В этом случае за один переход можно получить примерно в 2 раза большую высоту заготовки, чем при холодной вытяжке.

Предварительная вытяжка способствует получению большей высоты борта.

Рельефную формовку применяют для образования на поверхности деталей различных по форме элементов же-

сткости вследствие растяжения металла и уменьшения его толщины.

Правку листов и полос выполняют на специальных станках или вальцах, обеспечивающих растяжение или многократный изгиб. Плоские детали и заготовки правят в штампах или на специальных станках; детали, полученные гибкой, вытяжкой и другими способами, правят в штампах (гладких, точечных и вафельных). В гладких штампах правят детали из мягких материалов при невысоких требованиях к точности; в точечных и вафельных — детали из всех материалов.

Комбинированная штамповка позволяет увеличить производительность в 3...15 раз. Ее выполняют на универсальных и многопозиционных прессах. При комбинированной штамповке на универсальных прессах используют штампы последовательного и совмещенного действия. В штампе последовательного действия переходы строят так, что штампуемая деталь от ленты (полосы) отделяется на последнем переходе. Последовательным способом штамповки можно выполнять практически все операции листовой штамповки.

При *совмещенной штамповке* число переходов ограничивается возможностью конструктивного размещения формообразующих элементов в штампе с учетом их прочности и надежности в эксплуатации.

При *последовательной штамповке* почти во всех случаях расход металла повышенный, отклонения расположения элементов контура детали выше, чем при совмещенной. Комбинированную совмещенную штамповку рекомендуется применять при изготовлении крупных деталей, так как стоимость одного крупного совмещенного штампа в несколько раз меньше стоимости нескольких однооперационных штампов для выполнения тех же операций. Комбинированную штамповку используют в крупносерийном и массовом производстве.

В мелкосерийном производстве применяют штамповку по элементам контура и комплексную штамповку, при которой контур детали получают за один ход ползуна пресса.

Рассмотрим, например, последовательность выбора заготовки для коленчатого вала (см. рис. 1.1). Материал

коленчатого вала по чертежу — сталь 45, но на основании проведенных НИИ компрессоростроения больших исследований по применению чугунных коленчатых валов для компрессоров средней мощности предлагается использовать высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 1412-85. Масса детали 4,6 кг.

Литые чугунные коленчатые валы имеют существенные преимущества по сравнению с коваными и штампованными стальными валами:

- возможность получения рациональных конструктивных форм;
- более высокий (в 1,5...3 раза) коэффициент использования металла (КИМ) за счет меньшего количества снимаемой стружки;
- меньшие затраты труда на обработку;
- возможность не подвергать термообработке (ТМО) шатунные шейки коленчатых валов из высокопрочного чугуна, так как его антифрикционные свойства настолько высоки, что износ шеек без ТМО меньше, чем у стальных с закалкой;
- меньшая чувствительность чугуна к концентрации напряжений, особенно в переходных зонах.

Литые чугунные валы широко применяются в тракторной промышленности. Заготовки коленчатых валов подвергают нормализации для получения заданного качества материала для снятия внутренних напряжений. Режим нормализации: загрузка в печь при 450°C; нагрев до 950°C; выдержка в печи в течение трех часов; охлаждение с печью до 640°C; охлаждение на воздухе. После термической обработки заготовки очищают от окалины методом дробеструйной или пескоструйной обработки.

Назначим припуски и допуски на заготовку, выполняемую литьем в кокиль, хорошо зарекомендовавшим себя в массовом производстве (годовой выпуск отливок свыше 100 тыс. шт.).

Для уменьшения припусков на механическую обработку назначаем точность отливки по первому классу. При этом возможен механизированный выем заготовок из форм. Допустимые отклонения размеров отливок для заготовок



габаритами до 500 мм составляют 0,4 мм, формовочные уклоны наружных поверхностей моделей — до 1°, радиусы закруглений — до 3 мм. Стойкость оболочковых форм до 100 тыс. съёмов.

Для оценки точности отливки обычно используются квалитеты по ГОСТ 25347-82. Рекомендуются следующие расположения допусков для размеров:

- односторонние — «в тело» для элементов отливки, расположенных в одной части формы и подвергаемых механической обработке; при этом для охватывающих элементов типа «отверстие» — «в плюс», для охватываемых типа «вал» — «в минус»;
- симметричные — для всех остальных размеров отливок.

По оптовому преЙскуранту сложность отливки можно отнести ко второй группе сложности.

Рекомендуемые допуски размеров при литье в кокиль для высокопрочного чугуна — 1Т15, шероховатость поверхности $R_z = 80$ мкм. Для такой точности отливок допуск на размер до 50 мм составляет 1 мм, а для размеров 50...80, 80...120, 120...180, 180...250, 250...315, 315...400 — соответственно 1,2; 1,4; 1,6; 1,85; 2,1; 2,3.

При формовании элементов отливки предложено применять вид разъема формы ВР-2.

Минимальные припуски на основные размеры существенно сократят затраты на механическую обработку.

На основании вышеперечисленных данных сконструирована заготовка коленчатого вала, выполняемая из высокопрочного чугуна.

После литья целесообразно провести галтовку деталей. Облой, остающийся после литья, следует обрубить штампом на провал по наружному контуру. Сложные поверхности можно зачистить от облоя с помощью борфрезы.

Экономичный способ производства заготовки выбираем на основе стоимостной оценки вариантов ее изготовления — литьем или штамповкой.

Исходные данные:

- годовая программа выпуска детали — 300 тыс. шт.;
- масса готовой детали — 4,6 кг.

Произведем оценку вариантов изготовления детали из штампованной и литой заготовки.

Коэффициент использования материала:

$$k_{\text{им}} = \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{з}}}, \quad (3.3)$$

где $G_{\text{д}}$ и $G_{\text{з}}$ — масса детали и заготовки.

а) При штамповке масса заготовки будет равна 6,4 кг:

$$k_{\text{им}} = \frac{4,6}{6,4} = 0,72;$$

б) при литье под давлением масса заготовки равна 5,16 кг:

$$k_{\text{им}} = \frac{4,6}{5,16} = 0,89.$$

Таким образом, при литье под давлением коэффициент использования металла выше, чем при штамповке, поэтому по первому варианту конструкция заготовки технологичнее и ее себестоимость ниже.

Рассчитаем годовую экономию материала при использовании литой заготовки по формуле

$$\Delta G = \frac{G_{\text{ш}} - G_{\text{л}}}{N_{\text{г}}},$$

где $G_{\text{ш}}$ — масса заготовки штампованной, кг; $G_{\text{л}}$ — масса заготовки литейной, кг; $N_{\text{г}}$ — годовой объем выпуска деталей, шт.

Подставив значения в формулу, получим

$$\Delta G = (6,4 - 5,16)300\,000 = 372\,000 \text{ кг.}$$

РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ПО ВАРИАНТАМ

Выберем экономичный вариант заготовки на основе оценки эффективности сопоставимых вариантов, т. е. сравним суммарную себестоимость заготовки и механической обработки $C_{\text{до}}$, отнесенные на единицу продукции:

$$C_{\text{до}} = C_{\text{з}} + C_{\text{дм}} \rightarrow \min,$$



где C_3 — технологическая себестоимость заготовки; $C_{\text{ДМ}}$ — технологическая себестоимость механической обработки детали.

Стоимость 1 кг отливки равна

$$C_{\text{зл}} = \frac{C_{\text{мл}}}{1000} k_{\text{мо}} k_{\text{мм}} k_{\text{т}} k_{\text{со}},$$

где $C_{\text{мл}} = 9586$ руб. — стоимость 1 т отливок; $k_{\text{т}} = 1$ — коэффициент, учитывающий тип производства; $k_{\text{мо}} = 0,9$ — коэффициент, учитывающий массу отливки; $k_{\text{со}} = 0,9$ — коэффициент, учитывающий сложность отливок; $k_{\text{мм}} = 1$ — коэффициент, учитывающий марку материала.

Подставляя данные, получим $C_{\text{зл}} = 7,76$ руб./кг.

Стоимость 1 кг штамповки определяется по аналогичной формуле

$$C_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{мш}}}{1000} k_{\text{пш}} k_{\text{вш}} k_{\text{сш}} k_{\text{мш}},$$

где $C_{\text{мш}} = 5724$ руб./т — стоимость 1 т штамповок; $k_{\text{пш}} = 1$ — коэффициент, зависящий от типа производства; $k_{\text{вш}} = 1$ — коэффициент, учитывающий массу штамповки; $k_{\text{сш}} = 1,15$ — коэффициент, характеризующий группу сложности штамповки; $k_{\text{мш}} = 1$ — коэффициент, учитывающий марку материала.

Стоимость 1 кг штампованной заготовки составит

$$C_{\text{зш}} = 7,76 \text{ руб./кг.}$$

Стоимость одной заготовки, изготовленной литьем:

$$C_3 = g_{\text{м}} C_{\text{м}} k_{\text{тз}} - g_{\text{о}} C_{\text{о}},$$

где $g_{\text{м}} = 5,16$ кг — масса заготовки; $C_{\text{м}} = 7,76$ руб./кг — стоимость 1 кг отливки; $k_{\text{тз}} = 1,05$ — коэффициент транспортных затрат; $g_{\text{о}} = 0,112$ кг — масса отходов; $C_{\text{о}} = 0,69$ руб./кг — стоимость реализации отходов.

$$C_3 = 5,16 \cdot 7,76 \cdot 1,05 - 0,112 \cdot 0,69 = 42 \text{ руб./ед.}$$

Стоимость одной заготовки, изготовленной штамповкой,

$$C_3 = 43 \text{ руб./ед.}$$

Стоимость механической обработки вычислим по формуле

$$C_{\text{обр}} = Z_{\text{ор}} + Z_{\text{рм}},$$

где $Z_{\text{ор}}$ — зарплата основным рабочим; $Z_{\text{рм}}$ — расходы по эксплуатации оборудования.

Рассчитаем заработную плату операторам автоматической линии по формуле

$$Z_{\text{ор}} = \frac{C_{\text{ср}} \Phi_{\text{рд}} m}{N} k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где $C_{\text{ср}}$ — средняя часовая тарифная ставка рабочего; $\Phi_{\text{рд}}$ — действительный фонд рабочего времени одного рабочего; m — число рабочих на автоматической линии; k_1 — коэффициент, учитывающий премиальные надбавки; k_2 — коэффициент, учитывающий районные надбавки; k_3 — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; k_4 — коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование.

В данном варианте

$$C_{\text{ср}} = 1,2 \text{ руб./ч}; \quad \Phi_{\text{рд}} = 1920 \text{ ч}; \quad m = 6;$$

$$k_1 = 1,55; \quad k_2 = 1,5; \quad k_3 = 1,42; \quad k_4 = 1,39.$$

Подставляя эти значения в приведенную формулу, получаем:

$$Z_{\text{ор}} = 0,4 \text{ руб./ед.}$$

Расходы на социальные нужды (39% $Z_{\text{ор}}$) составляют 0,078 руб./ед.

Расходы на содержание оборудования включают: амортизацию оборудования, затраты на текущий ремонт, возмещение и ремонт быстро изнашиваемого инструмента и т. п.:

$$Z_{\text{рм}} = A_0 + Ц_{\text{р}} + Z_{\text{вр}} + Z_{\text{вм}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{рв}},$$

где A_0 — амортизация оборудования; $Ц_{\text{р}}$ — цеховые расходы; $Z_{\text{вр}}$ — зарплата вспомогательных рабочих; $Z_{\text{вм}}$ — затраты на вспомогательные материалы; $Z_{\text{э}}$ — затраты на электроэнергию; $Z_{\text{рв}}$ — затраты на ремонт и восстановление оборудования.

Амортизацию оборудования рассчитывают по формуле

$$A_o = \frac{C_o N_a}{100N},$$

где C_o — стоимость оборудования; $N_a = 6,7\%$ — норма амортизации; N — годовая программа выпуска.

По данным экспертных оценок стоимость разработки, изготовления и монтажа системы автоматических линий составляет 22 405 тыс. руб.

Подставим эти значения в формулу и получим

$$A_o = 5 \text{ руб./ед.}$$

По данным преддипломной практики: текущие затраты на участке составляют 257,1 тыс. руб.; на одну деталь — 0,857 руб./ед.; заработная плата вспомогательных рабочих по цеху составляет 63 тыс. руб.; затраты на одно изделие — 0,214 руб./ед.; затраты на электроэнергию по цеху — 99 тыс. руб., тогда на одно изделие 0,33 руб./ед.; затраты на вспомогательные материалы по цеху — 32,1 тыс. руб., на единицу продукции — 0,2 руб./ед.; затраты на ремонт и восстановление оборудования и инструментов по цеху — 231 тыс. руб., на одно изделие — 0,77 руб./ед.

Себестоимость детали, получаемой литьем:

$$\begin{aligned} C_o &= C_з + C_т = C_з + З_{ор} + З_{рм} = \\ &= C_з + З_{ор} + A_o + Ц + З_{вп} + З_{вм} + З_э + З_{рв}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_o &= 42 + 0,2 + 5 + 0,857 + 0,214 + 0,33 + 0,2 + 0,77 = \\ &= 49,56 \text{ руб./ед.} \end{aligned}$$

Таблица 3.19

Сравнительный анализ себестоимости одной заготовки при изготовлении на автоматической линии

| Показатель | Литье | Штамповка |
|---|-------|-----------|
| Коэффициент использования материала | 0,89 | 0,72 |
| Стоимость (руб.): | | |
| 1 т металла | 9586 | 5724 |
| 1 заготовки | 42 | 43 |
| 1 заготовки с учетом механической обработки | 49,56 | 50,56 |



Себестоимость детали, получаемой штамповкой:

$$C_{\text{шт}} = 43 + 0,2 + 5 + 0,857 + 0,214 + 0,33 + 0,2 + 0,77 = \\ = 50,56 \text{ руб./ед.}$$

Так как себестоимость изготовления детали из литой заготовки ниже, чем из штамповки, то заготовку выгоднее получать литьем (табл. 3.19).

3.3. ПЛАН ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Анализируя конструкторскую документацию, технолог определяет число ступеней обработки для каждой поверхности детали. При проектировании технологического процесса с использованием САПР ТП из базы данных берут типовые планы обработки поверхностей или маршруты их обработки.

На число ступеней обработки и состав планов обработки поверхностей деталей влияют:

- точность формы и размеры исходной заготовки;
- требуемая по чертежу точность формы и размеров рассматриваемой поверхности. Чем выше требуемая точность, тем больше ступеней обработки понадобится;
- необходимость и характер ТМО. Большая часть методов ТМО (цементация, закалка, отпуск, азотирование) связана с потерей точности формы и размеров поверхностей, достигнутой на предшествующих ступенях механической обработки. Поэтому наличие ТМО увеличивает число операций механической обработки. Жесткие допуски на параллельность и перпендикулярность поверхностей даже при свободных допусках требуют введения в технологический процесс операции чистового точения и шлифования; для установочных баз число ступеней увеличивается на 1...2 по сравнению с тем, что требуется для получения заданной в конструкторской документации точности размеров и формы поверхности. Обычно базирующие поверхности с самого начала обрабатываются чрезвычайно точно, а после каждого этапа (чернового, чистового) и после ТМО производится обновление или уточнение баз;



Таблица 3.20

План обработки основных поверхностей

| Размер | Маршрут обработки | Допуск, мкм | Шероховатость, мкм |
|----------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| ∅ 40k6, ∅ 40 _{-0,01} | Фрезерование | | |
| | черновое | 390 | 16 |
| | чистовое | 100 | 1,6 |
| ∅ 32g6 | Шлифование | | |
| | предварительное | 62 | 0,4 |
| | тонкое | 16 | 0,16 |
| | Суперфиниширование | 11 | 0,1 |

- требуемое качество поверхности. Способ окончательной обработки, применяемой для получения размера в пределах допуска, иногда не обеспечивает заданного качества поверхности (шероховатости, физико-химических свойств поверхностного слоя), тогда вводят дополнительные операции — отделочную и упрочняющую. Например, для коленчатого вала можно выбрать план обработки основных поверхностей (Приложение 3, табл. П3.3), показанный в табл. 3.20. Основными поверхностями корпуса являются ∅ 40k6, ∅ 40_{-0,01} и ∅ 32g6, поэтому план обработки выбран только для этих поверхностей.

3.4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ

1. Выявляется характер размерных связей, который определяется системой простановки линейных координирующих размеров и системой допусков на точность взаимного расположения поверхностей (соосность, параллельность, перпендикулярность).

Известны следующие системы простановки размеров (см. рис. 3.9):

- координатная, когда выбирают одну поверхность и относительно ее координируют положение всех поверхностей данного координатного направления;
- цепная, когда размеры проставляют непрерывной цепью;
- смешанная или комбинированная, когда размеры проставлены по координатной и цепной системам.

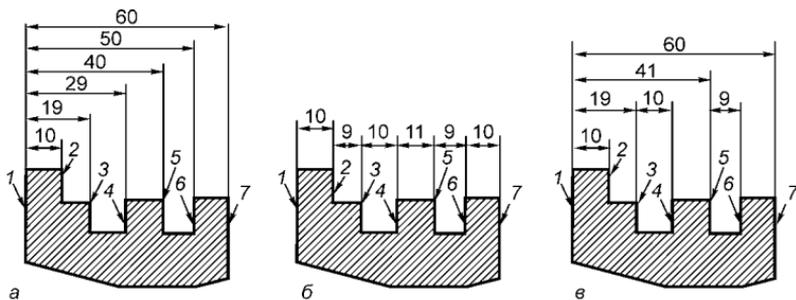


Рис. 3.9

Системы простановки размеров:

а — координатная; б — цепная; в — комбинированная.

При координатной схеме простановки размеров на каждом этапе обработки первой следует обрабатывать поверхность 1, от которой проставлены все размеры (поверхность 1), последовательность обработки остальных размеров — любая (рис. 3.9а).

При цепной простановке размеров начинать обработку можно с любой поверхности, но обработку остальных поверхностей следует выполнять в последовательности, которая диктуется системой простановки размеров. Например, если сначала обрабатывается поверхность 2, то остальные поверхности надо обрабатывать в последовательности 3–4–5–6–7–1, а если поверхность 7, то в последовательности 6–5–4–3–2–1 (рис. 3.9б).

При смешанной простановке размеров (для поверхностей, связанных размерами по координатной системе) последовательность обработки любая, начиная от поверхности 1, поверхности 2, 3, 5, 7 обрабатывают в произвольной последовательности, а другие (заданные в цепной системе) в следующем порядке: поверхность 4 после 3, 6 после 5 (рис. 3.9в).

3.5. РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ЭТАПЫ

Технологический процесс механической обработки детали включает все ступени (операции, переходы), которые намечены маршрутом обработки отдельных поверхностей. Опытный технолог содержит в памяти весь мас-

сив переходов. Как правило, этот массив необходимо фиксировать в таблице, где число столбцов соответствует числу поверхностей (табл. 3.21). Каждый столбец содержит перечень ступеней обработки (план обработки) соответствующей поверхности. Информативность таблицы возрастает, если по горизонтали расположить все виды операций (заготовительную, обдирочную, термическую, черновую, получистовую, чистовую и т. д.).

Деление технологического процесса на этапы, дробление обработки поверхностей на отдельные черновые, чистовые и другие операции позволяют с минимальными затратами обеспечить заданную цель, так как:

- при обработке каждой поверхности нельзя избежать некоторого искажения ранее обработанных поверхностей вследствие остаточных напряжений в детали и повреждений этих поверхностей при закреплении;
- при нагреве детали (в процессе удаления больших припусков) возникают погрешности формы и размеров;
- при наличии ТМО отделение черновых операций от чистовых обязательно, потому что в процессе ТМО изменяются точность формы и размеры детали. После ТМО обязательна ее механическая обработка;
- для черновых операций используются мощные станки с высокой жесткостью элементов, а для чистовых — менее мощные, но быстроходные и более точные станки.

Таблица 3.21

Массив данных по обработке поверхностей детали

| Операция | Наименование операции | № поверхности обрабатываемой детали | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 010 | Заготовительная | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 015 | Термообработка | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 020 | Токарная черновая | + | + | + | + | + | + | + | | |
| 025 | Термообработка | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 030 | Токарная чистовая | + | + | + | + | + | + | + | | |
| 035 | Термообработка | | | | + | + | | | | |
| 040 | Шлифовальная | | | | + | + | | | | |
| 045 | Хонинговальная | | | | + | + | | | | |

3.6. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНА ОПЕРАЦИЙ (ТЕХНОЛОГИИ МАРШРУТНОГО ОПИСАНИЯ)

Технологический процесс в зависимости от конструктивных характеристик изделия, объема выпуска и производственных условий может быть расчленен на различное число операций исходя из следующих принципов.

1. *Принцип концентрации*, который характеризуется тенденцией сосредоточения в одной операции обработки возможно большего числа поверхностей. При этом упрощается организация производства, так как его планирование ведется по операциям, а их число должно стремиться к минимуму; сокращается номенклатура приспособлений, необходимых для установки и закрепления деталей; уменьшается число установок детали, что весьма важно при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей, а также облегчается достижение высокой точности взаимного расположения поверхностей; появляется возможность использовать станки высокой производительности (многолезцовые, агрегатные, многошпиндельные и т. п.).

Пути осуществления принципа концентрации:

- организационный — объединение нескольких операций в одну производится так, что метод достижения заданной точности не претерпевает никаких изменений. Осуществляется на универсальном оборудовании рабочими высокой квалификации;
- технологический — простые переходы объединяются в сложные. Применяется при использовании многолезцовых, многошпиндельных, агрегатных и т. п. станков;
- механический — замена установов позициями или механизированная смена инструмента. Переходы при этом органически не объединяются. Реализуется с использованием позиционных и т. п. приспособлений и устройств станков.

2. *Принцип дифференциации* — разукрупнение обработки и упрощение каждой операции за счет увеличения их числа. При этом обеспечивается простота обслуживания (упрощаются приспособления, инструменты, наладка станков, сокращается время на подготовку производства); воз-

никает возможность придания гибкости производству, так как технологический процесс легко перестраивать, что важно в условиях частой смены объектов производства; назначаются оптимальные режимы резания в каждом переходе.

Основным фактором, влияющим на допустимую степень дифференциации, является объем выпуска (тип производства). В единичном и мелкосерийном производстве составляются планы обработки деталей по принципу организационной и отчасти механической концентрации с использованием универсального оборудования и рабочих высокой квалификации. Характерно для опытного производства, ремонтных цехов, цехов подготовки производства. В средне- и крупносерийном производстве используется дифференциация операций и совершенствование самих концентрированных операций. В массовом производстве применяется технологическая концентрация операций на автоматических поточных линиях, в обрабатывающих центрах с ПУ и интегрированных производственных системах.

3.7. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

На выбор оборудования оказывают влияние такие факторы, как конфигурация и габаритные размеры детали, требуемая по характеру операций точность обработки, объем выпуска изделий, размер партии деталей, вид заготовки.

С технологической точки зрения оборудование подразделяют:

1) на станки общего назначения (универсальные) — токарно-винторезные, вертикально- и радиально-сверлильные, вертикально- и горизонтально-фрезерные и т. п.;

2) станки общего назначения с повышенной производительностью — токарно-револьверные, токарные автоматы и полуавтоматы, бесцентрово-шлифовальные и т. п.;

3) станки определенного назначения — зубофрезерные, резьбофрезерные и т. п.;

4) специальные или агрегатные станки, изготавливаемые по отдельному заказу и предназначенные для выполнения одной или небольшого числа наименований деталей (см. рис. 3.10).

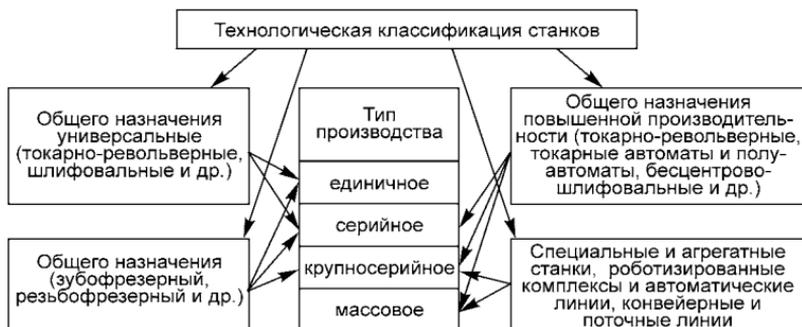
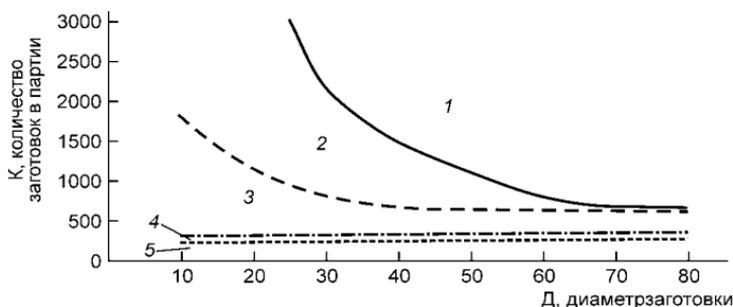
**Рис. 3.10**

Схема выбора оборудования для различных типов производства

**Рис. 3.11**

Области целесообразного использования станков различных типов:

1 — шестишпиндельный автомат; 2 — четырехшпиндельный автомат; 3 — одношпиндельный автомат; 4 — револьверный станок; 5 — токарный станок.

Таблица 3.22

Рекомендации по выбору оборудования для операции

| Выбор типа оборудования обуславливается его возможностями обеспечивать ТТ к обрабатываемой детали (сборке) на операции (точность размеров и формы, взаимное расположение поверхностей, шероховатость и др.) | |
|---|--|
| Соответствие основных размеров рабочей зоны станка габаритным размерам детали | Рациональное использование станка по мощности, жесткости, диапазону скоростей и подач, возможность оптимизации режимов резания |
| Вид заготовки (штучная, пруток) | Наименьшая трудоемкость обработки |
| Точность обработки и шероховатость поверхности | Наличие или реальная возможность приобретения |
| Производительность станка, программа выпуска | Требования ТБ, ПБ и экологии |

Выбор типа оборудования обуславливается прежде всего типом производства (рис. 3.11). При этом область применения высокопроизводительных станков уменьшается с увеличением габаритных размеров обрабатываемых заготовок.

Следует также учитывать возможность обеспечения оборудованием ТТ обрабатываемой детали (сборки) на операции (точность размеров и формы, взаимное расположение поверхностей, шероховатость и пр.). Типоразмер (модель) станка выбирают из условий, указанных в табл. 3.22.

3.8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Выбор технологических баз — один из самых ответственных этапов проектирования процесса, так как он предопределяет систему простановки размеров, схему и конструкцию приспособлений, возможности выполнения обработки по настройке. Этот раздел представлен для изучения в курсе технологии машиностроения (ТМС) «Теоретические основы разработки технологических процессов».

3.8.1. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ОПЕРАЦИЮ

Из-за неудобства размещения требований на бланках операционных карт для особо ответственных операций разрабатывают технические требования и выносят их в виде текстового документа на карты эскизов.

Прежде всего, на базе размерного анализа выполняется расчет припусков и допусков на размеры заготовки, выполняемых в операции (см. курс ТМС «Теоретические основы разработки технологических процессов»).

Затем разрабатываются технические требования к операции (можно использовать условные обозначения, принятые в картах наладок), где указываются:

а) допустимая погрешность формы (плоскостность, цилиндричность и т. п.), но не всегда, а только когда она

должна быть меньше допуска на соответствующий размер поверхности или координирующий размер. Во всех случаях следует оговаривать неконтролируемые погрешности формы — изогнутость оси цилиндрических заготовок и т. п.;

б) параллельность плоскостей и осей (указывают, когда она должна быть меньше допуска на соответствующий координирующий размер);

в) концентричность цилиндрических поверхностей;

г) перпендикулярность плоскостей и осей (как правило, указывают в операциях окончательной обработки и не указывают на черновых и промежуточных операциях);

д) симметричность (например, пазов и т. п.) и соосность относительно базы. Фактически несимметричность показывают только при высоких требованиях к ней.

Рассмотрим особенности расчета допусков на неточности формы и расположения поверхностей. Регламентация неточностей формы и расположения поверхностей может выполняться как в текстовой форме ТТ, так и условными обозначениями по ГОСТ 2.308-68.

Для черновых и промежуточных операций:

а) допуски на концентричность поверхностей устанавливают из условия соответствия их среднеэкономической точности установки с учетом использования типа установочно-зажимных приспособлений;

б) допуски на соосность обработанной поверхности устанавливают относительно поверхности, принятой за установочную базу:

— при установке в кулачковые, цанговые, плунжерные патроны и на оправки центр внутреннего отверстия смещается на величину

$$\delta_e = a(1 + bl)\sqrt{\delta_D},$$

где δ_e — допуск на диаметр установочной базы; l — вылет заготовки; δ_D — допуск на диаметр базового отверстия; a, b — коэффициенты (табл. 3.23).

— при установке в центрах

$$\delta_e = a\sqrt{D} + bL, \quad (3.4)$$

Таблица 3.23

Значения коэффициентов a и b в формуле (3.4)

| Тип установочно-зажимного устройства | Категория точности установки | | | | | |
|---|------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | обычная (О) | | повышенная (П) | | высокая (В) | |
| | a | b | a | b | a | b |
| Патроны трехлачковые и оправки плунжерные | 0,17 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 0,08 | 0,02 |
| Патроны и оправки цанговые | 0,12 | 0,01 | 0,09 | 0,01 | 0,06 | 0,01 |
| Патроны и оправки с гидропластом и мембранные | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Центры | $6 \cdot 10^{-5}$ | $5 \cdot 10^{-5}$ | $18 \cdot 10^{-6}$ | $15 \cdot 10^{-6}$ | $9 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-6}$ |

где D — диаметр установочной базы; L — длина детали.

Погрешность зацентровки рассчитывают по уравнению

$$\delta_e = 0,2\sqrt{\delta_D^2 + 0,5}; \quad (3.5)$$

— при установке заготовки на жесткой цилиндрической оправке с зазором

$$\delta_e = 0,5(S_{\min} + S_o + \delta_D), \quad (3.6)$$

где S_{\min} — наименьший посадочный зазор; S_o — допуск на базовый размер оправки.

Для операций окончательной обработки значения указанных допусков в формулах (3.4)...(3.6) должны определяться из условия обеспечения соответствующих параметров в пределах, указанных в ТТ чертежа (см. рис. 3.12). В операции 12 ИБ = УБ = КБ, т. е. соблюдено условие совмещения измерительной, установочной и конструкторской баз, поэтому $\delta_{Б12} = 0,03$, т. е. допуск равен чертежному. Точность параметра $\delta_{Б13}$ обеспечивается косвенно, так как

$$\text{ИБ} = \text{УБ} \neq \text{КБ}.$$

Уравнение допусков цепи биений будет иметь вид (в векторной системе)

$$\bar{\delta}_{\text{БЛ}} = \sum_{m+n} \bar{\delta}_{\text{Би}}$$



где $\bar{\delta}_{B\Delta}$ — замыкающее звено в размерной цепи биений;
 $\bar{\delta}_{Bi}$ — допуск на биение в операциях.

Если векторы биений будут располагаться под углом 90° относительно друг друга, то

$$\delta_{B\Delta}^2 = \sum_{m+n} \delta_{Bi}^2 \quad \text{или} \quad \delta_{B\Delta}^2 = \sqrt{\sum_{m+n} \delta_{Bi}^2}.$$

Для цепи

$$\bar{\delta}_{B\Delta} = \bar{\delta}_{B12} + \bar{\delta}_{B13}; \quad \delta_{B\Delta}^2 = \delta_{B12}^2 + \delta_{B13}^2,$$

т. е.

$$0,05^2 = 0,01^2 + \delta_{B13}^2; \quad \delta_{B13} = \sqrt{0,05^2 - 0,01^2} = 0,04 \text{ мм.}$$

Следовательно, из-за несовмещения исходной и установочной баз с конструкторской базой допуск на биение должен быть меньше допуска, заданного чертежом.

Во многих случаях расчет допусков на concentricity для окончательных операций выполняется в варианте проверки. Сначала по таблицам и уравнениям определяют допуски на concentricity последовательно на все операции (от заготовок до окончательных), а затем строят размерные цепи биений, принимая в качестве замыкающих звеньев чертежные допуски на concentricity и припуски на обработку цилиндрических поверхностей.

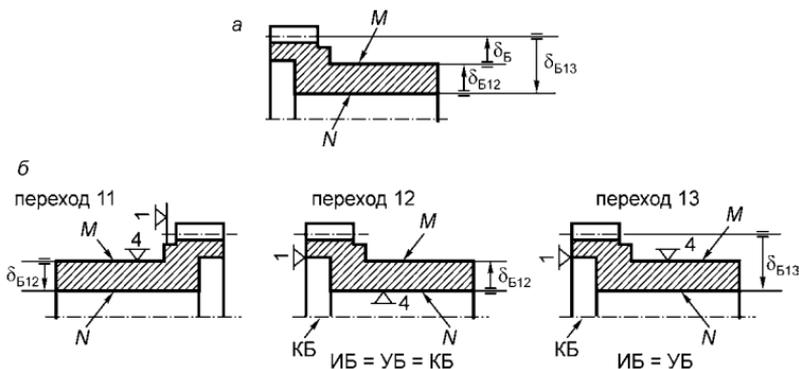


Рис. 3.12

Эскиз зубчатого колеса (а) и технологические схемы обеспечения относительного биения поверхностей (б)

Для размерных цепей, где в качестве замыкающего звена принято $\bar{\delta}_{\text{БД}}$, подсчитывают $\sum_{m+n} \delta_{\text{Б}i}^2$ и проверяют следующее условие:

$$\sqrt{\sum_{m+n} \delta_{\text{Б}i}^2} \leq \delta_{\text{БД}}. \quad (3.7)$$

Если условие (3.5) не выполняется, то допуски на концентричность в операции окончательной обработки уменьшают на коэффициент:

$$k_{\text{Б}} = \frac{\delta_{\text{БД}}}{\sqrt{\sum \delta_{\text{Б}i}^2}}.$$

Технические требования к эскизу зубчатого колеса (рис. 3.12):

- биение поверхности M относительно поверхности N не превышает 0,03 мм;
- биение начальной окружности зубьев относительно оси поверхности M не превышает 0,05 мм.

Технологические переходы при обработке поверхностей: 11 — окончательное шлифование отверстия N ; 12 — шлифование вала M ; 13 — окончательное шлифование зубьев колеса.

3.8.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ЗАГОТОВОК

Припуск — это слой материала, назначенный для компенсации погрешностей, возникающих в процессе обработки заготовки с целью получения детали заданного КД качества. Припуски удаляются с поверхности заготовки в процессе обработки.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКОВ

Изменение размера обрабатываемой поверхности в пределах допуска вызывает колебание величины припуска от минимального до максимального. Поэтому рассчитывают минимальный, номинальный и максимальный припуски.



На практике применяются следующие методы расчета припусков.

1. *Расчетно-аналитический* — позволяет устанавливать оптимальные значения припусков для каждого сочетания условий обработки. Он наиболее точен. Для заданных условий выполнения операций выявляют факторы, влияющие на величину операционного припуска, расчетным путем или по справочным таблицам. Устанавливают элементы припуска, достаточные для компенсации влияния каждого из факторов. Суммируя эти элементы, определяют величину операционного припуска.

Для определения припусков существуют следующие расчетные случаи:

а) на обработку цилиндрических поверхностей у деталей, представляющих собой тела вращения (валы, втулки и т. п.);

б) на обработку цилиндрических поверхностей, координируемых линейными размерами (отверстия в корпусах и т. п.);

в) на обработку плоскостей и торцов.

2. *Нормативный метод* позволяет нормировать припуски в масштабе отрасли и создать единую систему припусков и допусков на операционные размеры, минимизирует труд технолога. Используют ОСТы на припуски, позволяющие дать заготовительным цехам и заводам заказы на заготовки до разработки техпроцесса.

В технологии машиностроения существуют методы автоматического получения размеров (МАПР) и индивидуального получения размеров (МИПР).

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

Минимальный припуск при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i; \quad (3.8)$$

— при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i]; \quad (3.9)$$

— при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{i\min} = 2\left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right], \quad (3.10)$$

где R_{zi-1} — высота неровностей профиля на предшествующем переходе; h_{i-1} — глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой); $\Delta_{\Sigma i-1}$ — суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе); ε_i — погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Номинальный припуск на обработку поверхностей:

— наружных

$$Z_i = Z_{i\min} + ei_{i-1} + ei_i; \quad (3.11)$$

$$2Z_i = 2Z_{i\min} + ei_{Di-1} + ei_{Di}, \quad (3.12)$$

— внутренних

$$Z_i = Z_{i\min} + ES_{i-1} - ES_i; \quad (3.13)$$

$$2Z_i = 2Z_{i\min} + ES_{Di-1} - ES_{Di}, \quad (3.14)$$

где ei_{i-1} , ei_{Di-1} , ei_i , ei_{Di} — нижние отклонения размеров на предшествующем и выполняемом переходах соответственно; ES_{i-1} , ES_{Di-1} , ES_i , ES_{Di} — верхние отклонения размеров на предшествующем и выполняемом переходах соответственно; ei_{Di-1} , ei_{Di} , ES_{Di-1} , ES_{Di} — размеры, относящиеся к диаметральным.

Номинальные припуски необходимо знать для определения номинальных размеров формообразующих элементов технологической оснастки (штампов, пресс-форм, моделей, волок, приспособлений).

Максимальный припуск на обработку поверхностей:

— наружных

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i; \quad (3.15)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i, \quad (3.16)$$



— внутренних

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i; \quad (3.17)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i, \quad (3.18)$$

где Td_{i-1} и Td_i — допуски размеров на предшествующем переходе; TD_i и Td_i — допуски размеров на выполняемом переходе.

Максимальные припуски и припуски для технологических целей (уклоны, напуски, упрощающие конфигурацию заготовки и т. п.) принимают в качестве глубины резания и используют для определения режимов резания (подачи, скорости резания) и выбора оборудования по мощности.

Минимальный припуск на обработку при методе индивидуального получения заданных размеров рассчитывается по формулам (3.8) и (3.9) с заменой в них при расчетах погрешности установки ε_i погрешностью выверки ε_b .

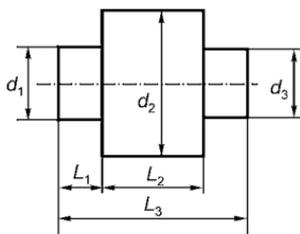


Рис. 3.13

Вал трехступенчатый

Номинальные и максимальные припуски определяют по формулам (3.10)...(3.18).

Расчет начинают с установления размера, припуска и допуска для операции окончательной обработки поверхности, для которой размер и допуск равны чертежным, а заканчивают определением размеров заготовки.

Рассмотрим пример решения задачи по определению припуска и межоперационных допусков на размеры (рис. 3.13). Данные для расчета припусков взяты из Приложения 3.

Задача.

Рассчитать промежуточные припуски под обработку шейки d_2 аналитическим методом и промежуточные размеры для каждого перехода. Шероховатость поверхностей $R_a = 1,25$ мкм.

Исходные данные для расчета:

- трехступенчатый вал изготавливается из стали 45;
- заготовка — штамповка, второй класс точности, масса 2 кг;

- обработка выполняется в центрах на токарном станке;
- размеры детали: $d_1 = d_3 = 25$ мм; $d_2 = 55h6$ мм; $L_1 = 30$ мм; $L_2 = 50$ мм; $L_3 = 150$ мм.

Последовательность выполнения расчетов по определению припусков и операционных размеров приведена на рис. 3.12. Все рассчитанные параметры заносят в таблицу (табл. 3.24).

Расчет припусков на линейные размеры является более сложной и трудоемкой задачей, поскольку выполняется построением и решением технологических размерных цепей. Задачи, которые при этом решаются, относятся к задачам проектного типа и рассматривались нами ранее [26].

Таблица 3.24

Результаты расчета припусков и операционных размеров на механическую обработку ступенчатого вала

| Маршрут | Элементы припуска, мкм | | | Расчетные величины | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------|------------------------|-------------|----------------|
| | R_z | h | $\Sigma\Delta$ | ε | Z_i , мкм | d_{min} , мм |
| Штамповка | 160 | 200 | 500 | — | — | 57,122 |
| Точение: | | | | | | |
| черновое | 50 | 50 | 30 | 0 | 1720 | 55,402 |
| чистовое | 25 | 25 | 1,2 | 0 | 260 | 55,142 |
| Шлифование: | | | | | | |
| предварительное | 10 | 20 | 0 | 0 | 102 | 55,040 |
| окончательное | | | | | 60 | 54,980 |
| Маршрут | Допуск размера, мкм | Принятые значения размера заготовки, мм | | Предельный припуск, мм | | |
| | | максимальный | минимальный | Z_{max} | Z_{min} | |
| Штамповка | 2000 | 59,00 | 57,00 | — | — | |
| Точение: | | | | | | |
| черновое | 400 | 55,80 | 55,40 | 3,20 | 1,60 | |
| чистовое | 120 | 55,27 | 55,15 | 0,53 | 0,25 | |
| Шлифование: | | | | | | |
| предварительное | 60 | 55,10 | 55,04 | 0,17 | 0,11 | |
| окончательное | 20 | 55,00 | 54,98 | 0,10 | 0,06 | |



ПРИМЕР РАСЧЕТА ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ
 ИЗ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
 ТЕРМОУПРОЧНЯЕМОГО СЛОЯ
 НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Условие: вал обрабатывают перед термической обработкой на размер D_{i-1} , затем выполняют термоупрочнение на глубину A_T . Далее производят окончательную обработку (шлифование) на размер D_i .

Уравнение цепи имеет вид

$$A_K = A_T - t.$$

Уравнение связи допусков замыкающего и составляющего звеньев может быть представлено в виде

$$\delta_\Delta = \sum_{m+n} \delta_i,$$

где m — число увеличивающих составляющих звеньев цепи; n — число уменьшающих звеньев.

Поэтому должно выполняться:

$$\delta_\Delta = \delta_K + \delta_T + \delta_t,$$

где δ_K — допуск по чертежу; δ_T — допуск на технологическую глубину операции термоупрочнения по нормативам.

Тогда

$$\delta_t \leq \delta_K - \delta_T. \quad (3.19)$$

Далее устанавливают параметры предварительной и окончательной механической обработки, допуски на размер D_{i-1} , D_i , технические требования на неконцентричность δ_{Bi} в каждой операции и определяют

$$\delta_{Bi} = \sqrt{\sum \delta_{Bi}^2}.$$

Расчетное неравенство для обеспечения качества обработки

$$\delta_i + \delta_{i-1} + \delta_{py} + \sqrt{\sum_{\min} \delta_{Bi}^2} \leq \delta_K - \delta_T, \quad (3.20)$$

где δ_{i-1} — допуск на размер цилиндрической поверхности до термоупрочнения; δ_{py} — допуск на увеличение или уменьшение размера детали после термоупрочнения.



Задача определения припусков и операционных размеров на обработку цилиндрических поверхностей при термоупрочнении решается в следующей последовательности (см. рис. 3.14, 3.15):

1) уточняем и анализируем заданные по чертежу параметры: размер D_i и допуск на него δ_i ; глубина термоупрочняемого слоя A_k и допуск на нее δ_k ;

2) по нормативам или по согласованию с технологом термического цеха назначаем параметры операции термоупрочнения: допуск δ_T на размер A_T ; предельные значения увеличения ($A_{p\max}, A_{p\min}$) или уменьшения ($A_{y\max}, A_{y\min}$) и допуск δ_{py} ;

3) определяем параметры предварительной (до термоупрочнения) и окончательной механической обработки: допуски на размеры D_i, D_{i-1} соответственно δ_i, δ_{i-1} , технические требования на неконцентричность δ_{Bi} в операциях предварительной и окончательной обработки.

По методике, изложенной выше, находим

$$\delta_{Bi} = \sqrt{\sum \delta_{Bi}^2}.$$

4) проверяем соблюдение неравенства (3.19). Если оно выполняется, то решение задачи доводим до конца. Если нет, то нужно убавить допуски $\delta_i, \delta_{i-1}, \delta_{py}, \delta_{Bi}$, либо изменить схему базирования и установки с тем, чтобы уменьшить число составляющих звеньев $m + n$ в цепи биений;

5) определяем припуск на окончательную обработку по уравнению

$$Z_{i\min} = 2(R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\sum \delta_{Bi}^2};$$

6) определяем операционный размер на механическую обработку цилиндрической поверхности перед термоупрочнением с использованием следующих уравнений:

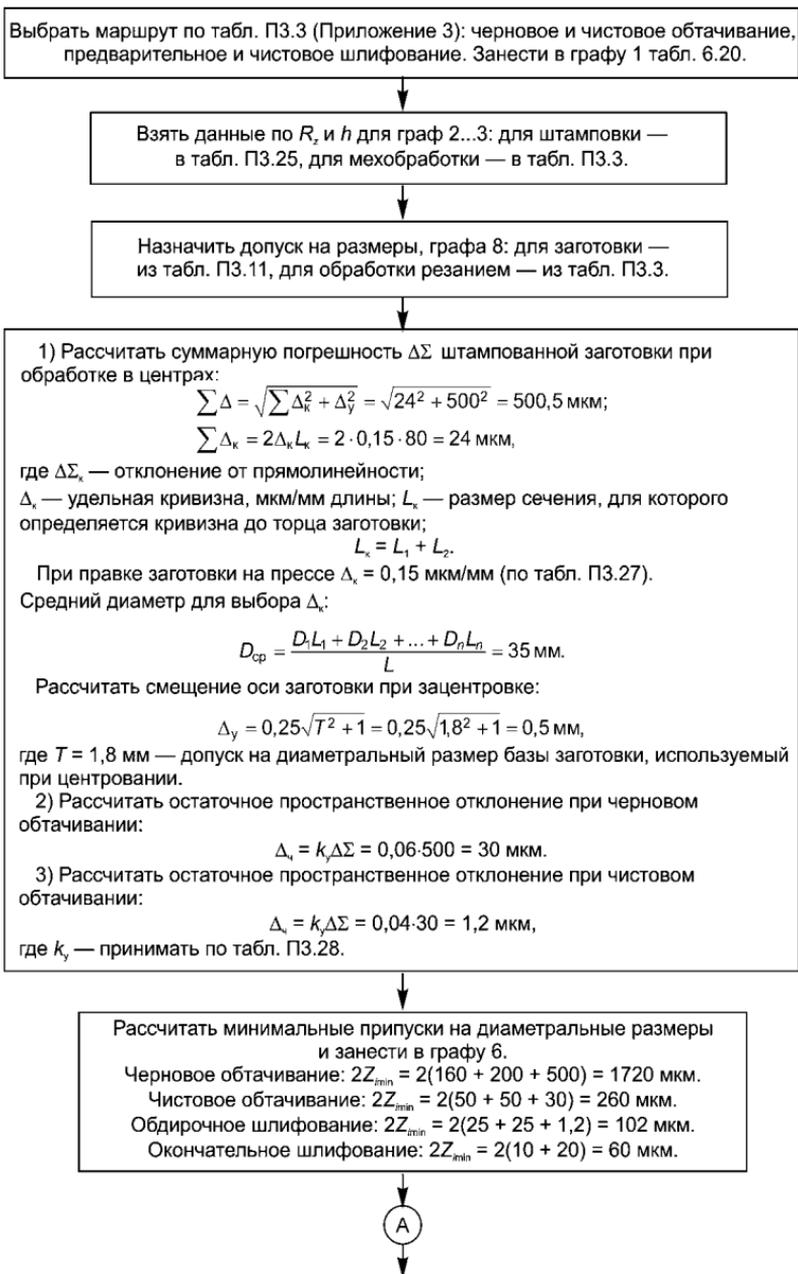
а) при увеличении размеров при ТМО:

— для вала

$$D_{i-1} = D_i + Z_{i\min} + \delta_{i-1} - A_{p\min};$$

— для отверстия

$$D_{i-1} = D_i - Z_{i\min} - \delta_{i-1} - A_{p\max};$$



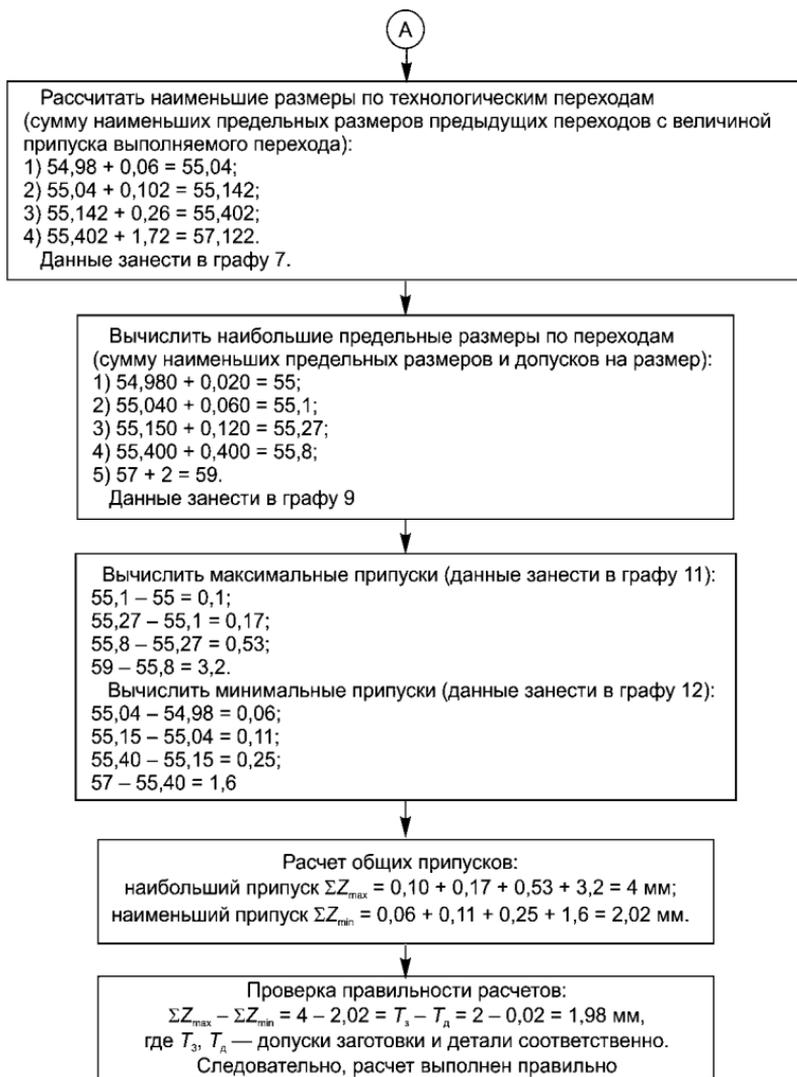


Рис. 3.14
 Последовательность определения
 операционных размеров и припусков

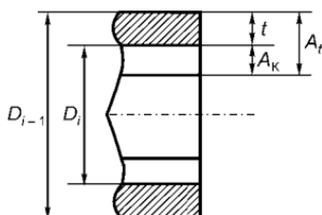


Рис. 3.15

Размерная схема операции термоупрочнения и механической обработки

размера поверхности при ТМО; $A_{y \min}$, $A_{y \max}$ — минимальное и максимальные значения усадки;

7) определяем технологическую глубину термоупрочняемого слоя. Так как

$$A_k = A_t - t,$$

то

$$A_{k \max} = A_{t \max} - t_{\min}, \quad A_{k \min} = A_{t \min} - t_{\max};$$

$$A_{t \max} = A_{k \max} - t_{i \min}, \quad A_{t \min} = A_{k \min} - t_{i \max}.$$

Здесь

$$t_{i \max} = (R_z + T)_{i-1};$$

$$t_{i \max} = t_{i \min} + \delta_t = (R_z + T)_{i-1} + \frac{\delta_i + \delta_{i-1} + \delta_{py}}{2} + \sqrt{\sum \delta_{Bi}^2}.$$

Экономическую оценку вариантов технологического процесса выполняют двумя способами [26]:

1) по производительности (трудоемкости). Сравнение производят на основе расчета штучно-калькуляционного времени $T_{шт. кл}$, которое определяют при нормировании операций. Выбирают вариант, при котором $T_{шт. кл} \rightarrow \min$;

2) по себестоимости (цеховой). Используют бухгалтерский, поэлементный и поэлементный нормативный расчет.

3.8.3. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Методика анализа точности изложена на примере технологии обработки корпуса редуктора [31]. В двух вариантах технологического процесса (табл. 3.25, 3.26) принята различная последовательность обработки поверхностей

б) если при ТМО происходит усадка, то:

— для вала

$$D_{i-1} = D_i + Z_{i \min} + \delta_{i-1} + A_{y \max};$$

— для отверстия

$$D_{i-1} = D_i - Z_{i \min} - \delta_{i-1} + A_{y \min},$$

где $A_{p \min}$, $A_{p \max}$ — минимальное или максимальное увеличение

размера поверхности при ТМО; $A_{y \min}$, $A_{y \max}$ — минимальное и максимальные значения усадки;

Таблица 3.25

Маршрутный технологический процесс обработки корпуса червячного редуктора (первый вариант)

| № операции | № пере-хода | Наименование и содержание операции | Станок |
|------------|-------------|--|-----------------------|
| 55 | | Фрезерная | Продольно-фрезерный |
| | 1, 2 | Фрезеровать поверхности 1 и 7 предварительно | |
| 110 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 10 и 13 предварительно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 9 и 11 предварительно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 1 и 5 предварительно | |
| | 7, 8 | Расточить выточки 14 и 12 предварительно | |
| 115 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 3 и 6 предварительно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 2 и 4 предварительно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 1 и 5 предварительно | |
| 220 | | Сверлильная | Агрегатно-сверлильный |
| | 1...4 | Сверлить четыре отверстия 16 | |
| 225 | | Термическая (искусственное старение) | |
| 230 | | Фрезерная | Продольно-фрезерный |
| | 1, 2 | Фрезеровать поверхности 1 и 7 окончательно | |
| 335 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 10 и 13 окончательно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 9 и 11 окончательно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 8 и 15 окончательно | |
| | 7, 8 | Расточить выточки 14 и 12 окончательно | |
| 50 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 3 и 6 окончательно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 2 и 4 окончательно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 1 и 5 окончательно | |

Таблица 3.26

**Маршрутный технологический процесс обработки
корпуса червячного редуктора (второй вариант)**

| № операции | № пере-хода | Наименование и содержание операции | Станок |
|------------|-------------|---|----------------------|
| 55 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 10 и 13 предварительно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 9 и 11 предварительно | |
| | 5, 6 | Расточить выточки 14 и 12 предварительно | |
| 110 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 3 и 6 предварительно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 2 и 4 предварительно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 1 и 5 предварительно | |
| 115 | | Агрегатная | Агрегатно-фрезерный |
| | 1, 2 | Фрезеровать поверхности 8 и 15 предварительно | |
| | 3 | Фрезеровать поверхность 7 предварительно | |
| 220 | | Агрегатная | Агрегатно-сверильный |
| | 1...4 | Сверлить четыре отверстия 16 | |
| 225 | | Термическая (искусственное старение) | |
| 330 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 10 и 13 окончательно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 9 и 11 окончательно | |
| | 5, 6 | Расточить выточки 14 и 12 окончательно | |
| 335 | | Агрегатная | Агрегатно-расточный |
| | 1, 2 | Расточить отверстия 3 и 6 окончательно | |
| | 3, 4 | Расточить выточки 2 и 4 окончательно | |
| | 5, 6 | Подрезать торцы 1 и 5 окончательно | |
| 440 | | Агрегатная | Агрегатно-фрезерный |
| | 1, 2 | Фрезеровать поверхности 8 и 15 окончательно | |
| | 3 | Фрезеровать поверхность 7 окончательно | |

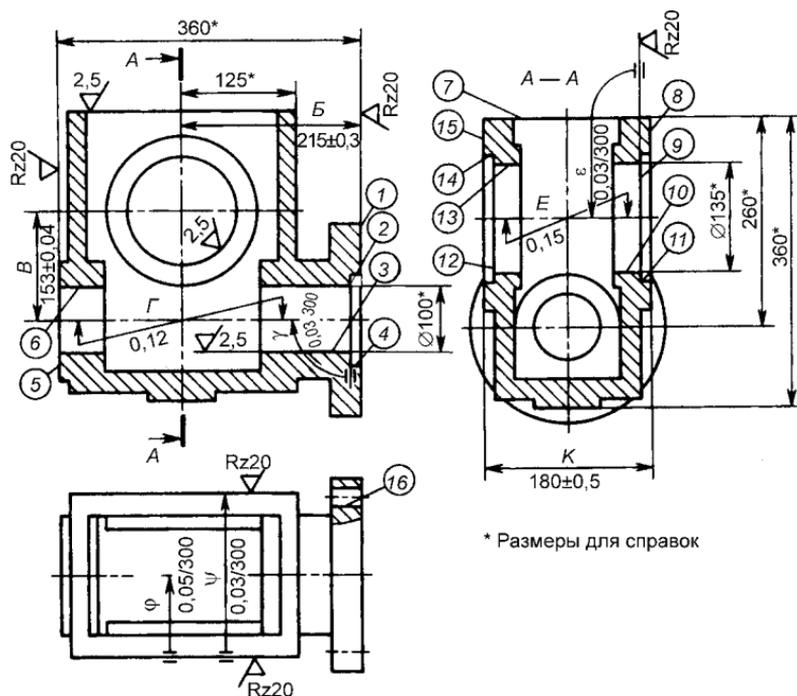


Рис. 3.16

Эскиз детали — корпуса редуктора (для анализа точности обработки):
 Б, В, Г, Е, К — линейные размеры; γ , ϵ , ϕ , ψ — угловые размеры.

отливки, а для ее установки использованы различные технологические базы. В обоих вариантах предполагается, что редукторы изготавливают непрерывно в течение продолжительного времени (массовое производство) и обработка выполняется на настроенных станках.

Анализ точности выполняется в следующем порядке.

1. На основе анализа рабочих чертежей детали и технических требований к ней выявляются важнейшие параметры, от точности которых непосредственно зависит надлежащее функционирование детали.

2. Составляется эскиз, на котором упрощенно изображается деталь и показываются важнейшие параметры ее точности (рис. 3.16). Размеры обозначаются по ГОСТ 16319-80: линейные размеры прописными буквами русского алфавита, угловые — строчными буквами греческого алфавита;

параметры шероховатости по ГОСТ 2.309-73. Под размерными линиями приводятся номинальные величины и допускаемые отклонения каждого параметра (размера). Все подлежащие обработке поверхности нумеруются на эскизе арабскими цифрами (как предписывает ГОСТ 3.1702-79 при сокращенной записи переходов). Номер обрабатываемой поверхности обозначается цифрой в кружке диаметром 6...8 мм и соединяется тонкой линией с поверхностью заготовки. Нумеровать поверхности следует по часовой стрелке.

3. Составляются эскизы установки и обработки заготовки на каждой операции. Число проекций, разрезов и сечений на каждом эскизе должно быть таким, чтобы можно было показать все технологические базы и дать условные обозначения всех шести опорных точек по ГОСТ 21495-76, а также указать анализируемые размеры (параметры точности), выдерживаемые на всех переходах данной операции. На эскизах указываются только те параметры точности, которые изменяются на данной операции, а также размеры, необходимые для расчета точности по другим параметрам на последующих операциях. Указывается также параметр шероховатости обрабатываемых поверхностей на данной операции. Параметры, изменяющиеся на данной операции, получают цифровой индекс, соответствующий ее номеру. Допускается не приводить на эскизах числовые значения выдерживаемых размеров.

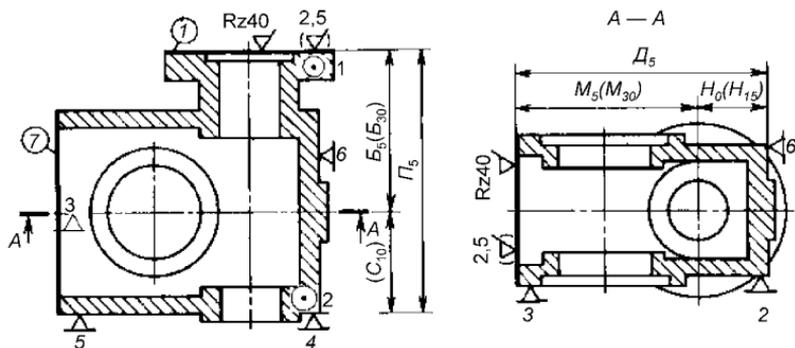


Рис. 3.17

Эскиз операции 5 (30) первого варианта технологического процесса (табл. 3.6)

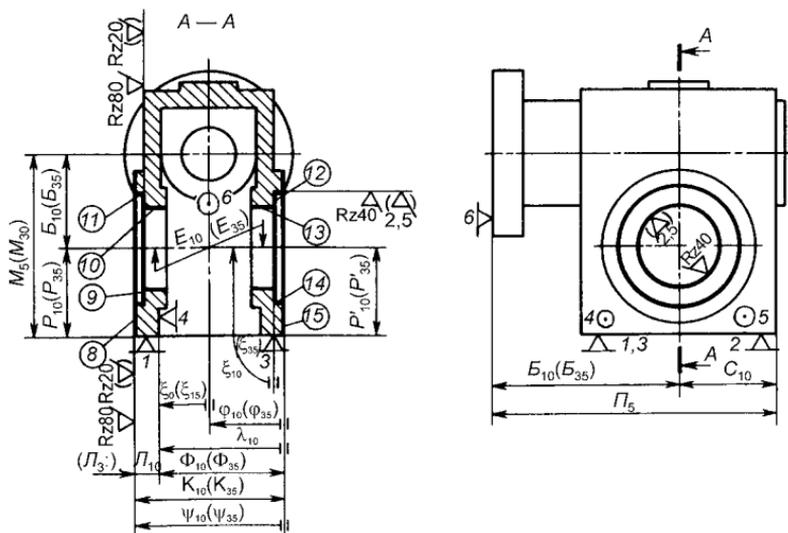


Рис. 3.18

Эскиз операции 10 (35) первого варианта технологического процесса (табл. 3.6)

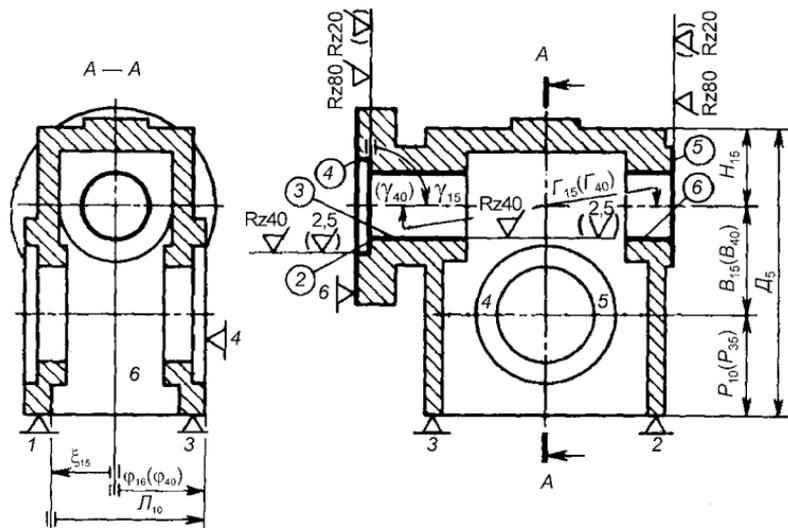


Рис. 3.19

Эскиз операции 15 (40) первого варианта технологического процесса (табл. 3.6)



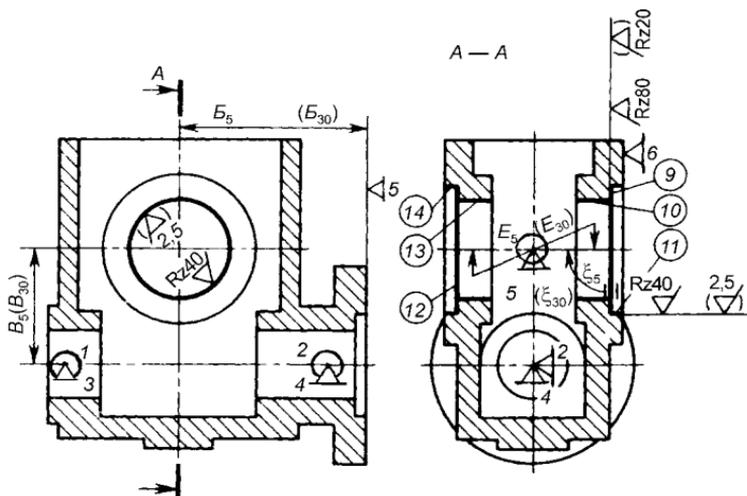


Рис. 3.20

Эскиз операции 5 (30) второго варианта техпроцесса (табл. 3.7)

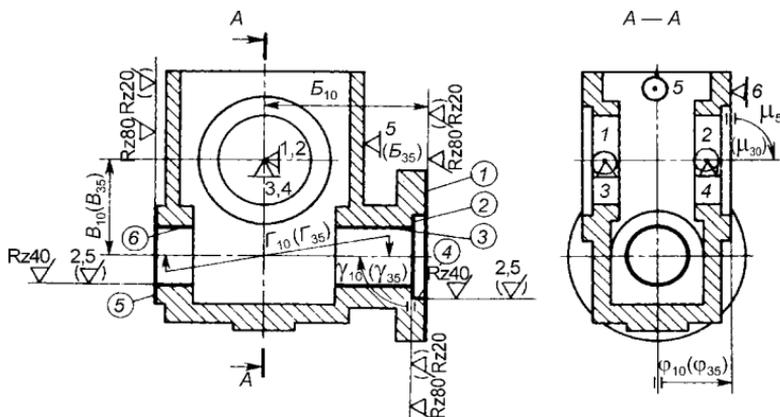


Рис. 3.21

Эскиз операции 10 (35) второго варианта техпроцесса (табл. 3.7)

Эскизы установки и обработки заготовки на операциях первого варианта технологического процесса (см. табл. 3.25) показаны на рис. 3.16...3.18, а на рис. 3.19...3.21 даны эскизы, иллюстрирующие операции второго варианта (см. табл. 3.26).

В связи с тем, что схемы установки на черновых и чистовых операциях обработки одних и тех же поверхностей

одинаковы (операции 5 и 30, 10 и 35, 15 и 40 соответственно), эскизы для чистовых операций отдельно не показаны, а обозначения анализируемых на этих операциях параметров даны в скобках (в дипломных проектах для наглядности при анализе точности в подобных случаях следует составлять отдельный эскиз для каждой операции).

Например, при анализе точности обработки на операциях 5 и 30 второго варианта использован эскиз, выполненный на рис. 3.17:

а) сочетание осей двух соосных отверстий исполняет роль двойной направляющей скрытой технологической базы (опорные точки 1...4); поверхность фланца (точка 5) и боковая поверхность (точка 6) использованы в качестве опорных технологических баз;

б) обрабатываемые поверхности выделены утолщенными линиями и обозначены цифрами 9, 10, 11, 12, 13, 14;

в) B_5 , B_5 , E_5 — линейные размеры, величина которых изменяется в результате обработки на операции 5 (B_{30} , V_{30} , E_{30} — то же, для чистовой операции 30);

г) ε_5 — угловой размер, изменяющийся при обработке выточки на 5-й операции (ε_{30} — то же для операции 30); стрелка углового размера должна быть направлена на базовую поверхность. Анализ точности удобнее проводить, используя принятые нами для угловых размеров обозначения (см. рис. 3.18...3.20), отличающиеся от принятых в ЕСКД, но установленные ГОСТ 16319-80 и ГОСТ 16320-80;

д) на обрабатываемых поверхностях показывают анализируемые параметры шероховатости, числовые значения которых должны соответствовать обеспечиваемым на данной операции величинам.

4. Анализируется точность обработки заготовки на каждой операции по двум вариантам технологического процесса.

Операция 5 — фрезерная (рис. 3.17). Фрезеруют корпус в размер 360 и 180. Анализируемые размеры на операции 5 не изменяются.

Для анализа точности получения размеров V_{10} и V_{35} на операциях 10 и 35 (рис. 3.17) необходимо определить

точность размеров M_5 и D_5 . Точность размера D_5 влияет на точность размера H_{15} (операция 15, рис. 3.17). Точность размера H_{15} определяет точность размера M_{30} (операция 30, рис. 3.18). От точности размера M_{30} непосредственно зависит точность размера B_{35} .

Следовательно,

$$\omega_{M_5} = \omega_6^{M_5} + \omega_{т.с}^{M_5}.$$

Так как измерительная база размера M_5 (ось отверстия) и опорная явная технологическая база (точка б) не совмещены, $\omega_6^{M_5} \neq 0$, то

$$\omega_6^{M_5} = T_{H_0},$$

где T_{H_0} — допуск на размер отливки H_0^* , который связывает опорную технологическую базу (точка б) с измерительной базой размера M_5 .

Для отливки первого класса точности по ГОСТ 1855-55 допуск на размер $H_0 \approx 100$ мм составляет 1,2 мм. Следовательно,

$$\omega_6^{M_5} = T_{H_0} = 1,2 \text{ мм.}$$

Погрешность по размеру M_5 , обусловленная погрешностью технологической системы продольно-фрезерного станка, определяется как средняя экономическая точность чернового фрезерования [19]:

$$\omega_6^{M_5} = 0,25 \text{ мм.}$$

Тогда

$$\omega_{M_5} = 1,20 + 0,25 = 1,45 \text{ мм;}$$

$$\omega_{D_5} = \omega_6^{D_5} + \omega_{т.с}^{D_5}.$$

Так как измерительная база размера D_5 совмещена с опорной технологической базой (точка б), то $\omega_6^{D_5} = 0$. Для расстояния от обрабатываемой поверхности до технологической базы при черновом фрезеровании

$$\omega_{D_5} = \omega_{т.с}^{D_5} = 0,25 \text{ мм;}$$

$$\omega_{B_5} = \omega_6^{B_5} + \omega_{т.с}^{B_5}.$$

Так как измерительная база и направляющая явная технологическая база (точки 4 и 5) не совмещены, то $\omega_6^{B_5} \neq 0$. Размер $C_0 \approx 100$ мм связывает технологическую и измерительную базы. Следовательно,

$$\omega_6^{B_5} = T_{C_0} \approx 1,2 \text{ мм.}$$

Аналогично M_5

$$\omega_{T.c}^{B_5} = 0,25 \text{ мм.}$$

Тогда

$$\omega_{B_5} = 1,20 + 0,25 = 1,45 \text{ мм.}$$

Шероховатость поверхностей 1 и 7, получаемая в результате чернового фрезерования на операции 5, $R_z = 40$ мкм. Следовательно, требуемая шероховатость не обеспечена.

Операция 10 — агрегатная (рис. 3.18).

Обработка отверстий выполняется одновременно с двух сторон.

Анализируем точность линейных и угловых размеров (это удобно делать в алфавитном порядке):

$$\omega_{B_{10}} = \omega_6^{B_{10}} + \omega_{T.c}^{B_{10}}.$$

Так как измерительная база и опорная T_B (точка б) совмещены, то

$$\omega_6^{B_{10}} = 0; \quad \omega_{B_{10}} = \omega_{T.c}^{B_{10}} = 0,12 \text{ мм.}$$

Заданная точность по размеру Б обеспечена, так как $T_B > \omega_{B_{10}}$.

$$\omega_{B_{10}} = \omega_6^{B_{10}} + \omega_{T.c}^{B_{10}}.$$

Измерительная база и установочная явная T_B (точки 1...3) не совмещены, т. е. $\omega_6^{B_{10}} \neq 0$.

Тогда, учитывая, что M_5 связывает установочную T_B (точки 1, 2, 3) с измерительной базой размера B_{10} ,

$$\omega_6^{B_{10}} = T_{M_5} \approx \omega_{M_5} = 1,45 \text{ мм.}$$

Аналогично вычислениям погрешности размера Б на 10-й операции ($\omega_{T.c}^{B_{10}}$) для размера В получим

$$\omega_{T.c}^{B_{10}} = 0,12 \text{ мм.}$$

Так как

$$T_B > \omega_{B_{10}},$$

то

$$\omega_{B_{10}} = 1,45 + 0,12 = 1,57 \text{ мм.}$$

Заданная точность по размеру В на операции 10 не обеспечена ($T_B < \omega_{B_{10}}$).

Для расчета точности размера B_{30} на операции 30 (см. рис. 3.17, 3.18) определим точность размеров Π_5 и C_{10} .

Так как измерительная база размера Π_5 совмещена с направляющей T_B (точки 4, 5), то

$$\omega_6^{\Pi_5} = 0, \quad \omega_{\Pi_5} = \omega_{T.c}^{\Pi_5} = 0,25 \text{ мм;}$$

$$\omega_{\Pi_5} = \omega_6^{\Pi_5} + \omega_{T.c}^{\Pi_5};$$

$$\omega_{C_{10}} = \omega_6^{C_{10}} + \omega_{T.c}^{C_{10}},$$

где $\omega_6^{C_{10}} = T_{\Pi_5} \approx \omega_{\Pi_5} = 0,25$ мм, так как размер Π_5 связывает опорную T_B (точка 6) с измерительной базой размера C_{10} ; $\omega_{T.c}^{C_{10}} = 0,12$ мм [19].

Тогда

$$\omega_{C_{10}} = 0,25 + 0,12 = 0,37 \text{ мм.}$$

Определим погрешность размера Е на 10-й операции:

$$\omega_{E_{10}} = \omega_6^{E_{10}} + \omega_{T.c}^{E_{10}}.$$

Так как оба отверстия растачиваются с одного станка заготовки, то $\omega_6^{E_{10}} = 0$.

Данные о средней экономической точности по отклонению от соосности отверстий при растачивании на многошпиндельных агрегатных станках в справочной литературе отсутствуют.

Определим $\omega_{T.c}^{E_{10}}$ следующим образом: размер E_{10} равен разности размеров P_{10} (расстояние от расточенного отверстия 10 до установочной T_B) и P_{10}^1 (расстояние от оси расточенного отверстия 13 до T_B). Погрешность обработки по каждому из этих размеров равна погрешности технологической системы и может быть принята для чернового растачивания равной 0,12 мм [18; 19]. Отсюда

$$\omega_{T.c}^{E_{10}} = 0,12 + 0,12 = 0,24 \text{ мм.}$$

Следовательно, $\omega_{E_{10}} = 0,24$ мм.

Заданная точность по размеру E на операции 10 не обеспечена ($T_E < \omega_{E_{10}}$).

Определим погрешность обработки для размера K :

$$\omega_{K_{10}} = \omega_{\delta}^{K_{10}} + \omega_{T.c}^{K_{10}}.$$

Так как оба торца обрабатываются с одного установка, $\omega_{K_{10}} = 0$.

Размер K_{10} равен сумме размеров L_{10} и Φ_{10} . Погрешность обработки по каждому из этих размеров равна погрешности технологической системы. Для расстояния $L_{10} \approx 40$ мм от предварительно подрезанного торца до направляющей явной ТБ (точки 4, 5) $\omega_{L_{10}} = 0,4$ мм; аналогично для размера $\Phi_{10} \approx 140$ мм $\omega_{\Phi_{10}} = 0,53$ мм.

Отсюда

$$\omega_{T.c}^{K_{10}} = 0,40 + 0,53 = 0,93 \text{ мм}; \quad \omega_{K_{10}} = 0,93 \text{ мм}.$$

Заданная точность по размеру K обеспечена уже на операции 10:

$$T_K > \omega_{K_{10}}.$$

Для анализа точности выполнения размера B_{15} необходимо определить точность размера P_{10} :

$$\omega_{P_{10}} = \omega_{\delta}^{P_{10}} + \omega_{T.c}^{P_{10}},$$

где $\omega_{\delta}^{P_{10}} = 0$, так как исходная база совмещена с установочной (точки 1...3);

$$\omega_{P_{10}} = \omega_{T.c}^{P_{10}} = 0,12 \text{ мм}.$$

Перпендикулярность торца и отверстия определяется суммой

$$\omega_{\varepsilon_{10}} = \omega_{\delta}^{\varepsilon_{10}} + \omega_{T.c}^{\varepsilon_{10}},$$

так как поверхность и отверстие обрабатываются с одного установка, то $\omega_{\delta}^{\varepsilon_{10}} = 0$. Погрешность технологической системы по перпендикулярности торца и отверстия при их черновой обработке за один установ на агрегатно-расточном станке $\omega_{T.c}^{\varepsilon_{10}} = 0,1$ мм. Окончательно $\omega_{\varepsilon_{10}} = 0,1$ мм. Заданная точность по размеру ε пока не обеспечена ($T_{\varepsilon} < \omega_{\varepsilon_{10}}$).

Погрешность отклонения φ определяется следующим образом:

$$\omega_{\varphi 10} = \omega_6^{\varphi 10} + \omega_{\text{т.с}}^{\varphi 10}.$$

Так как измерительная база и направляющая T_B (точки 4, 5) не совмещены, $\omega_6^{\varphi 10} \neq 0$; $\omega_6^{\varphi 10} = T_{\xi}$, то T_{ξ_0} — допуск на отклонение от параллельности ξ_0 оси отверстий диаметром 100 мм в заготовке от внутренней боковой поверхности, использованной на операции 10 в качестве направляющей T_B .

Полагая, что значение T_{ξ_0} лежит в пределах допуска на соответствующий размер с номиналом ≈ 90 мм (см. рис. 3.16), получим в пересчете на базовую длину 300 мм

$$\omega_6^{\varphi 10} = T_{\xi_0} = 1,2 \cdot 300 / 360 = 1,0 \text{ мм}$$

(для отливки первого класса точности, имеющей наибольший габаритный размер 360 мм, допуск на размер 90 мм составляет 1,2 мм).

При отклонении от параллельности обработанной поверхности от T_B при черновой подрезке торца $\omega_{\text{т.с}}^{\varphi 10} = 0,16$ мм. Следовательно,

$$\omega_{\varphi 10} = 1,00 + 0,16 = 1,16 \text{ мм.}$$

Полученное значение погрешности обработки немного превышает допуск на угловой размер φ ($T_{\varphi} \ll \omega_{\varphi 10}$). Рассчитаем погрешность отклонения от параллельности торцов из равенства:

$$\omega_{\psi 10} = \omega_6^{\psi 10} + \omega_{\text{т.с}}^{\psi 10}.$$

Так как торцы обрабатываются с одного станова, $\omega_6^{\psi 10} = 0$.

Погрешность технологической системы по отклонению от параллельности торцов при их черновой подрезке за один станок на агрегатно-расточном станке $\omega_{\text{т.с}}^{\psi 10} = 0,16$ мм, тогда $\omega_{\psi 10} = 0,16$ мм.

Следовательно, для обеспечения заданной точности по размеру ψ потребуется дополнительная обработка ($T_{\psi} < \omega_{\psi 10}$).

Шероховатость поверхностей 10 и 13 на операции 10 $R_z = 40$ мкм; для поверхностей 8, 9, 12, 15 $R_z = 80$ мкм. Следовательно, заданная шероховатость на операции 10 не обеспечена.

Операция 15 — агрегатная (рис. 3.19).

Погрешность размера В при выполнении операции 15 составляет

$$\omega_{B_{15}} = \omega_6^{B_{15}} + \omega_{T.c}^{B_{15}}.$$

Так как точки 1...3 не совмещены, то $\omega_6^{B_{15}} \neq 0$.

Размер P_{10} представляет собой расстояние между измерительной и установочной T_B , тогда

$$\omega_6^{B_{15}} = T_{P_{10}} \approx \omega_{P_{10}} = 0,12 \text{ мм},$$

где $\omega_6^{B_{15}}$ определяется как для расстояния между осями отверстий: $\omega_{T.c}^{B_{15}} = 0,12 \text{ мм}$. В итоге

$$\omega_{B_{15}} = 0,12 + 0,12 = 0,24 \text{ мм} (T_B < \omega_{B_{15}}).$$

Погрешность размера Г при выполнении операции 15 составляет

$$\omega_{\Gamma_{15}} = \omega_6^{\Gamma_{15}} + \omega_{T.c}^{\Gamma_{15}}.$$

Так как оба отверстия растачиваются с одного станка, то $\omega_6^{\Gamma_{15}} = 0$. Аналогично вычислению $\omega_{T.c}^{E_{10}}$ (см. операцию 10) получим $\omega_{T.c}^{\Gamma_{15}} = 0,24 \text{ мм}$.

Тогда

$$\omega_{\Gamma_{15}} = 0,24 \text{ мм} (T_{\Gamma} < \omega_{D_{15}}).$$

Для предстоящего анализа точности выполнения размера B_{35} на операции 35 необходимо определить точность размера H_{15} :

$$\omega_{H_{15}} = \omega_6^{H_{15}} + \omega_{T.c}^{H_{15}},$$

где $\omega_6^{H_{15}} = T_{D_5} \approx \omega_{D_5} = 0,25 \text{ мм}$, так как размер D_5 связывает установочную технологическую базу (точки 1...3) и измерительную базу размера H_{15} ;

$$\omega_{T.c}^{H_{15}} = 0,12 \text{ мм}; \quad \omega_{H_{15}} = 0,25 + 0,12 = 0,37 \text{ мм}.$$

Вычислим отклонение от перпендикулярности торца фланца к оси отверстия:

$$\omega_{\gamma_{15}} = \omega_6^{\gamma_{15}} + \omega_{T.c}^{\gamma_{15}}.$$

Аналогично вычислению $\omega_{E_{10}}$ (см. операцию 10) получим

$$\omega_{\gamma_{15}} = 0,1 \text{ мм} (T_{\gamma} < \omega_{\gamma_{15}}).$$

На операции 15 возникает погрешность:

$$\omega_{\varphi_{15}} = \omega_6^{\varphi_{15}} + \omega_{\text{т.с}}^{\varphi_{15}},$$

где $\omega_6^{\varphi_{15}} = 0$, так как измерительная база совмещена с направляющей Т_В (точки 4, 5); $\omega_{\varphi_{15}} = \omega_{\text{т.с}}^{\varphi_{15}} = 0,1$ мм — для отклонения от параллельности оси отверстия после черного растачивания относительно технологической базы.

Для определения точности углового размера φ_{35} (см. рис. 3.21) необходимо определить точность размера ξ_{15} :

$$\omega_{\xi_{15}} = \omega_6^{\xi_{15}} + \omega_{\text{т.с}}^{\xi_{15}}.$$

Так как измерительная база и направляющая Т_В (точки 4, 5) не совмещены, а $\omega_6^{\xi_{15}} \neq 0$, то

$$\omega_6^{\xi_{15}} + T_{\lambda_{10}} \approx \omega_{\lambda_{10}} = 0,1 \text{ мм.}$$

Размер λ_{10} связывает направляющую Т_В (точки 4, 5) и измерительную базу размером ξ_{15} , следовательно, для отклонения от параллельности оси отверстия после черного растачивания относительно Т_В $\omega_{\text{т.с}}^{\xi_{15}} = 0,1$ мм. В итоге $\omega_{\xi_{15}} = 0,1 + 0,1 = 0,2$ мм.

Шероховатость поверхностей 3, 4 и 6, обработанных на операции 15, $R_z = 40$ мкм; шероховатость поверхностей 2 и 5 — $R_z = 80$ мкм. Следовательно, заданная шероховатость (см. рис. 3.16) пока не обеспечена.

Операция 30 — фрезерная (рис. 3.17).

Для расчета точности размера В₃₅ определим точность размера М₃₀:

$$\omega_{M_{30}} = \omega_6^{M_{30}} + \omega_{\text{т.с}}^{M_{30}},$$

где $\omega_6^{M_{30}} = T_{H_{15}} \approx \omega_{H_{15}} = 0,37$ мм, так как Н₁₅ связывает опорную Т_В (точка 6) и измерительную базу размера М₃₀; $\omega_{\text{т.с}}^{M_{30}} = 0,12$ мм — для чистового фрезерования;

$$\omega_{M_{30}} = 0,37 + 0,12 = 0,49 \text{ мм.}$$

Заданная шероховатость поверхности 7 $R_a = 2,5$ мкм обеспечена (см. рис. 3.16).

Определим погрешность размера Б:

$$\omega_{B_{30}} = \omega_6^{B_{30}} + \omega_{\text{т.с}}.$$

Так как измерительная база и направляющая T_B (точки 4, 5) не совмещены, то $\omega_6^{B_{30}} \neq 0$.

Размер $C_{10} \approx 100$ мм представляет собой расстояние между этими базами; следовательно,

$$\omega_6^{B_{30}} = T_{C_{10}} \approx \omega_{C_{10}} = 0,37 \text{ мм.}$$

Погрешность $\omega_{T.c}^{B_{30}}$ определяется как для расстояния от окончательно обработанного (фрезерованием) торца до T : $\omega_{T.c}^{B_{30}} = 0,12$ мм.

Тогда

$$\omega_{B_{30}} = 0,37 + 0,12 = 0,49 \text{ мм.}$$

Таким образом, заданная точность по размеру B обеспечена ($T_B > \omega_{B_{30}}$). Заданная шероховатость поверхности $1 R_a = 2,5$ мкм также обеспечена (см. рис. 3.16).

Операция 35 — агрегатная (рис. 3.21).

Определим погрешность размера B :

$$\omega_{B_{35}} = \omega_6^{B_{35}} + \omega_{T.c}^{B_{35}},$$

где $\omega_6^{B_{35}} = 0$, так как измерительная база совмещена с опорной T_B (точка 6); $\omega_{B_{35}} = \omega_{T.c}^{B_{35}} = 0,05$ мм — для чистового растачивания на агрегатных станках.

Возникает погрешность размера B :

$$\omega_{B_{35}} = \omega_6^{B_{35}} + \omega_{T.c}^{B_{35}},$$

где $\omega_6^{B_{35}} = T_{M_{30}} \approx \omega_{M_{30}} = 0,49$ мм, ибо M_{30} связывает установочную технологическую базу (точки 1...3) с измерительной базой размера B_{35} ;

$$\omega_{T.c}^{B_{35}} = 0,05 \text{ мм; } \omega_{B_{35}} = 0,49 + 0,05 = 0,54 \text{ мм.}$$

Следовательно, заданная точность по размеру B на операции 35 не обеспечена ($T_B < \omega_{B_{35}}$).

Рассчитаем погрешность размера E :

$$\omega_{E_{35}} = \omega_6^{E_{35}} + \omega_{T.c}^{E_{35}},$$

где $\omega_6^{E_{35}} = 0$, поэтому (см. операцию 10)

$$\omega_{E_{35}} = \omega_{T.c}^{E_{35}} = 0,05 + 0,05 = 0,10 \text{ мм}$$

— для чистового растачивания на агрегатных станках.

Заданная точность по размеру E обеспечена ($T_E > \omega_{E_{35}}$).



Размер K имеет погрешность:

$$\omega_{K_{35}} = \omega_6^{K_{35}} + \omega_{т.с}^{K_{35}},$$

где $\omega_6^{K_{35}} = 0$. Размер K_{35} равен сумме размеров L_{35} и Φ_{35} .

Для размера L_{35} : $\omega_{L_{35}} = 0,2$ мм — при чистовой подрезке торца [23]. Аналогично для размера Φ_{35} : $\omega_{\Phi_{35}} = 0,26$ мм. Отсюда (см. операцию 10)

$$\omega_{K_{35}} = \omega_{т.с}^{K_{35}} = 0,20 + 0,26 = 0,46 \text{ мм.}$$

Таким образом, по размеру K создан значительный запас точности ($T_{35} \gg \omega_{K_{35}}$).

Для расчета точности размера B_{40} на следующей операции определим точность размера P_{35} :

$$\omega_{P_{35}} = \omega_6^{P_{35}} + \omega_{т.с}^{P_{35}},$$

где $\omega_6^{P_{35}} = 0$, поэтому

$$\omega_{P_{35}} = \omega_{т.с}^{P_{35}} = 0,05 \text{ мм.}$$

Размер ε на операции 35 имеет отклонение:

$$\omega_{\varepsilon_{35}} = \omega_6^{\varepsilon_{35}} + \omega_{т.с}^{\varepsilon_{35}},$$

где $\omega_6^{\varepsilon_{35}} = 0$, поэтому (см. операцию 10)

$$\omega_{\varepsilon_{35}} = \omega_{т.с}^{\varepsilon_{35}} = 0,03 \text{ мм.}$$

По размеру ε обеспечена заданная точность ($T_{\varepsilon} = \omega_{\varepsilon_{35}}$).

Рассчитаем погрешность размера φ :

$$\omega_{\varphi_{35}} = \omega_6^{\varphi_{35}} + \omega_{т.с}^{\varphi_{35}},$$

где

$$\omega_6^{\varphi_{35}} = T_{\varepsilon_{15}} = \omega_{\xi_{15}} = 0,2 \text{ мм,}$$

так как ξ_{15} определяет расположение измерительной базы углового размера φ_{35} относительно направляющей технологической базы (точки 4, 5); $\omega_{т.с}^{\varphi_{35}} = 0,1$ мм — для чистовой подрезки торца;

$$\omega_{\varphi_{35}} = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мм.}$$

Заданная точность по размеру φ не обеспечена ($T_{\varphi} < \omega_{\varphi_{35}}$). По размеру ψ погрешность изготовления будет равна

$$\omega_{\psi_{35}} = \omega_6^{\psi_{35}} + \omega_{т.с}^{\psi_{35}},$$

где $\omega_6^{y_{35}} = 0$, поэтому $\omega_{\psi_{35}} = \omega_{\tau.c}^{y_{35}} = 0,04$ мм — для чистового торцевого точения.

Заданная точность по размеру ϕ не обеспечена ($T_{\psi} < \omega_{\psi_{35}}$). На данной операции формируется шероховатость поверхностей 10 и 13 $R_a = 2,5$ мкм; а поверхности 8, 9, 12, 15 имеют шероховатость $R_z = 20$ мкм, что соответствует заданию (см. рис. 3.16). *Операция 40 — агрегатная* (рис. 3.22).

Погрешность размера В при выполнении операции 40 составляет

$$\omega_{B_{40}} = \omega_6^{B_{40}} + \omega_{\tau.c}^{B_{40}},$$

где $\omega_6^{B_{40}} = T_{P_{35}} \approx \omega_{P_{35}} = 0,05$ мм, так как P_{35} связывает установочную T_B (точки 1...3) с измерительной базой размера B_{40} ; $\omega_{\tau.c}^{B_{40}} = 0,05$ мм;

$$\omega_{B_{40}} = 0,05 + 0,05 = 0,10 \text{ мм.}$$

Заданная точность по размеру В не обеспечена ($T_B < \omega_{B_{40}}$). Размер Г в операции 40 вычислим из соотношения

$$\omega_{\Gamma_{40}} = \omega_6^{\Gamma_{40}} + \omega_{\tau.c}^{\Gamma_{40}},$$

где $\omega_6^{\Gamma_{40}} = 0$, поэтому (см. операцию 15)

$$\omega_{\Gamma_{40}} = \omega_{\tau.c}^{\Gamma_{40}} = 0,05 + 0,05 = 0,10 \text{ мм}$$

— для чистового растачивания на агрегатных станках.

Заданная точность по размеру Г обеспечена ($T_{\Gamma} > \omega_{\Gamma_{40}}$). Погрешность размера γ составит

$$\omega_{\gamma_{40}} = \omega_6^{\gamma_{40}} + \omega_{\tau.c}^{\gamma_{40}},$$

Аналогично выполненному расчету для $\omega_{\epsilon_{35}}$ в операции 35 получим $\omega_{\gamma_{40}} = 0,03$ мм.

Заданная точность по размеру γ обеспечена ($T_{\gamma} = \omega_{\gamma_{40}}$). Погрешность размера ϕ составит:

$$\omega_{\phi_{40}} = \omega_6^{\phi_{40}} + \omega_{\tau.c}^{\phi_{40}},$$

где $\omega_6^{\phi_{40}} = 0$, поэтому (см. операцию 15)

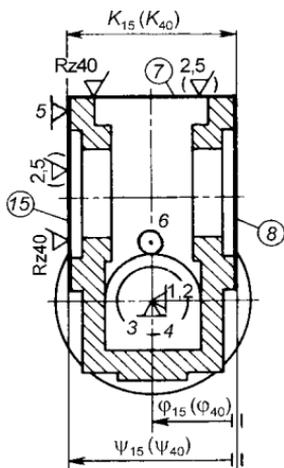


Рис. 3.22
Эскиз операции 15 (40)
второго варианта
технологического
процесса (табл. 3.13)

Таблица 3.27

**Точность обработки
по вариантам технологического процесса**

| Параметры точности детали | | | Погрешности, мм | |
|---------------------------|--------------------------|------------|---------------------------|----------------------|
| Обозначение | Номинальная величина, мм | Допуск, мм | Производственные ω | Суммарные ω_s |
| Б | 215 | 0,60 | 0,05/0,30 | 2,11/1,07 |
| В | 153 | 0,08 | 0,10/0,05 | 2,45/0,34 |
| Г | 0 | 0,12 | 0,10/0,10 | 0,34/0,34 |
| Е | 0 | 0,15 | 0,10/0,10 | 0,34/0,34 |
| К | 180 | 1,00 | 0,46/0,21 | 1,39/0,56 |
| γ^* | 0 | 0,03 | 0,03/0,03 | 0,13/0,13 |
| ε^* | 0 | 0,03 | 0,03/0,03 | 0,13/0,13 |
| φ^* | 0 | 0,05 | 0,04/0,03 | 1,60/0,36 |
| ψ^* | 0 | 0,03 | 0,04/0,025 | 0,20/0,145 |

* На длине 300 мм.

Примечание. В числителе даны значения для первого варианта технологического процесса, в знаменателе — для второго.

$\omega_{\varphi 40} = \omega_{т.с}^{\varphi 40} = 0,04$ мм — для чистового растачивания на агрегатных станках.

Заданная точность по размеру φ обеспечена ($T_{\varphi} > \omega_{\varphi 40}$). Шероховатость обработанных на этой операции поверхностей 3 и 6 $R_a = 2,5$ мкм, а поверхностей 2 и 5 — $R_z = 20$ мкм, что соответствует заданию (см. рис. 3.16).

На этом анализ точности обработки заготовки по первому варианту технологического процесса (см. табл. 3.25) закончен.

Анализ точности обработки заготовок по второму варианту технологического процесса (см. табл. 3.26) здесь не приводится. Отметим лишь, что при принятых схемах установки (см. рис. 3.19...3.21) на операциях второго варианта погрешности базирования по всем анализируемым линейным и угловым размерам равны нулю (кроме φ), вследствие чего производственные погрешности (табл. 3.27) минимальны.

Для предстоящего расчета припусков необходимо рассчитать суммарные погрешности обработки ω_s по каждому анализируемому размеру. Для первого варианта технологического процесса

$$\begin{aligned} \omega_c^B &= \omega_{B_5} + \omega_{B_{10}} + \omega_{B_{30}} + \omega_{B_{35}} = \\ &= 1,45 + 0,12 + 0,49 + 0,05 = 2,11 \text{ мм}; \\ \omega_c^B &= \omega_{B_{10}} + \omega_{B_{15}} + \omega_{B_{35}} + \omega_{B_{40}} = \\ &= 1,57 + 0,24 + 0,54 + 0,10 = 2,45 \text{ мм}; \\ \omega_c^\Gamma &= \omega_{\Gamma_{15}} + \omega_{\Gamma_{40}} = 0,24 + 0,10 = 0,34 \text{ мм}; \\ \omega_c^E &= \omega_{E_{10}} + \omega_{E_{35}} = 0,24 + 0,10 = 0,34 \text{ мм}; \\ \omega_c^K &= \omega_{K_{10}} + \omega_{K_{35}} = 0,93 + 0,46 = 1,39 \text{ мм}; \\ \omega_c^\gamma &= \omega_{\gamma_{15}} + \omega_{\gamma_{40}} = 0,10 + 0,03 = 0,13 \text{ мм}; \\ \omega_c^\varepsilon &= \omega_{\varepsilon_{10}} + \omega_{\varepsilon_{35}} = 0,10 + 0,03 = 0,13 \text{ мм}; \\ \omega_c^\varphi &= \omega_{\varphi_{10}} + \omega_{\varphi_{15}} + \omega_{\varphi_{35}} + \omega_{\varphi_{40}} = \\ &= 1,16 + 0,10 + 0,30 + 0,04 = 1,60 \text{ мм}; \\ \omega_c^\psi &= \omega_{\psi_{10}} + \omega_{\psi_{35}} = 0,16 + 0,04 = 0,20 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Суммарные погрешности обработки для операций второго варианта технологического процесса приведены в табл. 3.27.

По результатам анализа точности механической обработки выбирают вариант маршрутного технологического процесса, обеспечивающий заданную точность обработки по всем параметрам.

Для рассматриваемого примера можно сделать следующие выводы:

1) во втором варианте технологического процесса заданная точность обеспечивается по всем линейным и угловым размерам. Обеспечивается и заданная шероховатость поверхностей. Первый вариант не обеспечивает заданную точность по размерам В, ψ ;

2) суммарные погрешности по размерам Б, В, К, φ , ψ в первом варианте значительно больше, чем во втором (следовательно, припуски на обработку по этим размерам гораздо больше);

3) для реализации выбираем второй вариант технологического процесса.

Не исключено, что все разработанные варианты технологического процесса механической обработки обес-



печат заданную точность по всем параметрам детали. В этом случае выбор лучшего варианта основывается на сравнении следующих технико-экономических показателей:

а) число, сложность и стоимость (ориентировочно) технологического оборудования;

б) число, сложность и стоимость технологической оснастки (режущих инструментов, приспособлений, измерительных инструментов и др.);

в) сложность технологической подготовки производства, длительность цикла технологической подготовки;

г) длительность производственного цикла (по ориентировочным оценкам);

д) величины суммарных погрешностей, от которых зависят припуски на обработку и т. д.

3.9. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

В дипломных проектах расчет режимов резания выполняют, как правило, для 4...6 технологических операций. Для каждого перехода определяют элементы режима резания, мощность и основное технологическое время T_0 .

Исходными данными для расчета режимов резания являются:

- наименование и марка материала обрабатываемой заготовки, а также его физико-механические свойства;
- размеры (допуски, погрешности формы детали, относительное положение поверхностей) и геометрическая форма обрабатываемой заготовки;
- технические требования на изготовление детали;
- материал, типоразмер и геометрические параметры режущей части инструмента;
- паспортные характеристики выбранного оборудования.

Инструментальный материал, типоразмер инструмента и геометрические параметры его режущей части выбирают в соответствии с рекомендациями справочной литературы [4; 7; 20; 21].

Приведем некоторые примеры расчетов режимов резания.

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
НА ТОКАРНУЮ ОБРАБОТКУ

Выбор режимов резания выполняют в следующей последовательности.

1. Выбрать рациональные марки инструментального материала и геометрические параметры инструмента.

Точение и растачивание деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов рекомендуется производить резцом с пластинками твердых сплавов. Резцы из быстрорежущей стали, в большинстве случаев марок Р6М5 и Р9К5, применяют при обработке прерывистых поверхностей, поверхностей сложного профиля, а также при нарезании специальных резьб.

Марки режущей части режущего инструмента для точения деталей из сталей и сплавов можно найти в специальной литературе [21].

Рекомендуемые геометрические параметры режущей части резцов приведены в [20].

При обработке точных деталей с малыми подачами (0,02...0,06 мм/об.) не рекомендуется выполнять упрочняющую фаску на передней поверхности резцов; значение переднего угла уменьшается до 8...10° при обработке материалов I...V групп и до 3...5° при тонком точении труднообрабатываемых сталей и сплавов VI...VII групп. При чистовой обработке всех рассматриваемых материалов значения заднего угла α выдерживают в пределах 10...12°. За критерий притупления принимают износ по задней грани инструмента: 0,5 мм при чистовом и получистовом точении, 0,8...1,0 при предварительном и грубом точении. Указанные значения износа соответствуют стойкости $T = 60$ мин для резцов, оснащенных твердым сплавом.

Рекомендуемые значения подач при точении сталей и сплавов резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава, приведены в [22].

В ряде случаев механической обработки назначение величины подачи связано с необходимостью получения заданной шероховатости обработанной поверхности.

Расчетные зависимости, представленные в главе 4, позволяют установить скорости резания применительно



к процессу точения деталей при жесткой системе СПИД без использования каких-либо технологических сред. При точении маложестких тонкостенных деталей скорости резания следует умножить на коэффициент 0,5. Зависимости определены для оптимальной стойкости резцов, которая при чистовой, получистовой и предварительной обработке соответствовала 60 мин. Для уточнения выполненных расчетов, применительно к конкретным условиям обработки, установленные значения скорости резания должны быть откорректированы поправочными коэффициентами, зависящими от марки обрабатываемого материала, наличия или отсутствия охлаждения, характера обработки и т. д.

Для материалов I...III групп поправочным коэффициентом, отражающим отношение фактической скорости резания к расчетной величине, в зависимости от марки обрабатываемого материала следует принять коэффициент обрабатываемости данной марки стали по сравнению со сталью 45.

В табл. 17 [23] приведены поправочные коэффициенты на скорость обработки в зависимости от марки обрабатываемого материала для сталей и сплавов IV...VI и VIII групп приведенной классификации. Соответственно в табл. 1...5 [23] — поправочные коэффициенты в зависимости от конкретных условий обработки. Для подтверждения осуществимости выбранного режима обработки необходимо дополнительно провести аналитическую оценку усилия резания и эффективной мощности на шпинделе станка.

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ
МАТЕРИАЛОВ

Исходные данные. Деталь — валик. Операция — предварительная обточка по наружному диаметру до 76 мм на длину 250 мм за один проход. Обрабатываемый материал — прокат, нержавеющей сталь мартенситного класса ЭИ961 (1X12Н2ВМФ), $\sigma = 900$ МПа соответствует группе II. Размер заготовки $\varnothing 80 \times 320$ мм. Состояние поверх-

Таблица 3.28

Основные паспортные данные станка 16К20

| | |
|---|--|
| Частота вращения шпинделя n , 1/мин | 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1200; 1600 |
| Продольная подача S_o , мм/об. | 0,05; 0,06; 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 |
| Наибольшее усилие резания, допускаемое механизмом подачи, Н | В продольном направлении на резце — 5884 |
| Наибольшая допустимая мощность, кВт | 10 |

ности заготовки — без корки. Станок — токарно-винторезный, модель 16К20 (табл. 3.28).

Режущий инструмент — резец проходной с пластиной из твердого сплава Т15К6, размер державки резца 25×16 мм, главный угол в плане $\gamma = 45^\circ$.

Стойкость резца 45 мин. Работа с охлаждением.

Расчет режимов резания выполняют в следующем порядке.

1. При черновой обработке назначают глубину резания, равную припуску $t = 2$ мм.

2. Определяют группу обрабатываемости стали.

Сталь ЭИ961 (1Х12Н2ВМФ) соответствует группе II.

3. Определяют подачу [20], величина которой для обработки стали II группы марки ЭИ961 с размером державки резца 25×16, диаметром обработки 80 мм, глубиной резания $t = 2$ мм рекомендуется в пределах $S_o = 0,4 \dots 0,5$ мм/об. Определяют среднее значение подачи $S_o = 0,45$ мм/об, которое сопоставляют с паспортными данными станка. По паспорту станка принимают ближайшее значение подачи (обычно в сторону занижения). Окончательно назначают подачу $S_o = 0,4$ мм/об.

4. По формуле

$$V = \frac{C}{t^{X_v} S^{Y_v} T^m} k_v$$

рассчитывают скорость резания с учетом того, что в рассматриваемом случае коэффициенты равны: $C = 360$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,45$; $m = 0,35$; $T = 60$ мин.



Нормативное значение скорости резания

$$V = \frac{360}{2^{0,15} \cdot 0,4^{0,45} \cdot 60^{0,35}} = 117 \text{ м/мин.}$$

Вводят поправочные коэффициенты на скорость резания: в зависимости от марки обрабатываемого материала ЭИ961 (см. табл. 1 [20]) $k = 1,3$, периода стойкости резца (см. табл. 16 [20]) $T = 45$ мин, $k_V = 1,1$ и наличия охлаждения (с охлаждением $k_v = 1,1$).

Скорость резания с учетом всех коэффициентов

$$V = 117 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 184 \text{ м/мин.}$$

5. По установленной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ 1/мин;}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 184}{3,14 \cdot 80} = 732 \text{ 1/мин.}$$

По паспорту станка принимают ближайшее значение частоты вращения шпинделя (обычно в сторону занижения) $n = 630$ 1/мин. При этом фактическая скорость резания, определенная по формуле

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000},$$

равна

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 630}{1000} = 158 \text{ м/мин.}$$

6. Усилие резания P_z и эффективную мощность N определяют по данным [22]:

$$P_z = 10 C_{P_z} t^{x_z} S^{y_z} V_\phi^n K_{P_z};$$

$$P_z = 10 \cdot 421 \cdot 2^{0,93} \cdot 0,4^{0,75} / 158^{0,15} = 1901 \text{ Н;}$$

$$N = \frac{P_z V_\phi}{1020 \cdot 60} \text{ кВт;}$$

$$N = \frac{1901 \cdot 158}{1020 \cdot 60} = 5 \text{ кВт.}$$



Расчетные значения $P_z = 1901$ Н и мощности $N = 5$ кВт сопоставляют с паспортными данными станка. Из сравнения видно, что установленные расчетные значения P_z и N не превышают усилия резания, допускаемого механизмом подачи станка, и эффективной мощности на шпинделе станка. Следовательно, выбранный режим осуществим.

Если мощность станка недостаточна для выполнения операции, то глубину резания разделяют на несколько проходов и выполняют проверочный расчет начиная с п. 1.

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ
ФРЕЗЕРОВАНИИ

1. Назначают глубину резания t , мм из расчета припусков преимущественно на черновом переходе.

2. Назначают величину подачи на зуб фрезы S_z , мм/зуб.

3. Задают по справочным данным стойкость фрезы T , мин.

4. Определяют скорость резания V_d , м/мин, допускаемую режущими свойствами инструмента:

$$V_d = \frac{C_V D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} k_v,$$

где D — диаметр фрезы, мм; B — ширина фрезерования, мм; z — число зубьев; C_V , q_v , m , y_v , u_v , p_v , k_v — коэффициенты выбирают из справочной литературы [23].

5. Определяют частоту вращения фрезы n , мин⁻¹:

$$n = 1000V_d/(\pi D).$$

Полученную частоту вращения корректируют по паспорту станка и принимают в качестве фактической n_Φ .

6. Определяют фактическую скорость резания V_Φ , м/мин:

$$V_\Phi = \pi D n_{\text{ст}}/1000.$$

7. Определяют скорость подачи V_s , мм/мин:

$$V_s = n_\Phi S_z z.$$

Полученное значение скорости подачи корректируют по паспорту станка и принимают в качестве фактического.



8. Определяют фактическую подачу на один зуб фрезы $S_{zф}$, мм/зуб:

$$S_{zф} = V_{sф}/(n_{ф}z).$$

9. Вычисляют величину силы резания P_z , Н:

$$P_z = \frac{10C_p t^{x_p} S_{zф}^{y_p} B^{u_p} z}{D^{q_p} n_{ф}^{\omega_p}} k_p,$$

где $C_p, x_p, y_p, u_p, q_p, \omega_p, k_p$ — из [20].

10. Определяют мощность резания N_p , кВт:

$$N_p = P_z V_{ф}/(60 \cdot 1020).$$

11. Устанавливают необходимую мощность электродвигателя станка $N_э$, кВт:

$$N_э = N_p \eta,$$

где η — КПД кинематической цепи станка.

Для осуществления процесса резания необходимо, чтобы выполнялось условие

$$N_э \leq N_{ст},$$

где $N_{ст}$ — мощность электродвигателя главного привода выбранного станка.

При невыполнении этого условия необходимо перейти на ближайшую меньшую частоту вращения фрезы, а для этого пересчитать $V_{ф}, V_s, S_{zф}, P_z$ и проверить неравенство $N_э \leq N_{ст}$.

12. Определяют основное технологическое время T_o , мин:

$$T_o = (l + y + \Delta)/S_{мин ф},$$

где l — длина обработки, мм; y — величина врезания инструмента, мм; Δ — величина перебега инструмента, мм; $S_{мин ф}$ — подача минутная фактическая, мм/мин.

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ОКОНЧАТЕЛЬНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Расчет производят в той же последовательности, что и при предварительном фрезеровании, с той лишь разницей, что при окончательном фрезеровании по таблицам нормативов назначают подачу на один оборот фрезы S_o , мм/об.,



по которой для дальнейшего расчета вычисляют величину подачи на один зуб S_z , мм/зуб:

$$S_z = S_o/z.$$

Результаты расчета режимов резания заносят в соответствующие графы при заполнении технологического процесса.

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Задачу решают в следующей последовательности:

1. Определяют наибольшую технологически допускаемую подачу. Для этого по таблицам нормативов выбирают соответствующую величину подачи S_H и подсчитывают подачи, допускаемые прочностью сверла $S_{п.с}$ и механизма подачи станка $S_{м.п}$, мм/об.:

$$S_{п.с} = C_s D^{0,6};$$

$$S_{м.п} = y_p \sqrt{\frac{|P_x|}{10C_p D^{q_p} k_{mp}}},$$

где D — диаметр инструмента, мм; C_s — коэффициент, зависящий от характеристики обрабатываемого материала (по табл. 3.29); $|P_x|$ — наибольшая сила, допускаемая прочностью механизма подачи станка (из технической характеристики станка), Н; C_p , y_p , q_p , k_{mp} — коэффициенты из справочника [20].

Для сверл, оснащенных твердым сплавом ВК, рекомендуется $C_s = 0,1$ при обработке чугуна $HB < 200$ и $C_s = 0,07$ для чугуна $HB > 200$.

Таблица 3.29

Значения коэффициента C_s для сверл из быстрорежущей стали

| Обрабатываемый материал | δ_n , МПа | C_s | Обрабатываемый материал | HB | C_s |
|-------------------------|------------------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Конструкционная сталь | < 900 | 0,064 | Чугун | < 170 | 0,125 |
| | > 900 | 0,05 | | > 170 | 0,075 |
| | < 1100 | | Цветные металлы | > 170 | 0,125 |
| | > 1100 | 0,038 | | | |



Из всех найденных подач S_n , $S_{п.с.}$, $S_{м.п.}$ выбирают меньшую, которая будет наибольшей технологически допускаемой подачей. В зависимости от глубины сверления величину подачи необходимо уменьшить, умножая ее на коэффициент k_{ls} .

Значения коэффициента k_{ls} в зависимости от глубины сверления:

| | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|------|
| Глубина сверления l , мм | 30 | 50 | 70 | 100 |
| Коэффициент k_{ls} | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,75 |

Подачу также уменьшают, учитывая рекомендации справочников [3; 23]:

а) при сверлении отверстий с точностью 11...14-го квалитетов в заготовках средней жесткости или под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом вводят коэффициент $k_{т.ф} = 0,75$;

б) при сверлении точных отверстий с последующей обработкой развертками или нарезанием резьбы метчиками, при сверлении отверстий центровочными сверлами, а также при сверлении отверстий в заготовках малой жесткости и с неустойчивыми опорными поверхностями вводят коэффициент $k_{т.ф} = 0,5$.

Уточненную величину подачи корректируют по паспорту и принимают в качестве фактической.

2. Задав стойкость сверла T , мин [22], определяют скорость резания V , м/мин, допускаемую свойствами режущего инструмента:

$$V_d = \frac{C_V D^{q_V}}{T^m t^{x_V} S^{y_V}} k_V,$$

где C_V , q_V , m , x_V , y_V , k_V — коэффициенты из справочника [22]; S — принятая скорость подачи, мм/мин; t — глубина резания, мм.

3. Определяют частоту вращения сверла n , мин⁻¹:

$$n = \frac{1000V_d}{\pi D}.$$

Полученную частоту вращения корректируют по паспорту станка и принимают в качестве фактической n_{ϕ} ($n_{ст}$).

4. Определяют фактическую скорость резания V_{ϕ} , м/мин:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000}.$$

5. Определяют крутящий момент на сверле $M_{кр}$, Н·м:

$$M_{кр} = 10 C_m D^{q_m} S_{\phi}^{y_m} k_m,$$

где C_m , q_m , y_m , k_m — из справочной литературы [23].

6. Определяют осевую силу резания P_o , Н:

$$P_o = 10 C_p D^{q_p} S_{\phi}^{y_p} k_{mp}.$$

7. Определяют мощность резания, N_p , кВт:

$$N_p = M_{кр} n_{\phi} / 9750.$$

8. Определяют необходимую мощность электродвигателя $N_{э}$, кВт:

$$N_{э} = N_p / \eta,$$

где η — КПД кинематической цепи станка.

Для резания необходимо, чтобы $N_{э} \leq N_{ст}$. При невыполнении этого неравенства следует перейти на меньшую частоту вращения сверла по паспорту станка, затем подсчитать $M_{кр}$, N_p и снова проверить условие $N_{э} \leq N_{ст}$.

9. Определяют основное технологическое время T_o , мин:

$$T_o = (l + y + \Delta) / (S_{\phi} n_{\phi}),$$

где l — длина обработки, мм; y — величина врезания инструмента, мм; Δ — величина перебега инструмента, мм.

Последовательность расчета для операций рассверливания, зенкерования, развертывания та же, что и для сверления. Особенностью расчета являются выбор глубины резания, подачи, расчет крутящего момента и осевой силы.

Величину подачи выбирают из таблиц [23] с учетом поправочных коэффициентов и корректируют по паспорту станка. Лимитирующим фактором при выборе подачи

является только шероховатость поверхности. Крутящий момент и осевую силу рассчитывают по следующим зависимостям:

— для рассверливания и зенкерования

$$M_{кр} = 10C_M D^{q_M} t^{x_M} S^{y_M} k_M, \quad P_o = 10C_P D_{qp} t_{xp} K_P;$$

— для развертывания

$$M_{кр} = \frac{C_{Pz} t^{x_{Pz}} S_z^{y_{Pz}} D_z k_{Pz}}{2 \cdot 100}.$$

Осевую силу при развертывании не рассчитывают ввиду ее незначительной величины.

Исходные данные, выбранные в результате подготовительной работы со справочной литературой, заносят в соответствующие графы таблицы в картах наладок и в карты технологического процесса (Приложение 1).

По паспортным данным станка определяют n , близкую к расчетной n_p .

Если нет точных данных о частотах вращения шпинделя станка, то приходится пользоваться следующей методикой.

В справочниках по металлорежущим станкам обычно указывают частоту вращения шпинделей n_{max} и n_{min} .

Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{max} = n_{min} \varphi^{m-1},$$

где φ — знаменатель ряда; m — общее число ступеней скорости соответствующего элемента станка.

Исходя из этого, можно определить любую из четырех величин: n_{max} , n_{min} , φ или m , если известны значения всех остальных.

Значения нормализованных знаменателей рядов φ , возведенных в степень, приведены в табл. 3.30, пользуясь которой можно легко определить значение φ на основании заданных в технической характеристике станка n_{max} , n_{min} и m . Для этого вычисляют частное n_{max}/n_{min} и в строке, соответствующей степени $m-1$, находят то числовое значение φ^{m-1} , которое равно или близко вычисленному, и по этому значению находят величину φ .

Таблица 3.30

Значение нормализованных знаменателей φ

| | | | | | | | |
|----------------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| φ | 1,06 | 1,12 | 1,26 | 1,41 | 1,58 | 1,78 | 2,00 |
| φ^2 | 1,12 | 1,26 | 1,58 | 2,00 | 2,50 | 3,16 | 4,00 |
| φ^3 | 1,19 | 1,41 | 2,00 | 2,82 | 4,00 | 5,64 | 8,00 |
| φ^4 | 1,26 | 1,58 | 2,50 | 4,00 | 6,32 | 10,08 | 16,00 |
| φ^5 | 1,34 | 1,78 | 3,16 | 5,64 | 10,08 | 17,92 | 32,00 |
| φ^6 | 1,41 | 2,00 | 4,00 | 8,00 | 16,00 | 32,00 | 64,00 |
| φ^7 | 1,49 | 2,24 | 5,04 | 11,28 | 25,28 | 56,80 | |
| φ^8 | 1,58 | 2,50 | 6,32 | 16,00 | 40,00 | | |
| φ^9 | 1,67 | 2,81 | 8,00 | 22,56 | 61,00 | | |
| φ^{10} | 1,78 | 3,16 | 10,08 | 32,00 | | | |
| φ^{11} | 1,89 | 3,55 | 12,64 | 45,12 | | | |
| φ^{12} | 2,00 | 4,00 | 16,00 | 64,00 | | | |
| φ^{13} | 2,12 | 4,48 | 20,16 | | | | |
| φ^{14} | 2,24 | 5,04 | 25,28 | | | | |
| φ^{15} | 2,36 | 5,64 | 32,00 | | | | |
| φ^{16} | 2,50 | 6,32 | 40,00 | | | | |
| φ^{17} | 2,65 | 7,12 | 50,65 | | | | |
| φ^{18} | 2,81 | 8,00 | 64,00 | | | | |
| φ^{19} | 2,98 | 8,96 | 80,64 | | | | |
| φ^{20} | 3,16 | 10,08 | 101,61 | | | | |
| φ^{21} | 3,35 | 11,28 | | | | | |
| φ^{22} | 3,55 | 12,64 | | | | | |
| φ^{23} | 3,77 | 14,24 | | | | | |
| φ^{24} | 4,00 | 16,00 | | | | | |
| φ^{25} | 4,24 | 17,92 | | | | | |
| φ^{26} | 4,48 | 20,16 | | | | | |
| φ^{27} | 4,75 | 22,56 | | | | | |
| φ^{28} | 5,04 | 25,28 | | | | | |
| φ^{29} | 5,34 | 28,48 | | | | | |
| φ^{30} | 5,64 | 32,00 | | | | | |
| φ^{31} | 5,98 | 35,84 | | | | | |



Продолжение табл. 3.30

| | | | | | | |
|----------------|-------|-------|--|--|--|--|
| φ^{32} | 6,32 | 40,00 | | | | |
| φ^{33} | 6,70 | 41,96 | | | | |
| φ^{34} | 7,12 | 50,56 | | | | |
| φ^{35} | 7,55 | 56,80 | | | | |
| φ^{36} | 8,00 | 64,00 | | | | |
| φ^{37} | 8,48 | | | | | |
| φ^{38} | 8,96 | | | | | |
| φ^{39} | 9,30 | | | | | |
| φ^{40} | 10,08 | | | | | |
| φ^{41} | 10,68 | | | | | |
| φ^{42} | 11,28 | | | | | |
| φ^{43} | 11,96 | | | | | |
| φ^{44} | 12,64 | | | | | |
| φ^{45} | 13,40 | | | | | |
| φ^{46} | 14,24 | | | | | |
| φ^{47} | 15,09 | | | | | |
| φ^{48} | 16,00 | | | | | |
| φ^{49} | 16,96 | | | | | |
| φ^{50} | 17,92 | | | | | |

Затем делят расчетное значение числа оборотов, двойных ходов или подачи на их минимальное значение, определяя таким образом расчетное значение φ в какой-то степени x . В том же столбце для найденного ранее значения φ находят ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $\varphi^x = n_p/n_{\min}$. Умножив затем найденное значение φ^x на n_{\min} , получают расчетное число оборотов, двойных ходов или подач.

Задача.

Для станка 1A730 $n_{\max} = 710 \text{ мин}^{-1}$, $n_{\min} = 56 \text{ мин}^{-1}$, $m = 12$. Найти n , если расчетная частота вращения $n_p = 250 \text{ мин}^{-1}$.

Решение.

Вычисляем

$$\varphi^{m-1} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}};$$



$$\varphi^{12-1} = \frac{710}{56} = 12,7.$$

По табл. 3.18 находим $\varphi^{11} = 12,64$, что соответствует $\varphi = 1,26$. В столбце 1,06, соответствующем $\varphi = 1,26$, выбираем ближайшее меньшее значение $\varphi^x = 4,00$.

Тогда

$$n = 56 \cdot 4,00 = 224 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания, м/мин:

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n}{1000}.$$

Значение стойкости инструмента T , приводимое в справочниках для различных видов обработки, соответствует условиям одноинструментной обработки.

При многоинструментной $T_{\text{ми}}$ обработке ориентировочно можно считать, что

$$T_{\text{ми}} = T k_T,$$

где T — стойкость лимитирующего инструмента; k_T — коэффициент изменения периода стойкости при многоинструментной обработке.

Норму времени $T_{\text{шт. к}}$ определяют после подсчета штучного $T_{\text{шт}}$ и подготовительно-заключительного $T_{\text{п. з}}$ времени по действующим нормативам:

$$T_{\text{шт. к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п. з}}/n,$$

где n — число заготовок в партии.

Нормы штучного времени определяют по известной зависимости [22, 24, 26, 28]

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + \frac{b_{\text{тех}}}{100} T_o + \frac{a_{\text{орг}}}{100} (T_o + T_v) + \frac{a_{\text{отд}}}{100} (T_o + T_v),$$

где T_o — норма основного технологического времени (определяется расчетом); T_v — норма вспомогательного времени; $b_{\text{тех}}$ — время на техническое обслуживание рабочего места, %; $a_{\text{орг}}$ — время на организационное обслуживание рабочего места, %; $a_{\text{отд}}$ — время на отдых и удовлетворение естественных потребностей.



В условиях массового производства подготовительно-заключительное время в норму времени не включают и в качестве нормы времени принимают $T_{шт}$.

В единичном и серийном производствах время на обслуживание рабочего места (организационное и техническое), а также время на отдых и личные потребности рабочего определяют в процентах от оперативного времени. Штучное время в этом случае [26]

$$T_{шт} = (T_o + T_b) \left(1 + \frac{k}{100} \right),$$

где k — время на обслуживание рабочего места (организационное и техническое), на отдых и личные потребности рабочего, в % от $(T_o + T_b)$.

Значения коэффициентов $a_{орг}$, $a_{отд}$, $b_{тех}$ и k принимают в соответствии с нормативами.

В процессе определения нормы времени на отдельные операции технологического процесса может выявиться необходимость коррекции содержания операций: изменения степени их дифференциации и концентрации, пересмотра режимов обработки, так как длительность операции должна быть приблизительно равной или кратной такту выпуска.

В некоторых случаях возможен пересмотр выбора технологического оборудования для обеспечения кратности $T_{шт}$ такту выпуска.

Всю информацию о технологической операции заносят в соответствующие документы, состав и порядок оформления которых рассмотрен в главе 5 настоящего пособия.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные этапы разработки технологического процесса изготовления детали.
2. Перечислите факторы, влияющие на выбор заготовки. Как выбрать заготовку?
3. Как устанавливаются планы обработки основных поверхностей?
4. Назовите условия разделения технологического процесса на основные этапы механической обработки.
5. Принципы концентрации и дифференциации операций.



6. Приведите технологическую классификацию оборудования.
7. Как выбрать оборудование для операции? Что такое технологическая и вспомогательная операции, переход? Дайте определения.
8. Особенности разработки технических требований на операцию.
9. Назовите методы назначения припусков на механическую обработку детали.
10. Расскажите о последовательности расчета припусков на механическую обработку детали.
11. Как рассчитать размеры детали, если она подвергается термической обработке?
12. В какой последовательности выполняется анализ точности механической обработки детали?
13. Как выбрать режимы резания: на токарную обработку, сверление, фрезерование, шлифование?
14. Если нет данных о частоте вращения шпинделя станка, то как правильно ее выбрать?

ОБЩИЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

К общим этапам проектирования технологических процессов сборки и механической обработки деталей относят этапы проектирования инструментов (режущих, сборочных, измерительных и др.), оснастки (станочной, сборочной, измерительной и др.), специального оборудования (модернизации металлорежущего, сборочного, испытательного, контрольного и прочего оборудования), а также разработки планировок цеха.

4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Объектом проектирования является металлорежущий инструмент, инструмент для сборки или контроля, поэтому в конструкторской части дипломного проекта следует дать описание выполненной работы в следующей последовательности.

Разработка задания на проектирование. Разработка задания на проектирование специального инструмента начинается с анализа служебного назначения и технической характеристики детали или сборочной единицы, условий и типа их производства. Особенности некоторых заданий обуславливаются видом обрабатываемой поверхности (цилиндрическая или коническая, наружная или внутренняя, плоская, резьбовая и др.). В этом случае определяется тип инструмента (сверло, зенкер, развертка, метчик, абразивный или алмазный шлифовальный круг и т. д.)

и указывается материал обрабатываемой заготовки, размеры обрабатываемых поверхностей и их точность, а также параметры качества. Служебное назначение детали (заготовки) в таких случаях, как правило, не анализируется.

Итоги анализа позволяют получить необходимые данные для разработки задания на проектирование и производство инструмента. Техническое задание, как правило, необходимо разрабатывать в технологической части проекта.

Сравнительный анализ конструкции инструментов. Выполняется для обоснования выбора типоразмера инструмента, выявления преимуществ и недостатков данной конструкции относительно других, четкого представления обо всех разновидностях однотипных инструментов и, если необходимо, эффективности их применения.

Уточнение типа производства изделий. В большинстве случаев тип производства определяется при анализе технологичности изделий. Тип производства обуславливает тип используемого инструмента.

Уточнение применения данного вида инструмента. Для более строгого доказательства целесообразности обработки заготовки данным видом инструмента рассчитывают эффективность его применения по сравнению с другими видами инструментов.

Инструмент, разрабатываемый в проекте, обычно используется для одной операции. Эффективность его применения приближенно определяется технологической себестоимостью операции на основе нормативов себестоимости 1 ч работы оборудования по формуле:

$$C_{oi} = N_i C_{цoi} T_{шт. i},$$

где N_i — годовая программа выпуска изделий в штуках на i -й операции; $C_{цoi}$ — цеховые затраты, приходящиеся на 1 ч работы оборудования, занятого при выполнении i -й операции, руб./ (станко-ч); $T_{шт. i}$ — штучное время на i -й операции.

Нормативы затрат назначают по данным базового завода или используют примерные нормативы себестоимости 1 ч работы оборудования [22]. Число сравниваемых инструментов-аналогов обычно не превышает 4...6 единиц.



На основании произведенных расчетов подтверждается правильность выбора инструмента, указанного в задании, при обработке данной заготовки.

Расчет и проектирование инструмента. При проектировании режущего инструмента выбирают инструментальный материал и назначают геометрические параметры, которые зависят от следующих факторов.

1. Характеристики обрабатываемой заготовки, определяющие непосредственную связь между заготовкой и инструментом:

- материал заготовки, его химические, физические и механические свойства;
- требования к шероховатости обрабатываемой поверхности;
- требования к точности линейных и угловых размеров и геометрической форме обрабатываемых поверхностей заготовки;
- метод получения заготовки (штамповкой, литьем и др.);
- габаритные размеры заготовки и ее масса;
- дополнительные данные.

2. Особенности инструмента:

- тип и конструкция инструмента;
- габаритные размеры инструмента;
- материал инструмента;
- тип производства инструмента (единичное, серийное, массовое);
- требования к повторной заточке инструмента;
- особенности термообработки и методы нанесения износостойких покрытий на рабочую поверхность инструмента;
- дополнительные данные.

3. Условия эксплуатации инструмента:

- режим резания;
- тип производства деталей (единичное, серийное, массовое);
- состав смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и способ подачи ее в зону резания;
- требования регламента по стойкости инструмента;
- форма стружки и ее отвод;

- вид оборудования, на котором предполагается использовать инструмент, и его мощность;
- дополнительные данные.

Все перечисленные факторы влияют на выбор материала и назначение геометрических параметров инструмента, но их число в каждом случае может меняться. Источниками информации при описании этих факторов служат материалы базового завода, справочная литература и результаты исследований при выполнении дипломного проекта.

Расчет конструктивных элементов инструмента. В процессе анализа условий формообразования заготовки механической обработкой решают следующие задачи:

1) определение и уточнение кинематики движения инструмента и заготовки;

2) определение формы исходной поверхности инструмента, на которой располагаются режущие кромки. Эта задача решается графическими, графоаналитическими и аналитическими методами. При сложной форме режущего инструмента и заготовки целесообразно использовать одновременно графические и аналитические методы (например, профилирование инструментов для обработки винтовых поверхностей; инструментов, работающих по методу обкатки);

3) выбор формы передней поверхности и положения режущей кромки на исходной поверхности инструмента с учетом назначенных геометрических параметров;

4) выбор формы задних поверхностей с учетом обеспечения заданных углов и сохранения постоянной формы режущей кромки при повторных заточках;

5) уточнение возможной погрешности обработки заготовки повторно заточенным инструментом;

6) выбор средств контроля, позволяющих определить точность изготовления инструмента;

7) принятие конструктивных решений по эффективному отводу и дроблению стружки;

8) определение способа подачи СОЖ в зону резания.

Набор указанных задач может варьироваться в зависимости от вида инструмента.

Расчет инструмента на прочность и жесткость. Инструмент должен:

- выдерживать заданные силы резания;
- обеспечивать отвод, размещение и транспортирование стружки;
- обладать достаточной жесткостью для предотвращения вибраций и обеспечения требуемой точности обрабатываемой заготовки.

В общем случае подлежит расчету прочность режущего клина, тела зуба, корпуса, зажимной части, инструментальной оснастки (оправки и др.) [21]. Однако в практике конструирования инструмента расчет на прочность режущего клина и тела зуба обычно не производят, а их прочностные свойства обеспечиваются соответствующими геометрическими параметрами и формой зуба инструмента, которые определяются опытным путем или на основании существующих рекомендаций.

Расчет на прочность корпуса или различных частей инструмента производится в такой последовательности:

1) с учетом заданных режимов резания и геометрии определяются силы резания, действующие на режущую кромку или на суммарную длину режущих кромок, одновременно участвующих в резании (осевые, радиальные, тангенциальные силы, крутящие моменты);

2) намечается одно или несколько опасных сечений (наиболее нагруженных участков инструмента);

3) определяются геометрические характеристики опасных сечений (площадь сечения, полярные моменты инерции и пр.);

4) производится расчет отдельно на прочность, растяжение (протяжки), изгиб (резцы), кручение (сверла) или одновременно на кручение, изгиб, продольный изгиб, растяжение-сжатие (концевой инструмент) в зависимости от типа проектируемого инструмента.

Расчет на прочность и жесткость оправок, сборочных и измерительных инструментов производится в той же последовательности.

При проектировании инструмента с применением ЭВМ объем работ зависит от задач, поставленных в проекте, степени подготовленности исполнителя и имеющихся средств вычислительной техники.

4.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОСНАЩЕНИЯ

Разработка технологических процессов сопровождается выбором либо проектированием приспособлений. Приспособлением называется вспомогательное устройство для выполнения операций механической обработки, сборки, сварки, испытания и контроля. Наибольшую группу (около 70%) составляют приспособления для механической обработки на металлорежущих станках. С применением станочных приспособлений устраняется разметка, повышается производительность труда и точность обработки, снижается себестоимость изделия, повышается безопасность работы и улучшаются условия труда.

В зависимости от целевого назначения различают станочные приспособления для установки и закрепления заготовок, а также для установки и закрепления инструментов; сборочные приспособления; приспособления для контроля и испытания деталей и узлов. По степени специализации приспособления подразделяются на универсальные, переналаживаемые и специальные.

Универсальные приспособления применяются в индивидуальном и мелкосерийном типах производства. Их изготавливают централизованно на специализированных предприятиях: например, патроны для установки заготовок или инструментов, машинные тиски, поворотные столы и т. д. Иногда универсальные приспособления проектируются и производятся индивидуально для деталей определенного типа, но разных размеров.

Переналаживаемые (обратимые) приспособления применяют в мелко- и среднесерийном типах производства. Особую группу составляют переналаживаемые приспособления для групповой обработки.

Специальные приспособления предназначены для выполнения одной технологической операции, поэтому их целесообразно применять в условиях массового и крупносерийного типов производства.

К приспособлениям предъявляют ряд требований. Они должны обеспечивать необходимую точность и жесткость;



быть удобными, эффективными и безопасными в работе; быть простыми и удобными в регулировке и ремонте; обеспечивать требуемое положение детали или инструментов относительно рабочих органов.

В приспособлениях основными являются следующие элементы: установочные, для закрепления заготовок, для направления инструмента и контроля его положения, а также вспомогательные устройства и корпуса приспособлений. Задача конструирования приспособления вытекает из общей задачи проектирования ТП изготовления изделий. Поэтому все исходные данные и принципиальные решения конструктор оснастки получает из технологической части проекта. Конструирование и расчеты рекомендуем выполнять с использованием специальной литературы [16; 22; 28; 31].

Для одной из операций проектируемого технологического процесса разрабатывается конструкция приспособления. Работа должна носить самостоятельный, творческий характер и не повторять существующую заводскую конструкцию приспособления. Выбор типа приспособления зависит от характера производства и других факторов. Правильно сконструированное приспособление должно способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшению условий труда, а также исключению предварительной разметки деталей и выверки их при установке на станке.

При проектировании приспособления желательно применять пневматические или гидравлические приводы зажимов, предусматривать возможность обработки детали одновременно на двух позициях или использовать многоместные приспособления.

Для проектирования необходимо иметь данные о размерах изделия, годовой программе выпуска, условиях эксплуатации, режимах резания, охлаждении, применяемом станке (паспортные данные и размеры посадочных мест); располагать справочными материалами на режущий инструмент для данной операции, альбомами нормализованных деталей и сборочных единиц приспособлений. Задача сводится к тому, чтобы из известных элементов ском-

поновать наиболее выгодный для данных условий вариант конструкции приспособления.

Приступая к проектированию, необходимо проанализировать конструкции приспособлений для обработки однотипных деталей, наметить пути их усовершенствования или замены новыми приспособлениями, принципиально отличными от базовых.

Работа над созданием приспособления состоит из нескольких этапов.

1. Разработка технического задания на проектирование приспособления (в технологической части проекта). При этом анализируют конструкцию изделий и технологического процесса обработки (сборки), данные о предыдущей операции и возможных погрешностях, возникающих на ней, способы базирования детали, принципиальную схему приспособления и основные требования к ней.

2. Разработка эскиза приспособления.

3. Расчет элементов приспособления. Конструирование приспособления предпочтительно выполнять в такой последовательности:

1) начертить контур обрабатываемой детали в необходимом количестве видов (обычно в трех) и на таком расстоянии друг от друга, чтобы осталось достаточно места для вычерчивания проекций всех элементов приспособления — установочных, направляющих и зажимных;

2) начертить вокруг контура обрабатываемой детали установочные (центрирующие) или опорные элементы — подвижные и неподвижные опоры, оправки, призмы, направляющие элементы, кондукторные втулки и т. п.;

3) начертить зажимные и вспомогательные элементы приспособления;

4) начертить корпус, выполнив все необходимые размеры и сечения;

5) проставить габаритные и контрольные размеры приспособления (диаметры кондукторных втулок, расстояния между осями кондукторных втулок, расстояния между базовыми поверхностями, посадочные размеры базовых поверхностей, присоединительные размеры и т. п.);

б) разработать технические условия на точность изготовления приспособления.

Обрабатываемая деталь на общем виде приспособления принимается «прозрачной», т. е. вычерчивается цветным карандашом либо утолщенными штриховыми линиями.

Улучшение существующих и применяющихся на заводе конструкций приспособлений может идти за счет:

- замены ручных зажимов механическими, пневматическими, гидравлическими и электрическими;
- превращения одноместных приспособлений в многоместные;
- автоматизации процесса загрузки приспособления и снятия детали.

При использовании принципиально новой схемы приспособления необходимо учитывать:

- максимальное использование нормализованных сборочных единиц и конструкций (пневматических и гидравлических приводов, цилиндров, зажимов, кондукторных втулок, базовых деталей и т. п.);
- возможность быстрой переналадки приспособления для обработки других подобных деталей;
- обеспечение наименьшей величины вспомогательного времени на установку, выверку и закрепление обрабатываемых деталей при достижении требуемой точности обработки.

При проектировании приспособления выполняют расчеты по определению усилий зажима в зависимости от сил резания; основных параметров зажимных устройств (эксцентриковых, рычажно-шарнирных механизмов и т. д.); основных параметров силового привода (пневматического, гидравлического, электрического и др.). По заданию руководителя дипломного проекта указанные расчеты могут быть заменены расчетом точности базирования данного приспособления в зависимости от требуемой точности изготовления детали. В основу проектирования станочных приспособлений положена теория расчета точности обработки.

Исходим из условия, что суммарная погрешность обработки Δ не должна превышать допуск выдерживаемого

размера T , т. е. $\Delta < T$. Допустимую погрешность, вызываемую применением приспособления, можно определить из неравенства

$$\varepsilon_{\text{п}} \leq \sqrt{\left(T - \sum \Delta_{\text{ф}}\right)^2 - (\Delta_{\text{у}}^2 + \Delta_{\text{н}}^2 + 3\Delta_{\text{и}}^2 + 3\Delta_{\text{т}}^2) - (\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)},$$

где $\sum \Delta_{\text{ф}}$ — суммарная погрешность, связанная с геометрическими отклонениями оборудования; $\Delta_{\text{у}}$ — погрешность, вызванная упругими деформациями технологической системы; $\Delta_{\text{н}}$ — погрешность настройки технологической системы; $\Delta_{\text{и}}$ — погрешность, возникающая в результате размерного износа режущих инструментов; $\Delta_{\text{т}}$ — погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы; ε_6 и ε_3 — соответственно погрешности базирования и закрепления заготовки.

Методика расчета составляющих данной формулы подробно изложена в работах [7; 22; 23].

Расчет и выбор различных конструкций пневмоцилиндров, гидросистем, рычажно-шарнирных, электромагнитных и других приводов, монтируемых в приспособлениях, можно производить, пользуясь справочниками [1; 8; 18; 19] и другой рекомендованной литературой.

В мелкосерийном и индивидуальном производствах целесообразно использовать универсально-наладочные (УНП) и универсально-сборные (УСП) приспособления, позволяющие сравнительно легко применять их для обработки различных деталей в разнообразных операциях технологического процесса.

В комплект УСП входят базовые детали (круглые и прямоугольные столы с крестообразными пазами T -образной формы), установочные элементы приспособлений (подкладки различной формы для высотной регулировки, опоры, призмы, накладки), направляющие элементы (планки, втулки и др.), зажимные элементы (прихваты, зажимы и др.), крепежные детали (шпильки, болты, винты, гайки, шайбы) и другие детали (центры, оси, пружины, вилки и т. д.).

Для определения эффективности проектируемого приспособления по сравнению с существующим на заводе

целесообразно выполнить экономический расчет. Например, дипломник выполняет расчет эффективности методом сравнения себестоимости операции в том и другом приспособлении. Этот расчет может быть помещен в экономическую часть проекта.

Приближенно расходы на приспособления и инструмент можно определить исходя из стоимости работы приспособления и режущего инструмента за единицу времени.

Проектирование оснастки для сборочных работ.

По степени универсальности применения сборочные приспособления делятся на универсальные и специальные; по количеству одновременно собираемых изделий (узлов) — на одноместные и многоместные для последовательной или параллельной сборки; по уровню автоматизации — на ручные, механизированные, автоматические. По назначению сборочные приспособления, часто называемые устройствами, подразделяют на группы:

1) загрузочные — для накопления и перемещения в пространстве собираемых объектов (лотки, бункеры и др.);

2) установочные — для правильной взаимной установки соединяемых объектов с требуемой точностью и фиксации их в нужном положении (как правило, это специальные приспособления);

3) ориентирующие — предназначенные для придания объектам сборки требуемого положения в пространстве;

4) рабочие — для выполнения конкретных соединений (развальцовки, запрессовки и т. п.);

5) контрольно-испытательные — для проверки соответствия определенных показателей данного объекта требуемым показателям качества (испытательные стенды, устройства для контроля и др.);

6) регулировочно-пригоночные — для выполнения регулировочно-пригоночных работ (балансировки, регулировки зазоров и т. п.);

7) комбинированные — соединяют в себе два и более из рассмотренных выше типов приспособлений (вибробункер с встроенным ориентирующим устройством и т. п.).

Рассмотрим основные этапы проектирования сборочных приспособлений.

1. Анализ исходных данных для проектирования. Этот этап начинается с разработки технического задания на приспособление на основании анализа чертежей собираемого узла, входящих в него деталей и технологического процесса сборки.

В техническом задании указывают: наименование и назначение изделия, краткую характеристику условий его работы, требуемую производительность и количество приспособлений, характеристику выполнения аналогичной работы в настоящее время, годовую программу и срок выпуска изделий, а также другие данные. При анализе технического задания выявляется целесообразность проектирования специального сборочного устройства, рассматриваются существующие конструкции, выполняющие аналогичную работу. Предпочтение отдается универсальным приспособлениям. Анализируя необходимую производительность, определяют степень автоматизации приспособления.

На чертежах собираемого узла и деталей должна быть представлена вся информация (размеры, допуски, пространственные отклонения и другие технические условия на сборку). В операционной технологии указываются технологические и измерительные базы, а также другие технические условия выполнения операции. При анализе чертежей и технологического процесса сборки определяют необходимость фиксации деталей, подходы и выходы сборочного инструмента, количество одновременно выполняемых соединений, способ обеспечения необходимых параметров процесса и точности сборки, удобство эксплуатации приспособления; учитывают возможное влияние предыдущих сборочных переходов и особенности выполнения последующих. На основе этого анализа выбирают вид установочных элементов, схему их расположения и способы фиксации собираемых деталей при выполнении соединения.

2. Разработка принципиальной (кинематической) схемы. На этом этапе определяют общую компоновку исполнительного механизма, его основные элементы, условия эксплуатации; подбирают вид привода. Здесь же устанавливают жесткость будущей конструкции.

3. *Определение усилий*, действующих на проектируемую конструкцию. По принципиальной схеме исполнительного механизма составляется схема действия сил и расчетным путем определяются нагрузки на различные узлы конструкции.

4. *Разработка эскизного проекта*. На этом этапе предварительно определяются габаритные размеры всех деталей конструкции. Методом расчета на прочность устанавливаются предельные размеры наиболее нагруженных деталей. Решаются вопросы соединения и сопряжения деталей и узлов, их внешний вид и расположение.

5. *Технико-экономическое обоснование разрабатываемой конструкции*. Этот этап особенно важен при проектировании средств механизированной и автоматической сборки.

6. *Разработка общего вида*. Здесь проектируемая конструкция окончательно формируется с учетом эргономических и эстетических принципов. В соответствии с требованиями стандартов оформляются чертежи общего вида конструкции с указанием габаритных, монтажных, посадочных, присоединительных размеров, их точности, а также технической характеристики и технических условий на изготовление (точность сборки, требования к регулировке и отладке, методы проверки соединений, отделка, маркировка).

Все перечисленные этапы проектирования должны быть отражены в конструкторской части пояснительной записки.

4.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЛИ МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В технологических проектах тип оборудования для обработки заготовок или сборки изделий, как правило, выбирают из каталогов. В дипломной работе приходится выполнять разработку модернизации существующего оборудования, проектирование транспортных устройств, манипуляторов, сборочных автоматов, испытательных стендов, ступеней и других устройств для механосборочных цехов.

Техническое задание для этих целей разрабатывается в технологической части проекта; оно должно предусматривать подготовку задания на проектирование нестандартного оборудования или модернизацию существующего. Подготовительная работа начинается с технического задания на проектирование устройства, поскольку оно является базой для обоснования разрабатываемой конструкции. Задание на проектирование должно содержать перечень конкретных узлов устройств, подлежащих разработке. *Дипломный проект*, как правило, является реальным, т. е. связанным с проектированием технологии, поэтому во время преддипломной практики следует тщательно изучить назначение устройства.

Изучая чертеж детали, необходимо обратить особое внимание на правильность применения технологических баз, на точность, взаимное расположение и качество поверхностей, подлежащих обработке.

Изучение состояния вопроса. О многих объектах проектирования дипломник имеет общее представление. Необходимо в короткий срок приблизиться к уровню специалиста по заданному виду оборудования. Для этого надо получить четкое представление о назначении проектируемого устройства, изучить технологические операции, которые должны выполняться на нем, используемый инструмент и технологическую оснастку, а также необходимые движения рабочих органов устройства.

Следует изучить конструкции существующих устройств-аналогов, выяснить, какие отечественные и зарубежные предприятия их выпускают, какие исследования известны по этой группе устройств и каковы современные проблемы их совершенствования. До начала конструирования надо определить взаимосвязь проектируемого устройства со вспомогательным оборудованием, например, с транспортной системой, подающей заготовки, с системой уборки стружки и др.

Необходимую исходную информацию получают, проводя патентно-технический анализ (по справочникам, стандартам, учебникам и учебным пособиям, монографиям, статьям, каталогам, руководствам по обслуживанию



и чертежам устройств-аналогов, патентам, отчетам по исследованиям). В дальнейшем круг используемых информационных источников должен расширяться за счет самостоятельной работы с библиотечными каталогами и библиографическими указателями, в результате просмотра технических журналов, выпусков экспресс-информации, патентных материалов и т. п. От качества патентного исследования зависят качество будущего устройства и экономическая эффективность разработок. В результате должен быть составлен обзор, содержащий сравнительный анализ существующих конструкций.

В силу технологической наследственности предыдущие операции оказывают прямое воздействие на точность обработки заготовки на последующих операциях, особенно в тех случаях, когда первые связаны с созданием технологических баз для вторых. Операции предварительной обработки влияют на точность окончательной обработки также вследствие неравномерности оставляемого припуска. Вопросы технологической наследственности следует учитывать, чтобы обосновать величину припуска, технические требования к заготовкам, которые будут поступать на проектируемое устройство, а также точность и производительность самого проектируемого устройства. Если операция, для которой проектируется устройство, может выполняться различными способами, надо рассмотреть их особенности.

Главное в обзоре — сравнительный анализ достоинств и недостатков существующих конструкций. Важнейший элемент сравнительного анализа — *оценка* выделенных особенностей, плюсов и минусов устройства. Сводную таблицу технических характеристик необходимо проанализировать и сопроводить комментариями.

Данный раздел можно завершить техническим обоснованием необходимости проектирования нового устройства.

Методика конструирования устройств подробно изложена в работах [18; 19], она предусматривает разработку нескольких вариантов устройств, использование метода инверсии и компонование.

Среди приемов, облегчающих сложную работу конструирования, видное место занимает *метод инверсии* (обращение функций, форм и расположения деталей).

В узлах иногда бывает выгодно поменять детали ролями, например, ведущую деталь сделать ведомой, направляющую — направляемой, охватывающую — охватываемой, неподвижную — подвижной. Иногда целесообразно инвертировать формы деталей, например, наружный конус заменить внутренним, выпуклую сферическую поверхность — вогнутой. В других случаях оказывается выгодно переместить конструктивные элементы с одной детали на другую, например, шпонку с вала на ступицу или боек с рычага на толкатель. При этом конструкция каждый раз приобретает новые свойства. Дело конструктора — взвесить преимущества и недостатки исходного и инвертированного вариантов с учетом надежности, технологичности, удобства эксплуатации и выбрать лучший из них. У опытного конструктора метод инвертирования является неотъемлемым инструментом мышления и значительно облегчает процесс поиска решений, в результате чего рождается рациональная конструкция.

Компонование обычно состоит из двух этапов: эскизного и рабочего. В эскизной компоновке разрабатывают основную схему и общую конструкцию агрегата (иногда несколько вариантов). На основании анализа эскизной компоновки составляют рабочую компоновку, уточняющую конструкцию агрегата и служащую исходным материалом для дальнейшего проектирования.

При компоновании важно уметь отделить главное от второстепенного и установить правильную последовательность разработки конструкции. Попытка скомпоновать одновременно все элементы конструкции — ошибка, свойственная начинающим конструкторам. Получив задание, определяющее целевое назначение и параметры проектируемого агрегата, конструктор нередко начинает сразу вырисовывать всю конструкцию в подробностях, с полным изображением конструктивных элементов, придавая компоновке такой вид, который должен иметь сборочный чертеж конструкции в техническом или рабочем проекте.



Конструировать так — значит обречь конструкцию на нерациональность. Получается механическое нанизывание конструктивных элементов и узлов, расположенных заведомо нецелесообразно.

Компоновку следует начинать с решения главных вопросов — выбора рациональных кинематической и силовой схем, правильных размеров и формы деталей, определения их наиболее целесообразного взаиморасположения. При компоновании надо идти *от общего к частному*, а не наоборот. Выяснение подробностей конструкции на данном этапе бесполезно и даже вредно, так как отвлекает внимание конструктора от основных задач компонования и путает логический ход разработки конструкции.

Другое основное правило компонования — разработка вариантов, их углубленный анализ и выбор наиболее рационального. Если конструктор сразу задается направлением конструирования, выбрав первый пришедший в голову тип конструкции или приняв за образец шаблонную конструкцию, то он неизбежно совершает ошибку. Самое опасное на данном этапе проектирования — поддаться психологической инерции и оказаться во власти стереотипов. Необходимо продумать все возможные решения и выбрать оптимальное для данных условий. Это требует труда и удается не сразу, иногда в результате длительных поисков.

Полная разработка вариантов необязательна. Достаточно карандашных набросков от руки, чтобы получить представление о перспективности варианта и решить вопрос о целесообразности продолжения работы над ним. Иногда конструктор даже не может объяснить, почему он избирает одно направление конструирования и отвергает другое, ограничиваясь лаконичным «не нравится». У опытного конструктора за этой, на первый взгляд, вкусовой мотивировкой скрывается безошибочное предвидение конструктивных, технологических, эксплуатационных и других осложнений, которыми чревато отвергаемое направление.

В процессе компонования необходимо производить расчеты, хотя бы ориентировочные и приближенные.

Основные детали конструкции должны быть рассчитаны на прочность и жесткость. Доверяться интуиции при выборе размеров и форм деталей нельзя. Копируя шаблонные формы и придерживаясь традиционного уровня напряжений, невозможно создать прогрессивные конструкции.

Неправильно всецело полагаться и на расчет. Во-первых, существующие методы расчета на прочность не учитывают ряда факторов, определяющих работоспособность конструкции. Во-вторых, есть детали, которые трудно рассчитать (например, сложные корпусные детали). В-третьих, необходимые размеры деталей обуславливаются не только прочностью, но и другими факторами. Конструкция литых деталей определяется, в первую очередь, требованиями литейной технологии. Для механически обрабатываемых деталей следует учитывать сопротивляемость силам резания и придавать им необходимую жесткость. Термически обрабатываемые детали должны быть достаточно массивными во избежание коробления. Размеры деталей управления нужно выбирать с учетом удобства манипулирования. Необходимое условие правильного конструирования — постоянно иметь в виду вопросы изготовления и с самого начала придавать деталям технологически целесообразные формы. Опытный конструктор, komponуя деталь, сразу делает ее технологичной; начинающий же должен постоянно обращаться к технологам за консультацией.

Компоновку необходимо вести на основе нормальных размеров (диаметров посадочных поверхностей, размеров шпоночных и шлицевых соединений, диаметров резьбы и т. д.). Особенно это важно при компоновании узлов с несколькими концентричными посадочными поверхностями, а также ступенчатых деталей, форма которых в значительной степени зависит от градации диаметров.

Одновременно следует добиваться максимальной унификации нормальных элементов.

При компоновании должны быть учтены все условия, определяющие работоспособность агрегата: разработаны системы смазки, охлаждения, сборки-разборки, крепления агрегата и присоединения к нему смежных деталей



(приводных валов, коммуникаций, электропроводки); предусмотрены условия удобного обслуживания, осмотра и регулирования механизмов; выбраны материалы для основных деталей; продуманы способы увеличения долговечности и износостойкости трущихся соединений, способы защиты от коррозии; исследованы возможности форсирования агрегата и определены его границы.

В процессе проектирования часто обнаруживают не замеченные в первоначальных проработках конструкции недостатки, для устранения которых приходится возвращаться к ранее забракованным схемам или разрабатывать новые. Отдельные узлы не всегда получаются с первых попыток. Это не должно смущать конструктора. Приходится создавать «временные» конструкции и доводить их до необходимого конструктивного уровня в процессе дальнейшей работы. В таких случаях полезно сделать передышку, после которой в результате работы подсознания нередко возникают удачные решения, выводящие конструктора из тупика. После «паузы» конструктор смотрит на чертеж по-новому и видит недостатки, допущенные в период развития основной идеи конструкции.

Порой конструктор невольно утрачивает объективность, перестает видеть недостатки понравившегося ему варианта и возможности других вариантов. В таких случаях оказываются полезными мнения посторонних людей, указания специалистов и даже критика.

Техника компонования. Компонование лучше всего вести в масштабе 1:1, если это допускают габаритные размеры проектируемого объекта. Тогда легче выбрать верные размеры и сечения деталей, составить представление о соразмерности частей конструкции, прочности и жесткости деталей и конструкции в целом. К тому же такой масштаб избавляет от необходимости нанесения большого числа размеров и облегчает последующие процессы проектирования, в частности, детализовку. Размеры деталей в этом случае можно брать непосредственно с чертежа.

Вычерчивание в уменьшенном масштабе, особенно при сокращениях, превышающих 1:2, искажает пропорции и лишает чертеж наглядности, что сильно затрудняет про-

цесс компонования. Если размеры объекта не позволяют применить масштаб 1:1, то следует компоновать в натуральную величину отдельные сборочные единицы и агрегаты объекта.

Компоновку простейших объектов можно разрабатывать в одной проекции, в которой конструкция выявляется наиболее полно. Формы конструкции в поперечном направлении восполняются пространственным воображением. При компоновке более сложных объектов указанный способ может вызвать существенные ошибки; в таких случаях обязательна разработка во всех необходимых видах, разрезах и сечениях.

Техника выполнения компоновочных чертежей представляет собой процесс непрерывных поисков, проб, разработки вариантов, их сопоставления и отбраковки негодных. Чертить следует со слабым нажимом карандаша, потому что переделки при компоновании следуют одна за другой, здесь больше работает резинка, а не карандаш. Сечения можно штриховать от руки или не штриховать вообще. Не следует тратить время на вырисовывание подробностей. Типовые детали и узлы (крепежные детали, уплотнения, пружины, подшипники качения) целесообразно изображать упрощенно. Обводку чертежа, штриховку, раскрытие условностей изображения и подрисовывание мелких деталей оставляют на окончательные стадии компонования, подготовку чертежа к обсуждению.

Существует школа компонования от руки: конструкцию вырисовывают карандашом на миллиметровой бумаге. Такое компонование имеет большие преимущества с точки зрения производительности, гибкости, легкости внесения поправок. Оно почти полностью исключает возможность ошибок в увязочных размерах и обеспечивает легкое чтение всех размеров деталей. При этом способе особенно хорошо удается придавать деталям плавные очертания, характерные для современного конструирования.

При компьютерной разработке конструкции устройства целесообразно сначала выполнить компоновку на миллиметровке, а затем перенести ее на экран.



4.4. РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВКИ ЦЕХА

Планировка цеха непосредственно связана с разработкой технологического процесса. Выбор того или иного способа расположения оборудования цеха зависит от принятой организационной формы производства. Основной принцип планировки — технологическая последовательность расположения оборудования (прямоточность движения заготовок).

В условиях серийного, крупносерийного и массового производств последовательность установки оборудования обычно соответствует последовательности операций технологического процесса. Транспортирующие устройства выбирают в зависимости от конфигурации, размеров и массы заготовок, деталей и сборочных единиц. Необходимо предусмотреть возможность перестановки оборудования при смене объекта производства.

В цехах единичного и мелкосерийного производств практикуют смешанное расположение оборудования — по типам оборудования и по технологическому процессу. Станки располагают по группам, но последовательность размещения групп соответствует технологическому процессу изготовления основных деталей участка.

При планировке комплексно-автоматизированных участков, станков с числовым программным управлением и автоматизированной транспортно-складской системой, управляемых ЭВМ, оборудование можно разместить в любой последовательности, но для удобства технического обслуживания обычно используют последовательное расположение оборудования по технологическому процессу.

На план участка наносят магистральные проезды, границы и сетку колонн выбранного здания. Составляют несколько вариантов планировки оборудования с использованием темплетов (выполняют по паспортам станков в масштабе 1:100 или 1:200 из картона, плотной прозрачной пленки или пластмассы), проверяют прямоточность перемещения заготовок, имеющих различные технологические маршруты, и выбирают лучший вариант. При этом необходимо соблюдать нормы проектирования, регламен-

тирующие ширину проходов и проездов, расстояний между оборудованием и элементами строительных конструкций с учетом размещения каналов для транспортирования стружки от металлорежущих станков, промышленных разводок воздуха, электроэнергии, масла, СОЖ и др.

Планировки оформляют в соответствии с рекомендациями [30].

4.5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Структурный анализ позволяет выявить внутренние резервы технологии на каждом рабочем месте, а структурный синтез — создать оптимальные технологические процессы. Совершенствование технологии должно быть направлено, в основном, на изменение структуры процесса с целью повышения качества сборки и производительности на ранних этапах освоения производства изделия (изготовление установочной партии). Именно в этот период исправляют ошибки, допущенные технологом в процессе разработки технологии.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Этапы проектирования специального инструмента. Связь с технологическим процессом. Факторы выбора материала и геометрии режущей части металлообрабатывающего инструмента. Какие расчеты необходимо выполнить при проектировании металлорежущего инструмента?
2. Какие требования предъявляются к оснастке? Этапы проектирования приспособлений для механической обработки деталей. Расчеты приспособлений, допустимая погрешность при установке и закреплении детали.
3. Виды сборочных приспособлений. Этапы проектирования оснастки для сборки изделий.
4. Этапы проектирования оборудования. Как составить обзор используемого оборудования и правильно обосновать необходимость модернизации? Методы конструирования устройств.



ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

После разработки технологического процесса оформляют технологическую документацию в соответствии с требованиями ЕСТД. Рассмотрим специфические требования к различным группам и видам технологических процессов.

5.1. ГРУППЫ И ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

По унификации технологические процессы разделяются на виды: единичные, типовые и групповые.

Единичные технологические процессы разрабатываются для изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовые технологические процессы характеризуются общностью последовательности и содержания операций (переходов) при обработке или сборке однотипных (однородных) деталей или сборочных единиц (изделий).

Групповые технологические процессы предполагают общность оборудования и технологической оснастки при выполнении отдельных операций или при полном изготовлении группы разнотипных деталей или сборок.

Проектирование технологических процессов определяют стадия разработки КД, тип производства и т. д.:

- *маршрутное* описание (МТП) — разрабатывается для опытного образца или опытной серии изделий, макетов, простых деталей, при изготовлении которых не требуются эскизы для каждой операции, т. е. когда

изготовление можно вести по тексту техпроцесса со ссылкой на общий эскиз или чертеж;

- *операционное* описание (ТПО) — разрабатывается на производство деталей средней сложности (сложные) и сборочные единицы, требующие изготовления специальной оснастки для обеспечения качества и требований ТБ, изделий серийного и массового производства;
- *маршрутно-операционное* описание (МОТП) — разрабатывается для изготовления деталей установочной серии.

Техпроцесс маршрутного описания содержит указание маршрута ДСЕ по цехам предприятия в процессе изготовления, последовательность проведения операций и видов работ. Содержание операций в МТП излагают кратко.

В МТП указывают: маршрут обработки; материал и размеры заготовки; оборудование; специальную технологическую оснастку, без которой невозможны изготовление и контроль деталей, а также оснастку, обеспечивающую безопасные методы труда.

Правила описания:

1) эскизы нужны, если требуется разъяснение или предварительная обработка и размеры чертежа нуждаются в перерасчете. В остальных случаях прикладывается копия чертежа;

2) операции описываются в технологической последовательности. Они должны отображать процесс изготовления детали по всему маршруту в производстве;

3) операции механической обработки описывают перечислением переходов с указанием размеров по чертежу. Если надо выполнить промежуточные размеры, то следует указать, какие размеры будут окончательными, а также характер промежуточной обработки.

Например:

Токарная. Обточить под шлифовку $\varnothing 30,5$ и $\varnothing 30h8$ ($\varnothing 30,5_{-0,033}$).

Сверлильная. Сверлить отверстия $\varnothing 6,7$ под размер М8-6Н.

Фрезерная. Фрезеровать четыре плоскости детали (по разметке);

4) указания по вспомогательным переходам и переходам обработки записывать не следует;

5) допускается переходная запись операций с указанием в содержании каждого перехода размера, который необходимо выполнить;

6) контрольные операции записываются в порядке последовательности выполнения рабочих и контрольных операций с указанием средств измерения;

7) рекомендуется применять типовые техпроцессы на термообработку, покрытия и др.

Техпроцесс операционного описания должен содержать операции с описанием переходов в технологической последовательности их выполнения и указанием технологических режимов.

Техпроцесс маршрутно-операционного описания является промежуточным между техпроцессами маршрутного и операционного описания. В нем должен быть указан полный состав операций, а содержание отдельных операций, в том числе контрольных, изложено с указанием переходов и технологических режимов. Состав операций, подлежащих операционному описанию, определяет разработчик.

Форму бланков МК по ГОСТ 3.1118-82 следует применять независимо от степени детализации описания техпроцесса и типа производства.

5.2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологические процессы разрабатывают на основании анализа документации, указанной в главе 1.

При разработке техпроцессов применяют следующие методы проектирования: автоматизированные (САПР ТП); с применением средств механизации и оргтехники; неавтоматизированные (ручные).

Техпроцесс должен соответствовать требованиям безопасности труда, промышленной санитарии и охраны окружающей среды.

Степень оснащенности, механизации и автоматизации техпроцесса (операций), включая операции технического контроля и перемещения, должна соответствовать требованиям директивных техпроцессов изготовления ДСЕ или условиям и типу производства и быть технически и экономически целесообразной для заданного объема выпуска.

В технологическом процессе должны быть указаны: технические требования чертежей и схем КД; требования ТУ; специфичные требования пунктов ТУ и НТД; требования ТД на консервацию ДСЕ; требования техники безопасности и промышленной санитарии, охраны окружающей среды; схемы пневмогидравлических испытаний; дополнительные контрольные операции; технологическая одежда; упаковка и тара для хранения и транспортировки ДСЕ. Тара должна защищать ДСЕ от повреждений, коррозии, порчи грызунами и насекомыми.

Техпроцесс в механических и механосборочных цехах должен быть сквозным, т. е. содержать полный комплекс работ над объектом производства с учетом всех применяемых методов, необходимых для изготовления ДСЕ одного обозначения в соответствии с выбранным технологическим маршрутом. Для специализированных участков и цехов (сварки, испытаний и др.) допускается составлять отдельные техпроцессы. По металлургическому (в том числе по холодной штамповке) и химическому производству следует разрабатывать только отдельные техпроцессы.

Допускаются ссылки на другие технологические документы, КД и НТД (при условии, что они содержат соответствующие требования полностью и не затрудняют пользование ими), в частности:

- на чертежи крупных ДСЕ вместо вычерчивания технологических эскизов в рабочих и контрольных операциях. Тогда в тексте указывают сечения, выноски, виды и зоны конструкторского чертежа;
- на утвержденные техпроцессы отдельных видов обработки, представляющие собой часть общих техпроцессов на изготовление ДСЕ;
- на инструкции, описывающие полный комплект работ;



- на общие инструкции по эксплуатации оборудования и испытательных стендов. Тогда в техпроцессе должны быть показаны схемы испытаний и даны указания по установке, подключению и демонтажу, контрольные параметры и средства их измерения;
- на НТД и ТУ с указанием разделов, а также разделы других документов, на которые есть ссылки в НТД и ТУ;
- на типовые техпроцессы, если они полностью распространяются на изготовление ДСЕ;
- на ТУ, НТД, инструкции и техпроцессы по изготовлению и применению основных и вспомогательных материалов по транспортированию, консервации, упаковке и хранению, на требования к производственным площадям;
- на самостоятельно существующие утвержденные технологические процессы на отдельные виды обработки (покрытие, испытание и др.) ДСЕ;
- на общие инструкции по ТБ, ПС и ПБ.

Если необходимо дать ссылку на отдельные пункты документов, то текст пунктов приводится целиком.

Таблица 5.1

Виды и комплектность технологических документов при разработке техпроцесса сборки (ГОСТ 3.1119-83 и ГОСТ 3.1121-84)

| Вид техпроцесса | Описание техпроцесса (операции) | |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| | маршрутное | маршрутно-операционное, операционное |
| Единичный | ТЛ*, МК*, ВО, КК, КЭ, ВСИ | ТЛ*, МК*, ОК*, ВО, КК*, ВОП, КЭ*, ВСИ |
| Типовой групповой | ТЛ*, МК*, ВГД, ВТП*, ОК, КК, КЭ, ВСИ | ТЛ*, КТТП*, ВГД, ВО, ОК*, КК*, КТИ*, КЭ*, ВСИ |

Таблица 5.2

Виды и комплектность технологических документов при разработке техпроцесса для станков с ЧПУ (ГОСТ 3.1418-82, операционное описание)

| Тип производства | Вид техпроцесса | Перечень документации |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|
| Серийное, массовое | единичный | МК*, ОК*, КЭ*, КН/П*, ККИ, КЗ/П |
| | типовой | |
| | групповой | |

Таблица 5.3

**Виды и комплектность технологических документов
при разработке техпроцесса изготовления детали
(ГОСТ 3.1119-83 и ГОСТ 3.1121-84)**

| Тип производства | Тип техпроцесса | Описание техпроцесса (операции) | | |
|------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | маршрутное | маршрутно-операционное | операционное |
| Единичное | Единичный | ТЛ*, МК*, ВО, КК*, КЭ* | | — |
| Мелкосерийное | | ТЛ*, МК*, ВО, КЭ*, ОК* | ТЛ*, МК*, ВО, КК*, КЭ*, КК* | |
| Среднесерийное | Единый | — | — | ТЛ*, МК*, ВО, КК*, ОК*, КЭ* |
| Крупносерийное | | | | ТЛ*, МК*, ВО, КК*, ВОП, ОК*, КЭ* |
| Массовое | | | | ТЛ*, МК*, ВТД, ВО, КК*, ОК*, КЭ* |
| Единичное | Типовой групповой | ТЛ*, МК*, ВДП, ВО, ВТП*, КК, КЭ* | ТЛ*, МК*, ВТД, ВО, КК*, КТИ, КЭ* | |
| Серийное | | — | ТЛ*, КТТП*, ВТД, ВТП, ВО, КК*, КЭ* | ТЛ*, МК*, ВТД, КК, КТИ, КЭ*, ВО |
| Массовое | | — | — | ТЛ*, КТТП*, ВТД, ВО, КК, КТИ*, КЭ* |

Примечания. Условные обозначения документов согласно ГОСТ 3.1102-81: ТЛ — титульный лист; МК — маршрутная карта; КТТП — карта типового (группового) ТП; КЭ — карта эскизов; КТИ — карта технологической информации; ВТД — ведомость технологических документов; КК — комплектовочная карта; ВСИ — ведомость сборки изделий; ВТП (ВТО) — ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) ТП (операции); ВО — ведомость оснастки; ВОП — ведомость операций; КТП — карта ТП; ОК — операционная карта; КН — карта наладки; ККИ — карта кодирования информации; КЗ — карта заказа на разработку управляющей программы; ВОД — ведомость обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ (для единичного и мелкосерийного производства). Звездочкой отмечены документы для разработки технологических процессов при дипломном проектировании. Остальные документы дипломник выбирает по согласованию с руководителем дипломного проекта.

Технологический процесс должен содержать полный набор бланков (табл. 5.1...5.3), где заполнены все графы в соответствии с методическими указаниями, выполнены межоперационные эскизы со всеми требованиями по



точности и качеству поверхности, содержатся схемы движения инструментов и их наладок, выделены готовые в данной операции поверхности.

Маршрутные карты должны содержать полный перечень операций изготовления или сборки изделия с указанием оборудования, а описание переходов в технологических операциях — оснастку, инструмент и вспомогательные материалы, режимы резания и другие режимы процесса (Приложение 1).

Правила записи операций и переходов обработки резанием регламентированы ГОСТ 3.1702-79.

Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться в именительном падеже, например: «Агрегатная», «Зубострогальная», «Фрезерная ЧПУ», «Токарно-винторезная», «Автоматно-линейная» и т. п.

Наименование операций следует записывать в соответствии с табл. П2.6 и П2.7 Приложения 2 (ГОСТ 3.1702-79). Запись содержания операций выполняют в форме маршрутного или операционного описания. В содержании операции (перехода) должно быть включено:

а) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (точить, фрезеровать, сверлить и т. п.);

б) наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (цилиндр, галтель, заготовка и т. п.);

в) информация по размерам или их условным обозначениям;

г) дополнительная информация, характеризующая число одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (предварительно, одновременно, по копиру и т. п.).

Ключевые слова технологических переходов и их условные коды содержатся в табл. П2.14 Приложения 2 (ГОСТ 3.1702-79). В Приложении 2 приведены наименования предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов деталей, условные обозначения размеров и конструктивных элементов об-

рабатываемых поверхностей, дополнительная информация и цифровые коды.

Для содержания операций допускаются полная и сокращенная формы записи (табл. П2.10, Приложение 2). Полную запись выполняют при отсутствии графических изображений, которые достаточно полно отражают информацию, необходимую при обработке.

Операции следует нумеровать числами через 5 (5, 10, 15 и т. д.), а переходы — числами натурального ряда (1, 2, 3 и т. д.), установы — прописными буквами (А, Б, В и т. д.). Размерные характеристики обрабатываемой поверхности обозначают арабскими цифрами, вписанными в окружность диаметром 6...8 мм. В тексте номер размера или конструктивного элемента можно не обводить кружком. Для обозначения позиций и осей допускается применять римские цифры.

Обрабатываемые поверхности заготовки на эскизе обводят линией толщиной 2S по ГОСТ 2.303-68. Размеры и предельные отклонения наносят по ГОСТ 2.307-68 и ГОСТ 2.308-79, а шероховатость поверхностей — по ГОСТ 2.309-73.

Оформление технологических документов приведено на рис. 5.1 и в табл. 5.4. Для изложения техпроцесса (операций) используют буквенные типы строк (см. рис. 5.2 и табл. 5.5):

А — номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции;

Б — код, наименование оборудования и информация по трудозатратам;

О — содержание операции (перехода);

Т — информация о применяемой при выполнении операции (переходе) технологической оснастке.

Информацию по технологическим режимам указывают в тексте содержания операций, в строке «0»; в отдельной строке «Р» после записи содержания операции (переходе) или указания информации об оснастке. Указанные индексы в примерах технологических процессов условны.

The diagram shows a grid representing the header of a technical drawing. The grid is divided into several rows and columns. Callouts 4 through 10 point to specific fields:

- 4: Points to the top row of the grid.
- 5: Points to the second row of the grid.
- 6: Points to the third row of the grid, which contains the text "МЗ 02 06 00 00 000ТП".
- 7: Points to the fourth row of the grid, which contains the text "КОРПУС".
- 8: Points to the fifth row of the grid, which contains the text "ДП".
- 9: Points to the sixth row of the grid.
- 10: Points to the seventh row of the grid.

Рис. 5.1

Заполнение граф основной надписи технологических документов

Таблица 5.4

Содержание граф основной надписи карт технологического процесса

| № графы | Наименование графы |
|---------|--|
| 1 | Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81, например: МК — маршрутная карта, КТП — карта технологического процесса, КЭ — карта эскизов, ТЛ — титульный лист |
| 2 | Наименование учебного заведения в полном или сокращенном виде, например: СибГАУ |
| 3 | Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу |
| 4 | Общее количество листов в техпроцессе |
| 5 | Графа для сквозной нумерации всего комплекта |
| 6 | № дипломного проекта, например, М302010000000ТП (по классификатору обозначений чертежно-конструкторской документации кафедры) |
| 7 | Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-74. В учебном процессе допускается вместо этих цифр условно записать «ДП» |
| 8 | № операции |
| 9 | Общее количество листов документа, например, операционных карт, эскизов и др. |
| 10 | Порядковый номер листа в документе (операции, эскизе и др.) |



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|----|----|------|----|------|------|------|------|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 20 | | 8 | | | |
| МЗ 02 06 00 00 000ТП | | | | | | | | | | | | |
| КОРПУС | | | | ДП | | | | | | | | |
| 43ГОСТ 1050-88 | | | | | | | | | | | | |
| Профиль и размер | | | | | КД | МЗ | | | | | | |
| 38 × 100 × 41 | | | | | 1 | 0,18 | | | | | | |
| Обозначение документа | | | | | | | | | | | | |
| Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпз. | Тшт. | | | |
| XXXX | 211 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,65 | 0,2 | 0,45 | | | |
| 1420 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,54 | 0,2 | 0,34 | | | |
| 1820 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,7 | 0,1 | 0,6 | | | |
| 1820 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2 | 1 | | | |

Рис. 5.2
Нумерация граф маршрутной карты

рациональные карты должны содержать полный перечень операций изготовления детали или сборки изделия с указанием оборудования, а переходы — индексы оснастки, инструмента и наименование вспомогательного материала, а также режимы резания и другие режимы процесса.



Таблица 5.5

**Содержание информации,
вносимой в графы и строки маршрутной карты**

| № строки | Содержание информации |
|----------|--|
| 1 | <p>Обозначение служебных символов: <i>A</i> — номер цеха, участка, рабочего места, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции; <i>B</i> — код, наименование оборудования и информация по трудозатратам; <i>M</i> — информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, вспомогательных и комплектующих материалах с указанием их кода, кода единицы величины, количества на изделие и нормы расхода; <i>O</i> — содержание операции (перехода). Информация записывается по всей строке, при необходимости продолжение информации переносится на следующие строки. При отсутствии эскизов обработки здесь записываются размеры обработки отдельных поверхностей; <i>T</i> — информация о технологической оснастке в такой последовательности: приспособления, вспомогательный инструмент, режущий инструмент, слесарно-монтажный инструмент, средства измерений. Перед наименованием оснастки указывают код в соответствии с классификатором. Код включает высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Выборочно коды высшей группировки приведены в Приложении 2, а низшую в дипломном проекте можно условно указать в виде знака «XXXX». Количество одинаковой одновременно работающей оснастки указывают цифрой в скобках, например: «39 1842.XXXX(2) — фреза угловая Р9М6»; <i>P</i> — строка вводится, если требуется указать информацию о режимах обработки</p> |
| 2 | <p>Графы: номер цеха, участка и рабочего места в дипломном проекте можно заполнить в виде условного кода «XX»</p> |
| 3 | <p>Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 005, 010, 015, 020 и т. д.</p> |
| 4 | <p>Код материала. Графа не заполняется — ставится прочерк</p> |
| 5 | <p>В графе «М 01» указываются наименование, сортамент, размер и марка материала, номер стандарта, т. е. данные, которые в текстовых документах обычно записывают дробью вида Круг $\frac{\text{ВГОСТ}2590-88}{45\text{ГОСТ}1050-88}$. В данной графе запись выполняется одной строкой с разделительным знаком «/». Код заготовки по Приложению 1</p> |
| 6 | <p>Код единицы величины — массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки по классификатору. Так, для массы, указанной в кг — код 166, в г — 163, в т — 168</p> |

Продолжение табл. 5.5

| № строки | Содержание информации |
|----------|--|
| 7 | Код операции — согласно классификатору технологических операций (Приложение 1), например: 4220 — для расточной операции, 4221 — для горизонтально-расточной операции. В Приложении 2 выборочно приводятся коды основных операций механической обработки. При наличии операции, выполняемой на станке с программным управлением, к коду операции добавляют код «4103». После кода операции записывается ее наименование |
| 8 | Код оборудования включает высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Выборочно коды оборудования указаны в Приложении 1. Низшая группировка оборудования в дипломном проекте условно указывается знаком «XXXX» |
| 9 | Код степени механизации труда указывается однозначной цифрой: 1 — наблюдение за работой автомата; 2 — работа с помощью машин и автоматов; 3 — ручную при машинах и автоматах; 4 — ручную без машин и автоматов; 5 — ручную при наладке машин и ремонте |
| 10 | Код профессии согласно классификатору. Выборочно коды ряда машиностроительных профессий рабочих даны в Приложении 1 |
| 11 | Разряд работы, необходимой для выполнения операции. Код включает три цифры: первая — разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две последующие — коды формы и системы оплаты труда: 10 — сдельная форма оплаты труда; 11 — сдельная система оплаты труда прямая; 12 — сдельная система оплаты труда премиальная; 13 — сдельная система оплаты труда прогрессивная; 20 — повременная система оплаты труда; 21 — повременная система оплаты труда простая; 22 — повременная система оплаты труда премиальная |
| 12 | Код условий труда включает цифру — условия труда: 1 — нормальные; 2 — тяжелые и вредные; 3 — особо тяжелые, особо вредные; и букву, указывающую вид нормы времени: <i>P</i> — аналитически-расчетная; <i>I</i> — аналитически-исследовательская; <i>O</i> — опытно-статистическая; <i>X</i> — хронометражная |
| 13 | Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, ИОТ — инструкция по охране труда |
| 14 | Обозначение профиля и размеров заготовки. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину заготовки, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20×50×300 |
| 15 | Количество исполнителей, занятых при выполнении операции |
| 16 | Количество одновременно обрабатываемых заготовок |



Продолжение табл. 5.5

| № строки | Содержание информации |
|----------|--|
| 17 | Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки, например, прутка |
| 18 | Единица нормирования, на которую установлена норма времени, например: 1, 100 шт. |
| 19 | Масса заготовки, кг |
| 20 | Объем производственной партии в штуках |
| 21 | Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании зависит от количества обслуживаемых станков: количество станков: 1, 2, 3, 4, 5, 6; коэффициент: 1; 0,65; 0,48; 0,30; 0,29; 0,25 |
| 22 | Норма штучного времени на операцию |
| 23 | Норма подготовительно-заключительного времени на операцию |

5.2.1. ОФОРМЛЕНИЕ МАРШРУТНОЙ КАРТЫ

Порядок заполнения маршрутной карты по ГОСТ 3.1118-82, форма 1, Приложение 1.

К заполнению граф технологических документов предъявляют следующие требования:

1) каждую строку делят по горизонтали пополам; информацию записывают в нижней ее части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений;

2) при записи информации допускают сокращения, предусмотренные ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 3.1702-79 и др.;

3) для граф, выделенных утолщенными линиями, существует три варианта заполнения:

а) кодами и обозначениями по соответствующим классификаторам и стандартам (используется в системах САПР);

б) информацией в раскодированном виде (без использования САПР);

в) кодами с их расшифровкой (Приложение 2).

В дипломном и курсовом проектах рекомендуется использовать третий вариант.

Незаполненные графы свидетельствуют о наличии других документов, являющихся носителями информации. В случае отсутствия информации для какой-либо графы в ней ставят прочерк длиной 4...5 мм. Вертикальные штри-

хи в строках указывают место размещения информации под графой. Размеры граф должны соответствовать максимальному количеству символов, например, цифр, которые можно записать или напечатать на принтере с шагом печати 2,6 мм. Информацию, вносимую в остальные графы и строки маршрутной карты, выбирают по табл. 5.5. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы продублированы выносными линиями на полях (см. рис. 5.2).

5.2.2. ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ КАРТЫ

Пример заполнения операционной карты по ГОСТ 3.1418-82 приведен в Приложении 2. Большинство граф операционной карты содержат информацию, идентичную информации граф маршрутной карты (см. рис. 5.2). Эти формы предназначены для оформления операций, выполняемых на универсальном технологическом оборудовании и станках с ЧПУ. Но для удобства оформления техпроцессов разработаны и применяются специальные бланки. Правила записи операций и переходов обработки резанием изложены в ГОСТ 3.1702-79, а слесарных и слесарно-сборочных работ — в ГОСТ 3.1703-79.

Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже.

Наименование слесарных и слесарно-сборочных работ следует записывать именем существительным или прилагательным в именительном падеже с указанием предмета обработки, например, «разметка направляющих поверхностей», за исключением операций «слесарная», «сверильная», «опиловочная» (табл. П2.9 Приложения 2).

В содержание перехода включаются:

- 1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме;
- 2) наименование (в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства, например, «отверстие», «фаску», «заготовку» и т. п.;

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах и указанных арабскими цифрами в окружности диаметром 6...8 мм;

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, «предварительно», «окончательно», «последовательно», «по копиру», «согласно эскизу» и т. п.

Содержание операций и переходов допускается записывать в полной или сокращенной форме (табл. П2.12, Приложение 2). Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений (чертежей, эскизов) и необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров (характерно для промежуточных переходов). В записи содержания перехода следует указать непосредственные размеры обработки с их предельными отклонениями, например: *«точить предварительно поверхность 6, выдерживая $d = 45_{-0,5}$ и $l = 160^{+0,6}$ »*. При наличии достаточной информации на графических изображениях и возможности ссылки на условное изображение конструктивного элемента обрабатываемого изделия можно выполнять сокращенную запись, например: *«точить канавку 1»*.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указывают только обозначениями на операционном эскизе или на операционной карте для графической информации. Допускается помещать в тексте содержания операций информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если этот параметр нельзя указывать на операционном эскизе, например: *«фрезеровать предварительно ($R_z = 100$) поверхность 3, выдерживая $h = 70^{+0,5}$ »*.

В содержании операции должны быть отражены все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем по обработке заготовки на одном рабочем месте. Если часть переходов осуществляют другие исполнители по обработке заготовки (контролеры, наладчики, такелажники), то их действия отражаются в содержании операции, например:

025. Карусельно-фрезерная.

1. Установить и закрепить заготовку.
2. Проверить исполнение пер. 1, БТК.
3. Фрезеровать поверхности 1 и 2.

...

6. Контроль, БТК.

Если данная операция состоит из нескольких переходов или обработку производят несколькими инструментами (или суппортами), то режимы резания определяют и указывают для каждого перехода, позиции или инструмента.

При заполнении граф разряда и профессии дипломник должен пользоваться «Единым тарифно-квалификационным справочником». При определении разряда работы и нормировании труда необходимо иметь в виду, что квалификационные характеристики рабочих разработаны ранее для шестиразрядной тарифной сетки, разряды работ в справочнике установлены по их сложности без учета условий труда. По этому поводу следует проконсультироваться у нормировщика цеха.

5.2.3. ОФОРМЛЕНИЕ КАРТЫ ЭСКИЗОВ

Важной частью разработки технологического процесса является создание операционных карт эскизов (КЭ) и схем обработки заготовки. Они помогают лучше понять технологический процесс.

Вычерчивать операционные эскизы следует с полным соблюдением следующих правил.

Масштаб выбирается произвольным с учетом возможности размещения эскизов на отведенных для них местах на листе или на операционных картах и выдерживается на всех эскизах. Но в особых случаях масштаб увеличивают — для раскрытия мелких изображений деталей (каналов, пазов, зубьев, расточек, выточек, фасок, галтелей).

На каждом эскизе следует показать:

- 1) заготовку в рабочем положении;
- 2) поверхность, обрабатываемую на данной операции, обведя ее для наглядности жирными черными линиями;



3) условные обозначения технологических баз, опор, зажимов и установочных устройств;

4) режущий инструмент в конце рабочего хода (если он затемняет эскиз, то его изобразить отведенным от заготовки);

5) размеры, получаемые на данной операции, с указанием допусков и требуемой шероховатости обрабатываемых поверхностей;

6) только те размеры, которые рабочий обеспечивает при выполнении данной операции, и так, чтобы не было необходимости перерасчета размеров или допусков на них. Проставлять размер надо с учетом способа его получения, т. е. технологическая база должна быть совмещена с измерительной;

7) направления главного движения и движения подачи.

По указанию руководителя дипломного проекта на эскизах заготовку следует показывать закрепленной в приспособлении, изображенном в полуконструктивном виде. Это может не касаться технологических процессов, когда данное требование выполняется при вычерчивании технологических карт в объеме чертежей дипломного проекта.

При оформлении КЭ и другой технологической документации следует использовать условные геометрические изображения опор, зажимов, установочных устройств, обозначений формы их рабочих поверхностей (Приложение 1).

5.2.4. ОФОРМЛЕНИЕ КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Для описания операций технического контроля заполняют ведомость операций технического контроля, в которую заносят описание всех операций технического контроля, выполняемых на проектируемом участке, в технологической последовательности, с указанием данных об используемом инструменте и оснастке. Операционная карта технического контроля заполняется на каждую контрольную операцию.

5.2.5. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

После тщательного оформления (правильного расположения всех карт технологического процесса), проверки и подписания каждой карты технологический процесс подписывается у консультанта и руководителя проекта.

Альбом технологического процесса подшивают в пояснительную записку либо брошюруют в жесткие корочки с повторением основной информации титульного листа (тогда альбом является самостоятельным документом дипломного проекта).

5.3. УНИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Одним из основных показателей технологичности конструкции изделия является уровень конструкторской унификации принятых решений, которая предполагает максимальное использование стандартных и заимствованных конструктивных элементов и сборок.

На основе конструкторской унификации разработан принцип унификации технологических процессов (рис. 5.3) [13]:

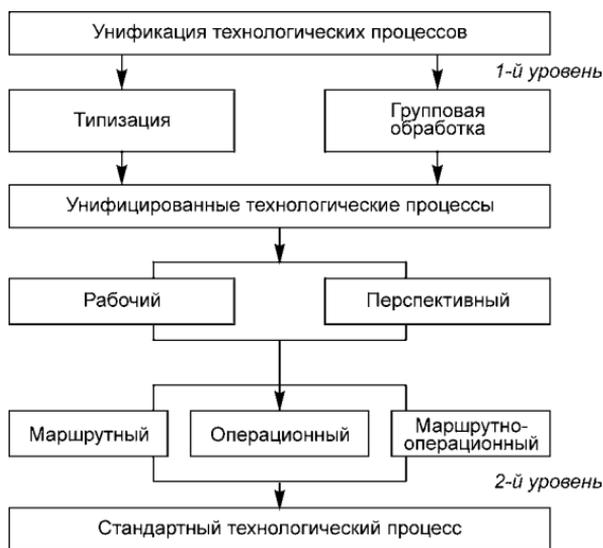


Рис. 5.3
Уровни
унификации
технологических
процессов

1-й уровень — технологическая унификация. Основным направлением технологической унификации является *типизация технологических процессов и групповой (модульный) метод изготовления изделий.* Это позволяет сократить затраты труда на проектирование технологических процессов и оснастки, а также сроки на подготовку производства, и выполнить ее на высоком уровне; рационально организовать производство, внедрить поточный метод, создать предметно-замкнутые участки; широко использовать кооперирование и специализацию производств;

2-й уровень — стандартизация технологических процессов. Она обеспечивает глубокий переход к специализации предприятий и цехов с использованием более совершенной технологии изготовления изделий. При этом достигается максимальная экономия затрат за счет внедрения автоматических и роторных линий, специализированных участков, цехов и предприятий.

Рассмотрим подробнее первый уровень унификации.

5.3.1. ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Типовой технологический процесс по второму направлению разрабатывают для типового представителя изделия, обладающего общими конструктивно-технологическими признаками. При разработке технологических процессов используют классификаторы деталей машиностроения и приборостроения. К классификационным признакам А. П. Соколовский относит форму (конфигурацию), размер и материал детали, точность и качество (шероховатость) обработанных поверхностей. Классификация построена по схеме класс–подкласс–группа–тип.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТИПИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Направления типизации:

1) *типизация техпроцессов безотносительно к деталям производства.* За основу принимается технологический процесс. Применяется при разработке новых ТП в

металлургическом и химическом производствах; при определении рациональных методов получения заготовки, механообработке, выборе режимов резания. Типовой ТП разрабатывается как образцовый, обеспечивающий внедрение передовой технологии;

2) *типизация техпроцессов на базе сочетания типового техпроцесса с классификатором реальных деталей.* Используется, когда возникает необходимость разрабатывать ТП на реальные детали и вносить изменения при решении частных вопросов в разработанные ТП, меняя конструкцию деталей;

3) *типизация техпроцессов на основе классификации реальных деталей* применяется с целью использования прогрессивных методов изготовления деталей, механизмов и приборов.

Основой классификационного подразделения является класс, который представляет собой совокупность деталей определенной конфигурации, которые характеризуются общностью технологических задач, возникающих при их изготовлении. Каждый класс разбивается на подклассы по конфигурации деталей; подклассы, в свою очередь — на группы (подгруппы), а каждая группа (подгруппа) разбивается на типы. Подклассы, группы и подгруппы служат промежуточными звеньями классификации и самостоятельного значения не имеют.

Типом называется совокупность деталей, сходных по конструктивным признакам и имеющих в данных производственных условиях общий технологический процесс. Следовательно, конечная цель классификации — установление типов деталей. Целью же разработки типовых технологических процессов является систематизация технологических процессов для обработки однотипных деталей. Техпроцесс разрабатывается для каждого типа детали. В пределах одного типа допускается расхождение в планах операций за счет добавления или исключения нехарактерных операций.

Рассмотрим в качестве примера классификацию реек зубчатых из классификатора деталей класса 75 (см. рис. 5.4).

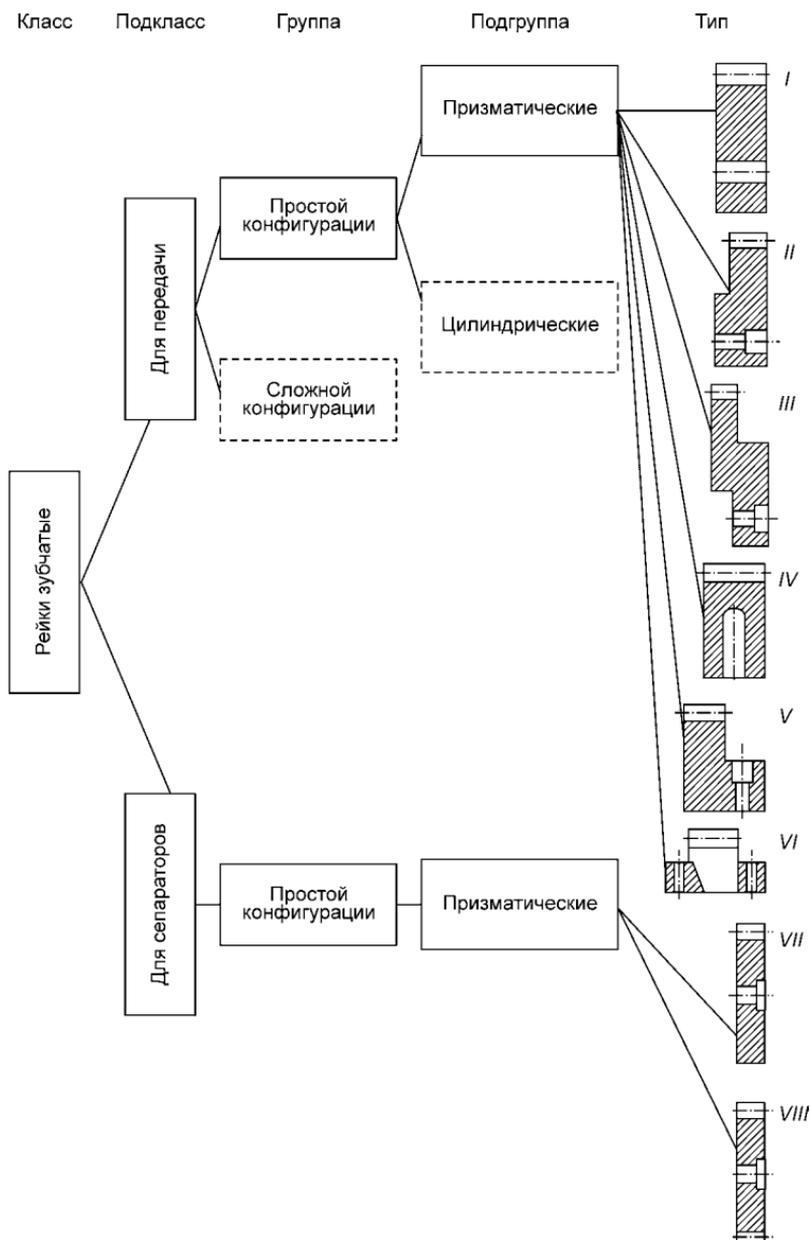


Рис. 5.4
Пример классификации реек зубчатых

Типовая деталь объединяет совокупность деталей, имеющих одинаковый план (маршрут) обработки, осуществляемой на однородном оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструментов.

При механической обработке деталей используют три основных уровня типизации (см. далее).

Для разработки типового технологического процесса по третьему уровню сначала классифицируют детали на типы, после чего, объединяя типовые детали, выбирают из них наиболее сложные в изготовлении, т. е. имеющие наибольшее число операций либо переходов. Затем разрабатывают технологический процесс маршрутного либо операционного описания, включающий в себя общее оборудование, оснастку и инструмент, и выполняют его на кальке, не проставляя размеры на детали. После изготовления синек (копий) в техпроцесс вносят операционные размеры, допуски, требования к качеству поверхностей и т. д. Применяемая оснастка должна иметь регулируемые либо сменные установочные и направляющие элементы.

Использование типовых технологических процессов позволяет существенно сократить сроки на подготовку производства.

ОСНОВНЫЕ УРОВНИ
ТИПИЗАЦИИ ТЕХПРОЦЕССА
ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

1-й уровень. Типизация отдельных поверхностей. Классифицируются требования к элементарным поверхностям по следующим признакам: материал, форма поверхностей, размеры, требуемая точность и шероховатость. Цель — ускорение выбора маршрута обработки. Для этого используют типовые схемы обработки (см. рис. 5.5, 5.6).

2-й уровень. Типизация сочетаний обрабатываемых поверхностей. Решается та же задача, что и на первом уровне типизации.

3-й уровень. Типизация ТП обработки деталей. Детали классифицируются по признакам: конфигурация, размеры, материал, точность и качество обработки.



Цель — разделение деталей на типы, т. е. разделение близких по форме и размерам деталей одного класса, которые можно обрабатывать по общему ТП. В пределах типа допускаются некоторые отклонения в плане обработки. Возможно исключение или добавление некоторых переходов или операций. ТП разрабатывается для изготовления в конкретных производственных условиях типового представителя совокупного изделия, обладающего общими конструктивно-технологическими признаками. Обычно типовой ТП разрабатывают на деталь-представитель, обработка которой требует выполнения наибольшего количества операций.

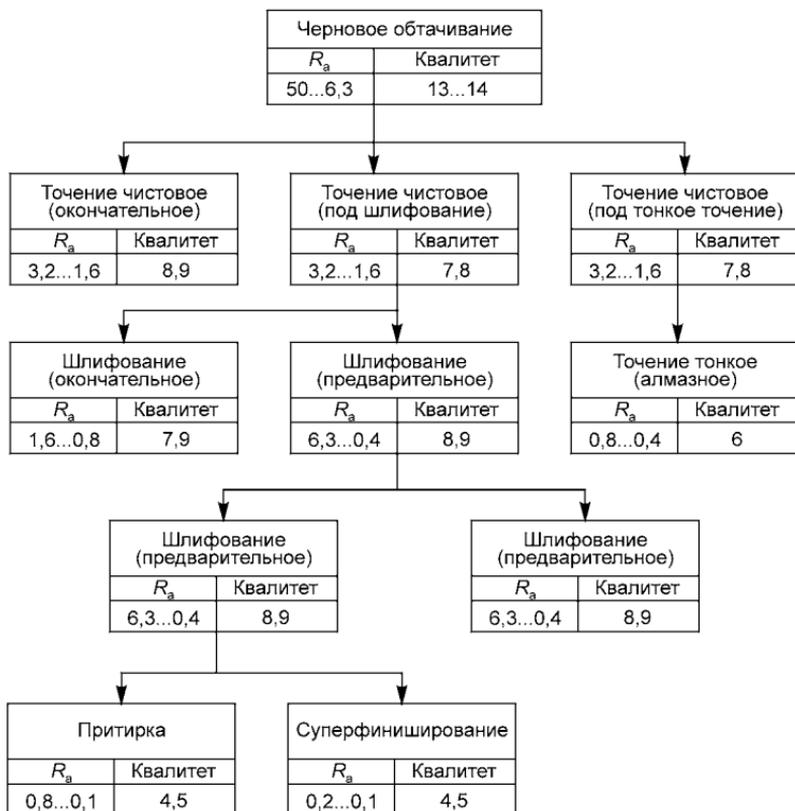


Рис. 5.5
Основные методы обработки
наружных цилиндрических поверхностей деталей

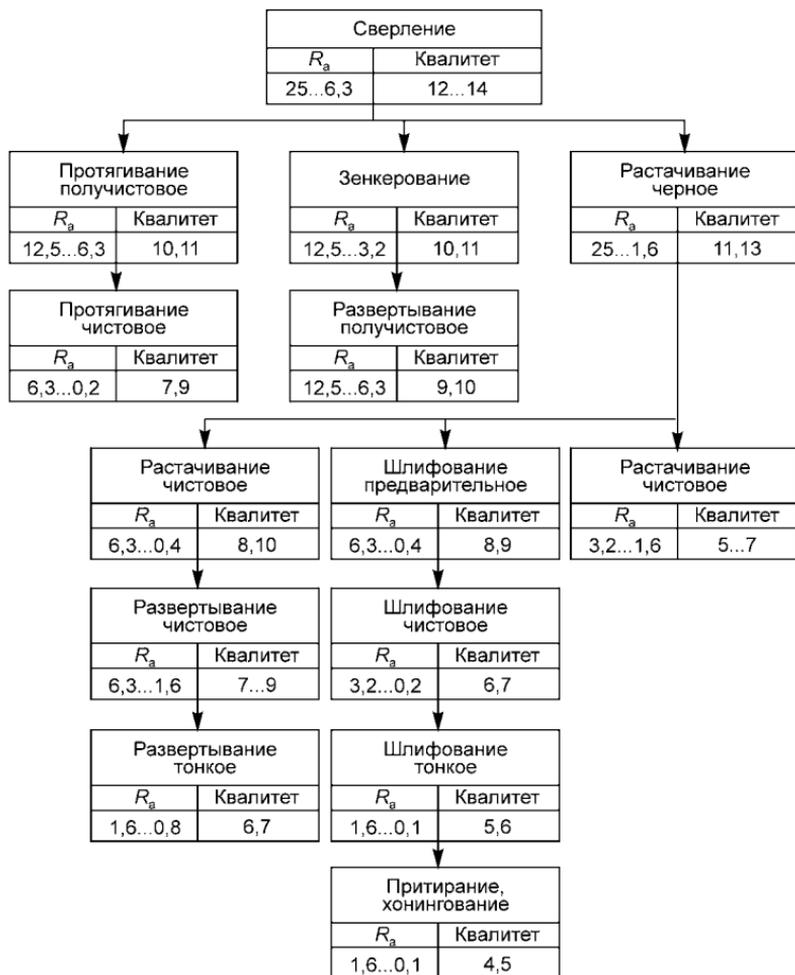


Рис. 5.6
Основные методы обработки отверстий

5.3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Согласно ГОСТ 14.004-74 под групповым технологическим процессом понимают форму организации производства, характеризуемую совместным изготовлением или ремонтом группы изделий различной конфигурации на специализированных рабочих местах.



При групповой обработке создают класс заготовок (деталей), обрабатываемых на однородном оборудовании (например, станки токарные, револьверные, фрезерные и др.), либо объединяют их по другим признакам. Основная задача классификации при групповой обработке — формирование группы.

При группировании деталей учитывают назначение, конструкцию, точность размеров, качество поверхностей, общность решения технологических задач, сходство маршрута обработки, однородность заготовки, объем выпуска и др.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ГРУППИРОВАНИЯ

1) *по конструктивно-технологическому сходству*. Например, группа шестерен, втулок, валов, шпинделей и др.;

2) *по элементарным поверхностям*. Позволяет устанавливать варианты обработки всех поверхностей деталей, а из комбинации элементарных процессов — получить технологический процесс обработки любой детали;

3) *по преобладающим видам обработки* (по типам оборудования, единству технологического оснащения и общности наладки станков).

В условиях серийного и мелкосерийного производства наиболее распространен третий метод группирования с проектированием комплексной детали — реальной или условной детали, содержащей в своей конструкции все основные элементы, характерные для деталей данной группы, и являющейся конструктивно-технологическим представителем группы. Пример создания комплексной детали показан на рис. 5.7. Технолог выбирает наиболее сложную из подобных деталей, затем рассматривает конструкцию других деталей и наносит новые поверхности на чертеж исходной детали.

При создании сложных комплексных деталей рекомендуется использовать логические функции, описывающие свойства поверхностей и отношения между ними — тогда легко проверить принадлежность новой детали к комплексной (рис. 5.8).



Рис. 5.7

Схема группового однооперационного технологического процесса

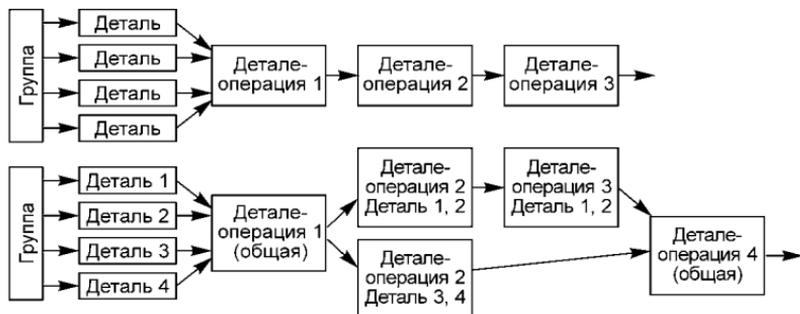


Рис. 5.8

Пример создания чертежа комплексной детали

Группирование деталей по видам обработки и общности технологического маршрута можно выполнять по трем схемам (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Случаи группирования деталей по видам обработки и общности технологического маршрута

| Виды группирования | | |
|---|--|--|
| 1-й | 2-й | 3-й |
| Группа деталей охватывает одну операцию (заготовительные, металлообрабатывающие станки, отдельные процессы) (см. рис. 5.7). Обрабатывается наибольшее количество деталей. Эффективен, когда ТП у всех входящих в группу деталей однооперационный. Позволяет повысить производительность обработки, заранее оборудовать рабочее место необходимой оснасткой и модернизировать оборудование | Группа деталей имеет общий многооперационный процесс (рис. 5.9). Детали проходят все детали-операции | <i>На одной или нескольких операциях объединяют детали нескольких групп, каждая из которых охватывает весь технологический маршрут обработки на разнотипном оборудовании (рис. 5.10). Применяют для укрупнения группы с целью сокращения себестоимости обработки</i> |
| | Обработку деталей ведут на оборудовании, расположенном в последовательности выполнения операций с применением групповых приспособлений и инструмента. Иногда используют специализированное оборудование. Предпочтительно использовать при создании групповых потоков | |

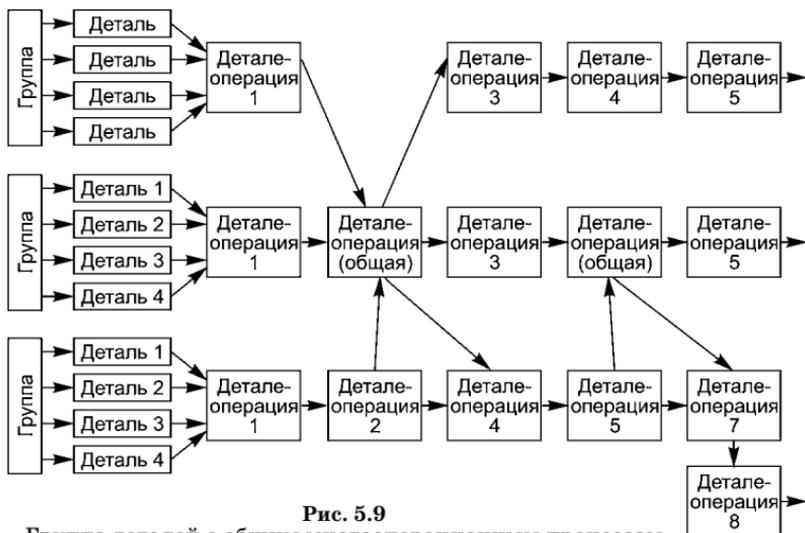


Рис. 5.9

Группа деталей с общим многооперационным процессом обработки, выполняемой на различном оборудовании

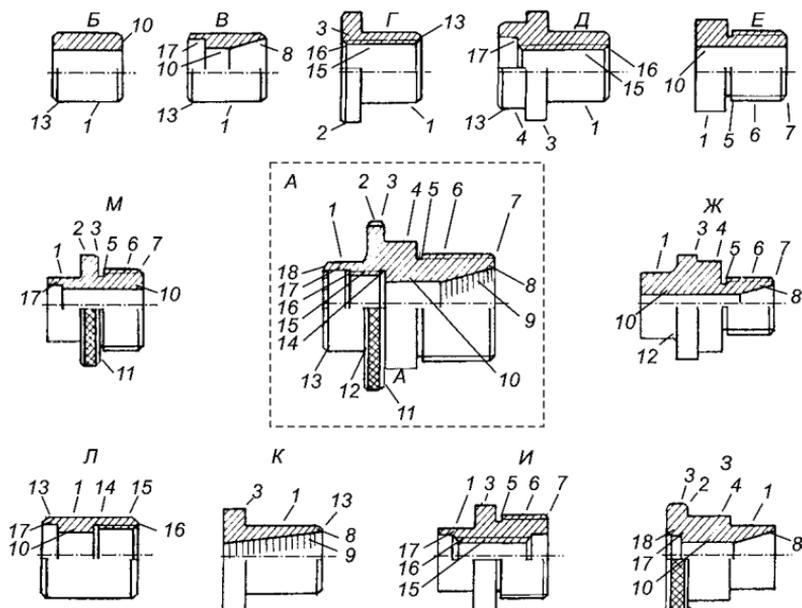


Рис. 5.10

Схема объединения нескольких групп деталей, имеющих сходный технологический маршрут

РАЗРАБОТКА ГРУППОВОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА

При классификации деталей учитывают возможные методы обработки каждой из них (определяют тип оборудования, а в ряде случаев и последовательность обработки), чтобы обеспечить получение готовой детали либо ее отдельных поверхностей.

Основные положения разработки групповых процессов:

1) принятая последовательность технологических операций при групповом маршруте или переходе при групповом процессе должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями;

2) технологическая оснастка должна быть групповой или универсально переналаживаемой и пригодной для изготовления любой детали группы;

3) применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку;

4) технологическая документация должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

При этом следует решать и организационные вопросы:

- унификация вида заготовок;
- выявление межцеховых производственных связей (маршрутов движения деталей по цехам);
- определение объема технологически однородных работ в различных подразделениях предприятия;
- выявление возможностей специализации цехов или отдельных участков;
- установление способов модернизации оборудования с учетом создания в ряде случаев специализированных, специальных и агрегатных станков;
- рациональная организация рабочих мест;
- повышение культуры производства;
- создание специальной оснастки.



5.3.2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Главная цель стандартизации — установление единых оптимальных методов и средств изготовления однотипных изделий и сокращение трудоемкости разработки технологических процессов. Основой стандартизации технологических процессов является классификация деталей, их элементов, методов и средств их обработки. Одна из предлагаемых принципиальных схем стандартизации технологических процессов показана на рис. 5.11. На этом рисунке дана схема классификации и стандартизации операций, переходов и технологических поверхностей. Классификация деталей проводится в трех направлениях с целью создания операционных стандартов, стандартной технологической оснастки, стандартных технологических процессов.

Как видно из схемы, сначала проводится классификация технологических поверхностей деталей по видам обработки. Под технологической поверхностью понимается сочетание элементов формы детали, обрабатываемых на станке при одной установке. Для всех подобных технологических поверхностей в зависимости от их геометрической формы, размеров и конфигурации деталей определяют оптимальный метод обработки и оборудование. Для каждого вида обработки в зависимости от типа оборудования и конфигурации детали выбираются типовые схемы базирования и закрепления деталей. По выбранным схемам создается оснастка. В зависимости от габаритов деталей может быть создано несколько типоразмеров приспособлений.

Далее стандартизируются технологические переходы. В итоге получают стандартизованные операции, из которых составляют стандартизованные технологические процессы. Последовательность работ по стандартизации технологических процессов изготовления деталей показана на рис. 5.12.

Для создания операционных стандартов необходимо прежде всего произвести классификацию деталей или их

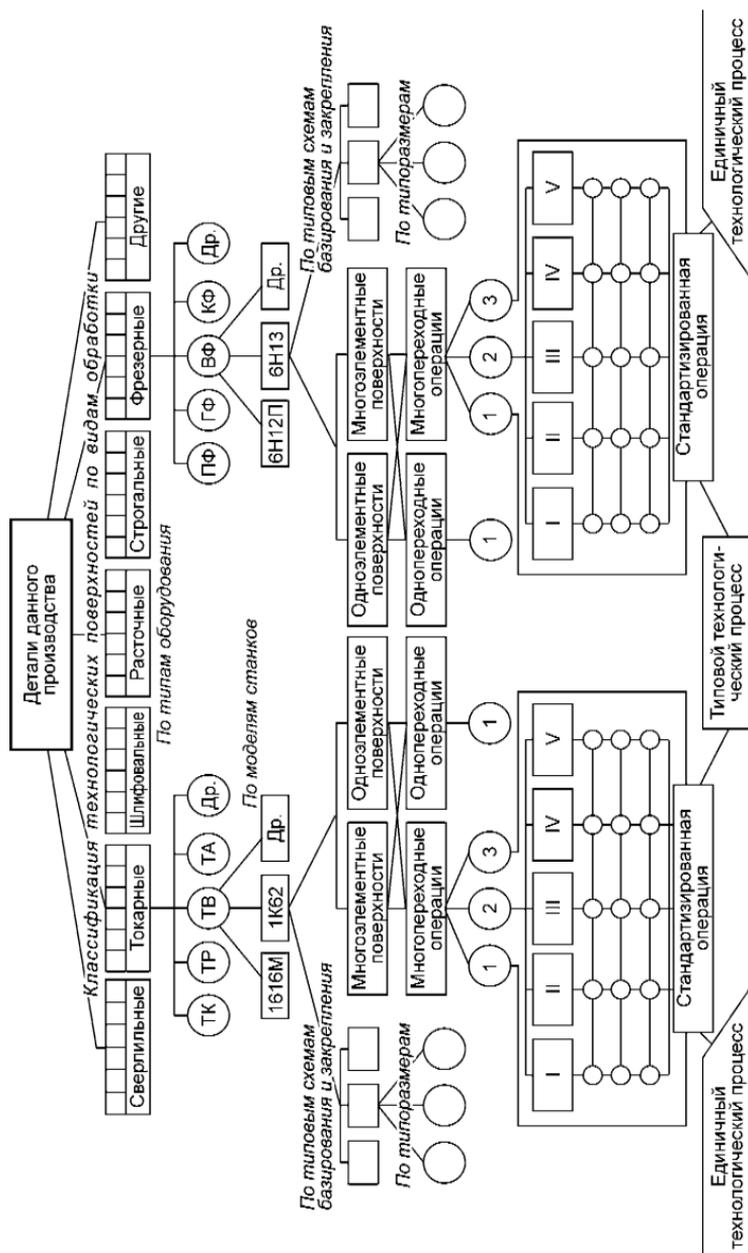


Рис. 5.11

Схема стандартизации технологических процессов



Рис. 5.12

Содержание работ по стандартизации технологических процессов

элементарных поверхностей по видам обработки и выбрать вид оборудования и технологической оснастки.

В основу работы по стандартизации технологических процессов заложены принципы классификации деталей по конструкторско-технологическим признакам.

В результате классификации все детали могут быть подразделены на три категории:

- детали, обрабатываемые по всему маршруту по стандартизованным операциям;
- детали, обрабатываемые по единичным технологическим процессам, групповым и типовым (с частичным применением стандартов на отдельных операциях);
- детали, обрабатываемые полностью по единичным технологическим процессам.

Для первой категории деталей разрабатывают стандартизованные технологические процессы, состоящие из

ряда отдельных операционных стандартов. При этом за основу рекомендуется принимать комплексную деталь (при групповом методе) или представителя типа (при типовой технологии).

Все стандартизованные процессы сводятся в классификатор. Для поступившей в производство детали по классификатору определяют ее технологический стандарт и на чертеже проставляют шифр данного стандарта.

Стандарт на технологический процесс (операцию) должен быть оптимальным. Он является основой при разработке рабочего технологического процесса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите группы и виды технологических процессов. Чем отличаются маршрутный, маршрутно-операционный и операционный техпроцессы?
2. Основные правила при разработке технологических процессов. Какие бланки следует использовать при проектировании техпроцесса? Назовите основные правила записи операций и переходов.
3. Как правильно оформить маршрутную и операционную карты? Назовите требования к выполнению карт наладок на операционных эскизах.
4. Перечислите уровни унификации технологических процессов. Как определяется тип деталей? Приведите пример определения типа детали.
5. Назовите уровни типизации ТП.
6. Как оформить типовой технологический процесс?
7. Сформулируйте понятия типового и группового технологического процесса. Чем они различаются?
8. Методы группирования деталей. Случаи группирования деталей по видам обработки и общности технологического маршрута.
9. Разработка группового технологического процесса.
10. Как разрабатываются стандартные технологические процессы?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость повышения эффективности общественного производства и ускорения научно-технического прогресса ставит перед отечественным машиностроением задачи широкого внедрения прогрессивных технологий на базе создания и освоения новой техники. Комплексная автоматизация и механизация, основанная на применении гибких производственных систем, станков с ЧПУ и роботизированных станочных модулей, управляемых с помощью ЭВМ, является важнейшим направлением в решении задач интенсификации производства. Поэтому инженеру, работающему в области машиностроительного производства, требуются глубокие знания технологии, станочного оборудования, компьютерной и информационно-измерительной техники.

Разработка новых технологических процессов — сложная задача, предусматривающая анализ состояния существующего производства, патентно-технический поиск, изобретательство, принятие решений и т. д. Для решения технологических задач на современном уровне развития технологии требуется дальнейшее совершенствование методов подготовки инженерных кадров. При написании пособия авторы преследовали цель показать общие методы решения технологических задач механической обработки заготовок и сборки машин. В основу излагаемых технологических решений положены современные теории базирования и расчета технологических размерных связей, обеспечивающих возможность расчета точности и управления технологическим процессом на различных этапах производственного процесса. Проектирование техпроцессов должно основываться на использовании существующих решений и оценке условий их применения, а также на возможности их усовершенствования на базе новой техники.



ПРИЛОЖЕНИЯ

| | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|-----|-----|-------|----------------------------|---------|----------------------|-----|
| Дубл. | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | |
| Разраб. | Федянин | | | | | Сиб ГАУ | | |
| Проверил | Сысоев | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Н. контроль | Дроздова | | | | | | | Вал |
| M01 | Чугун | | | | | | | |
| M02 | Код | ЕВ | МД | ЕН | Н. расх. | КИМ | Код заготовки | |
| | — | 166 | 4,6 | 1 | 4,7 | 0,98 | 006002 XXXX литье | |
| A | Цех | Уч. | PM | Опер. | Код. Наименование операции | | | |
| B | Код. Наименование оборудования | | | | | | | |
| A 01 | 14 | | | 005 | Транспортировочная | | | |
| 02 | | | | | | | | |
| B 03 | | | | | Кран-штабелер СА05 | | | |
| 04 | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | |
| 06 | | | | | Транспортный робот ТПР-1 | | | |
| 07 | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | |
| A 09 | 14 | | | 010 | Контрольная | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| A 12 | 14 | | | 015 | 4101 агрегатная | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| B 14 | | | | | Агрегатный станок А-1 | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| A 17 | 14 | | | 020 | 4101 агрегатная | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| B 19 | | | | | Агрегатный станок АС-2 | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 20 | | 8 | | |
| | Т 10 06 00 00 000ТП | | | | | | | | | | | |
| коленчатый | | | | | | ДП | | | | | | |
| ВЧ50 ГОСТ 1412-85 | | | | | | | | | | | | |
| Профиль и размер | | | | | | КД | | МЗ | | | | |
| 85×56×382 | | | | | | 1 | | 4,6 | | | | |
| Обозначение документа | | | | | | | | | | | | |
| СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тпз. | Тшт. | | |
| 1 | XXXX | 211 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,65 | 0,2 | 0,45 | | |
| ИОТ № 1420 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | XXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | XXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,54 | 0,2 | 0,34 | | |
| ИОТ № 1820 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | XXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,7 | 0,1 | 0,6 | | |
| ИОТ № 1820 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2 | | 1 | |



| | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|-----|----|--------|------|------------------------------|-----|
| Дубл. | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | |
| Разраб. | Федянин | | | СибГАУ | | | |
| Проверил | Сысоев | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Н. контроль | Дроздова | | | Вал | | | |
| А | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код. | Наименование операции | |
| Б | Код. Наименование оборудования | | | | | | СМ |
| А 01 | 14 | | | 025 | | XXXX Мойка | ИОТ |
| Б 03 | | | | | | | |
| 04 | | | | | | Моечная струйная машина МС-9 | |
| 05 | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | |
| А 09 | | | | 035 | | Транспортировочная | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| А 12 | | | | | | | |
| 13 | 5 | | | 040 | | Химическое обезжиривание | ИОТ |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| А 16 | | | | 045 | | Транспортировочная | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | 14 | | | 050 | | Сушка | ИОТ |
| А 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | Сушильная камера СК-8 | |
| Б 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| | 14 | | | 055 | | Упаковочная | |
| МК | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|-----|---------------------|------|------|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 20 | | 2 |
| | | | | | | | | Т 10 06 00 00 000ТП | | |
| коленчатый | | | | | | | | | | КР |
| Обозначение документа | | | | | | | | | | |
| | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Тиз. | Тшт. |
| | | 211 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,45 | 0,2 | 0,25 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | 211 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,65 | 0,2 | 0,45 |
| | | | | | | | | | | |
| | | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,9 | 0,5 | 0,4 |
| | | | | | | | | | | |
| | | 211 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,65 | 0,2 | 0,45 |
| | | | | | | | | | | |
| | | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 0,54 | 0,2 | 0,34 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|----------|----|-------|----------------------------|--------|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | |
| Разраб. | | Федянин | | | | СибГАУ | | |
| Проверил | | Сысоев | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Н. контроль | | Дроздова | | | | Насос | | |
| А | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код. Наименование операции | | | |
| Б | Код. Наименование оборудования | | | | | | | |
| А 0 | 14 | 8 | 20 | 005 | Транспортировочная | | | |
| Б 0 | | | | | Кран-штабелер СА05 | | | |
| 02 | | | | | Транспортный робот ТПР-1 | | | |
| 03 | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | |
| А 0 | 14 | 8 | 20 | 010 | Контрольная | | | |
| 05 | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | |
| А 0 | 14 | 8 | 20 | 010 | Комплектовочная | | | |
| 07 | | | | | | | | |
| Б 0 | | | | | Стол комплектовочный | | | |
| 08 | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| А 1 | 14 | 8 | 20 | 020 | Моечная | | | |
| Б 1 | | | | | Моечная машина ММ-012 | | | |
| 02 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| А 1 | 14 | 8 | 20 | 025 | XXXX Сборочная | | | |
| Б 1 | | | | | Сборочно-монтажный стол | | | |
| 04 | | | | | | | | |
| Б 1 | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| А 1 | 14 | 8 | 20 | 030 | XXXX Контрольная | | | |
| Б 1 | | | | | Испытательный стенд | | | |
| 08 | | | | | | | | |
| Б 1 | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | |
| 20 | 14 | 8 | 20 | 035 | Упаковочная | | | |
| А 2 | | | | | Стол слесарный | | | |
| Б 2 | | | | | | | | |
| 01 | | | | | | | | |
| Б 2 | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|-------|-----|----|----|------|----|----------------------------|------|------------------|------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 20 | | 8 | | |
| | | | | | | | | Т 10 15 00 00 000ТП | | | | |
| масляный | | | | | | | | ДП | | | | |
| Обозначение документа | | | | | | | | | | | | |
| | СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт. | Т _{из.} | Т _{шт.} | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 0,8 | 2,45 | |
| | 1 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1,2 | 5,2 | |
| | 1 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1,8 | 15,2 | |
| | 1 | XXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1,2 | 5,2 | |
| | 1 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 10,8 | 22,45 | |
| | 1 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1,2 | 25,2 | |
| | 1 | XXXX | 211 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 0,8 | 2,25 | |
| | | | | | | | | | | 2 | 1 | |

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ГРАФ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Таблица П2.1

Указатель кодов технологических документов и их видов

| Характеристика технологического процесса | Код |
|---|-----|
| 1. Вид технологического документа | |
| Комплект технологических документов | 01 |
| Маршрутная карта | 10 |
| Карта эскизов | 20 |
| Технологическая инструкция | 25 |
| Комплектовочная карта | 30 |
| Ведомость документов | 40 |
| Ведомость оснастки | 42 |
| Карта технологического процесса | 50 |
| Операционная карта | 60 |
| 2. Вид технологического процесса | |
| Без указания | 0 |
| Единичный процесс (операция) | 1 |
| Типовой процесс (операция) | 2 |
| Групповой метод обработки | 3 |
| 3. Вид технологического процесса по методу его выполнения | |
| Без указания вида процесса | 00 |
| Технологический процесс изготовления | 01 |
| Ремонт | 02 |
| Технический контроль | 03 |
| Перемещение | 04 |
| Складирование | 05 |
| Отрезка заготовок | 06 |

Продолжение табл. П2.1

| Характеристика технологического процесса | Код |
|--|-----|
| Литье | 10 |
| Ковка | 20 |
| Механическая обработка | 40 |
| Обработка на многошпиндельных автоматах | 41 |
| Обработка на одношпиндельных автоматах | 43 |
| Групповая наладка на автоматах | 45 |
| Обработка на станках с ЧПУ | 46 |
| Термическая обработка | 50 |
| Термическая обработка с нагревом ТВЧ | 51 |
| Нанесение защитного покрытия | 70 |
| Электрохимическая обработка | 72 |
| Электрофизическая обработка | 75 |
| Слесарные, слесарно-сборочные работы | 88 |
| Сварка | 90 |
| Стыковая контактная сварка | 94 |
| Сварка трением | 96 |

Таблица П2.2

**Указатель кодов на режущий инструмент,
измерительные средства и технологическую оснастку
(выборочно)**

| Наименование оснастки | Код |
|--|--------|
| Сверла спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие | 391210 |
| Сверла спиральные общего назначения с коническим хвостовиком быстрорежущие | 391267 |
| Сверла твердосплавные | 391303 |
| Сверла для станков с ЧПУ и автоматических линий | 391290 |
| Метчики из углеродистой стали ручные | 391310 |
| Метчики быстрорежущие машинно-ручные | 391330 |
| Метчики твердосплавные | 391350 |
| Метчики для станков с ЧПУ | 391391 |

Продолжение табл. П2.2

| Наименование оснастки | Код |
|---|--------|
| Плашки резбонарезные круглые | 391510 |
| Зенкеры быстрорежущие | 391610 |
| Зенкеры твердосплавные | 391620 |
| Зенковки конические | 391630 |
| Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ | 391690 |
| Развертки ручные | 391710 |
| Развертки машинные быстрорежущие | 391720 |
| Развертки машинные твердосплавные | 391740 |
| Развертки для станков с ЧПУ | 391790 |
| Фрезы твердосплавные | 391801 |
| Фрезы быстрорежущие | 391802 |
| Фрезы зуборезные и резбовые | 391810 |
| Фрезы концевые | 391820 |
| Фрезы насадные | 391830 |
| Фрезы для станков с ЧПУ | 391890 |
| Резцы твердосплавные | 392101 |
| Резцы с механическим креплением пластин | 392104 |
| Резцы быстрорежущие | 392110 |
| Резцы для станков с ЧПУ | 392190 |
| Пилы круглые сегментные | 392210 |
| Протяжки | 392302 |
| Долбяки зуборезные | 392410 |
| Шеверы дисковые | 392430 |
| Головки зуборезные для конических колес | 392460 |
| Гребенки зуборезные | 392480 |
| Головки, плашки и ролики резбонакатные | 392500 |
| Головки резбонарезные | 392514 |
| Полотна ножовочные ручные и машинные | 392540 |
| Напильники и борфрезы | 392900 |
| Калибры гладкие и скобы | 393120 |

Продолжение табл. П2.2

| Наименование оснастки | Код |
|---|--------|
| Калибры для конусов Морзе | 393131 |
| Калибры для метрической резьбы (пробки, кольца) | 393140 |
| Меры длины концевые и плоскопараллельные | 393200 |
| Штангенциркули | 393311 |
| Штангенрейсмусы | 393320 |
| Микрометры гладкие | 393410 |
| Микрометры резьбовые | 393420 |
| Глубиномеры микрометрические | 393440 |
| Нутромеры микрометрические | 393450 |
| Линейки лекальные | 393510 |
| Плиты поверочные и разметочные | 393550 |
| Индикаторы рычажно-пружинные | 394230 |
| Приборы измерительные универсальные | 394300 |
| Приборы активного контроля | 394630 |
| Приборы для размерной настройки вне станка режущего инструмента для станков с ЧПУ | 394650 |
| Приборы для измерения режущего инструмента | 394920 |
| Инструмент алмазный шлифовальный на органической связке | 397110 |
| Инструмент алмазный шлифовальный на металлической связке | 397120 |
| Инструмент алмазный шлифовальный на керамической связке | 397130 |
| Инструмент абразивный из электрокорунда | 398110 |
| Инструмент абразивный из карбида кремния | 398150 |
| Патроны токарные | 396110 |
| Тиски машинные | 396131 |
| Головки делительные универсальные | 396141 |
| Столлы поворотные | 396151 |
| Плиты магнитные | 396161 |
| Приспособления универсальные сборочные переналаживаемые | 396181 |
| Ключи гаечные, торцовые, газовые, специальные | 392650 |
| Инструмент вспомогательный для станков с ЧПУ | 392801 |
| Центры вращающиеся | 392841 |
| Тиски слесарно-верстачные | 392871 |



Таблица П2.3

**Указатель кодов основных видов заготовок
в машиностроении (выборочно)**

| Вид заготовки | Код |
|---|--------|
| Сталь крупносортная низкоуглеродистая | 09312X |
| Сталь среднесортная низколегированная | 09322X |
| Сталь мелкосортная низколегированная | 09332X |
| Сталь сортовая конструкционная | 09501X |
| Сталь сортовая углеродистая | 09503X |
| Сталь сортовая легированная | 09504X |
| Сталь сортовая инструментальная | 0966XX |
| Сталь сортовая быстрорежущая | 0962XX |
| Трубы бесшовные углеродистые | 134XXX |
| Отливки из ковкого чугуна | 41111X |
| Отливки из серого чугуна | 41112X |
| Отливки из легированных чугунов | 41114X |
| Отливки из углеродистой стали | 41121X |
| Отливки из легированной стали | 41123X |
| Штамповки из черных металлов | 41211X |
| Поковки из проката черных металлов | 41212X |
| Поковки из проката цветных сплавов | 41222X |
| Металлоконструкции сварные корпусные | 41333X |
| Металлоконструкции сварные цилиндрические | 41336X |

Таблица П2.4

**Указатель кодов операций и соответствующих им кодов
технологического оборудования (выборочно)**

| Наименование операции | Код | Код оборудования | Примечание |
|--------------------------|------|------------------|-------------------------------|
| Агрегатная | 4101 | 381881 | Горизонтальные односторонние |
| | | 381884 | Горизонтальные многосторонние |
| | | 381885 | Вертикальные одностоечные |
| | | 381887 | Вертикальные многостоечные |
| Алмазно-расточная | 4224 | 38126X | |
| Барабанно-фрезерная | 4265 | 38167X | |
| Бесцентрово-шлифовальная | 4134 | 381314 | |

Продолжение табл. П2.4

| Наименование операции | Код | Код оборудования | Примечание |
|---------------------------|------|------------------|------------------------------|
| Вертикально-протяжная | 4182 | 381753 | Для внутреннего протягивания |
| | | 381754 | Для наружного протягивания |
| Вертикально-расточная | 4222 | 381262 | |
| Вертикально-сверлильная | 4122 | 381213 | |
| Вертикально-фрезерная | 4261 | 381611 | Консольные |
| | | 381612 | С крестовым столом |
| | | 381861 | |
| Внутришлифовальная | 4132 | 381312 | Специальные |
| Горизонтально-протяжная | 4181 | 381751 | |
| Горизонтально-расточная | 4221 | 381261 | |
| Горизонтально-сверлильная | 4122 | 381829 | |
| Горизонтально-фрезерная | 4268 | 381621 | |
| | | 381631 | Консольные |
| | | 381632 | Универсальные |
| Гравировально-фрезерная | 4268 | 381641 | Широкоуниверсальные |
| Долбежная | 4175 | 381718 | |
| Заточная | 4141 | 381361 | |
| | | 381363 | |
| | | 381367 | Универсальные |
| | | 381368 | Для сверл |
| Зубодолбежная | 4152 | 381571 | Для фрез |
| Зубострогальная | 4154 | 381520 | Для протяжек |
| Зубофрезерная | 4153 | 381572 | |
| Зубошвинговальная | 4157 | 381574 | |
| Зубошлифовальная | 4151 | 381561 | |
| | | 381562 | Абразивным червяком |
| | | 381563 | Коническими кругами |
| | | 381263 | Тарельчатыми кругами |

Продолжение табл. П2.4

| Наименование операции | Код | Код оборудования | Примечание |
|-----------------------|------|------------------|--------------------------------------|
| Координатно-расточная | 4223 | 381311 | |
| Круглошлифовальная | 4131 | 381347 | |
| Маркировочная | 0180 | 381762 | |
| Ножовочно-отрезная | 4281 | 381763 | |
| Отрезная | 4280 | 381313 | |
| Плоскошлифовальная | 4233 | 381337 | |
| Полировальная | 4191 | 381713 | |
| Продольно-строгальная | 4172 | 381661 | |
| Продольно-фрезерная | 4163 | 381667 | Одностоечные |
| | | 381217 | Двухстоечные |
| Радиально-сверлильная | 4123 | 38126X | |
| Расточная | 4220 | 381746 | |
| Резьбонарезная | 7272 | 381316 | |
| Резьбошлифовальная | 4135 | 381215 | |
| Сверлильная | 4120 | — | |
| Слесарная | 0190 | 381701 | |
| Строгальная | 4170 | 381101 | |
| Токарная | 4110 | 381111 | |
| Токарная автоматная | 4112 | 381114 | Одношпиндельные |
| | | 381143 | Многошпиндельные с вертикальной осью |
| Токарно-затыловочная | 4116 | 381131 | |
| Токарно-револьверная | 4111 | 381642 | |
| Фрезерная | 4260 | 381314 | |

Таблица П2.5

Указатель кода профессий в машиностроении (выборочно)

| Наименование профессии | Код |
|-------------------------------|-------|
| Долбежник | 11868 |
| Заточник | 12260 |
| Зуборезчик | 12287 |
| Зубошлифовщик | 12290 |
| Оператор автоматических линий | 14972 |
| Оператор станков с ЧПУ | 15292 |



Продолжение табл. П2.5

| Наименование профессии | Код |
|---|-------|
| Полировщик | 15887 |
| Прессовщик | 16014 |
| Протяжчик | 16458 |
| Разметчик | 16641 |
| Резчик на пилах, ножовках и станках | 16937 |
| Резьбофрезеровщик | 17001 |
| Слесарь-инструментальщик | 17335 |
| Слесарь | 17461 |
| Резьбошлифовщик | 17003 |
| Сверловщик механосборочных работ | 17474 |
| Станочник на специальных станках по обработке металла | 17845 |
| Строгальщик | 17960 |
| Токарь | 17817 |
| Токарь-карусельщик | 18219 |
| Токарь-полуавтоматчик | 18225 |
| Токарь-расточник | 18235 |
| Токарь-револьверщик | 18236 |
| Фрезеровщик | 18632 |
| Шлифовщик | 18873 |

Таблица П2.6

**Наименование технологических операций
и переходов операции обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79)**

| № операции | Наименование операции | № операции | Наименование операции |
|------------|-----------------------|------------|---------------------------|
| 01 | Автоматно-линейная | 49 | Резьбонакатная |
| 02 | Агрегатная | 50 | Вертикально-сверлильная |
| 03 | Долбежная | 51 | Горизонтально-сверлильная |
| 04 | Зубодолбежная | 52 | Координатно-сверлильная |
| 05 | Зубозакругляющая | 53 | Радиально-сверлильная |
| 06 | Зубонакатная | 54 | Сверлильно-центровая |

Продолжение табл. П2.6

| № операции | Наименование операции | № операции | Наименование операции |
|------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------|
| 07 | Зубообкатывающая | 55 | Поперечно-строгальная |
| 08 | Зубоприрабатывающая | 56 | Продольно-строгальная |
| 09 | Зубопритирочная | 57 | Автоматно-токарная |
| 10 | Зубопротяжная | 58 | Вальцетокарная |
| 11 | Зубострогальная | 59 | Лоботокарная |
| 12 | Зуботокарная | 60 | Резьботокарная |
| 13 | Зубофрезерная | 61 | Специальная токарная |
| 14 | Зубохонинговальная | 62 | Токарно-бесцентровая |
| 15 | Зубошевинговальная | 63 | Токарно-винторезная |
| 16 | Зубошлифовальная | 64 | Токарно-затыловочная |
| 17 | Специальная зубообрабатывающая | 65 | Токарно-карусельная |
| 18 | Шлиценакатная | 66 | Токарно-копировальная |
| 19 | Шлицестрогальная | 67 | Токарно-револьверная |
| 20 | Шлицефрезерная | 68 | Торцеподрезная центровальная |
| 21 | Комбинированная | 69 | Барабанно-фрезерная |
| 22 | Виброабразивная | 70 | Вертикально- фрезерная |
| 23 | Галтовка | 71 | Горизонтально- фрезерная |
| 24 | Доводочная | 72 | Гравировально- фрезерная |
| 25 | Опиловочная | 73 | Карусельно-фрезерная |
| 26 | Полировальная | 74 | Копировально- фрезерная |
| 27 | Притирочная | 75 | Продольно-фрезерная |
| 28 | Суперфинишная | 76 | Резьбофрезерная |
| 29 | Хонинговальная | 77 | Специальная фрезерная |
| 30 | Абразивно-отрезная | 78 | Универсально- фрезерная |
| 31 | Ленточно-отрезная | 79 | Фрезерно- центровальная |
| 32 | Ножовочно-отрезная | 80 | Шпоночно-фрезерная |



Продолжение табл. П2.6

| № операции | Наименование операции | № операции | Наименование операции |
|------------|-------------------------|------------|-----------------------------|
| 33 | Пилоотрезная | 81 | Бесцентровочно-шлифовальная |
| 34 | Токарно-отрезная | 82 | Вальцешлифовальная |
| 35 | Фрезерно-отрезная | 83 | Внутришлифовальная |
| 36 | Расточная с ЧПУ | 84 | Заточная |
| 37 | Сверлильная с ЧПУ | 85 | Карусельно-шлифовальная |
| 38 | Токарная с ЧПУ | 86 | Координатно-шлифовальная |
| 39 | Фрезерная с ЧПУ | 87 | Круглошлифовальная |
| 40 | Шлифовальная с ЧПУ | 88 | Ленточно-шлифовальная |
| 41 | Вертикально-протяжная | 89 | Обдирочно-шлифовальная |
| 42 | Горизонтально-протяжная | 90 | Плоскошлифовальная |
| 43 | Алмазно-расточная | 91 | Резьбошлифовальная |
| 44 | Вертикально-расточная | 92 | Торцешлифовальная |
| 45 | Горизонтально-расточная | 93 | Центрошлифовальная |
| 46 | Координатно-расточная | 94 | Шлифовальная специальная |
| 47 | Болтонарезная | 95 | Шлифовально-затыловочная |
| 48 | Гайконарезная | 96 | Шлицешлифовальная |

Таблица П2.7

Слесарные и слесарно-сборочные операции (ГОСТ 3.1703-79)

| № операции | Наименование слесарных операций | № операции | Наименование слесарно-сборочных операций |
|------------|---------------------------------|------------|--|
| 01 | Слесарная | 01 | Сборка |
| 02 | Гибка | 02 | Базирование |
| 03 | Гравировка | 03 | Балансировка |
| 04 | Доводочная | 04 | Застегивание |
| 05 | Зачистка | 05 | Закрепление |
| 06 | Зенковка | 06 | Запрессовывание |
| 07 | Завивка | 07 | Клепка |

Продолжение табл. П2.7

| № операции | Наименование слесарных операций | № операции | Наименование слесарно-сборочных операций |
|------------|---------------------------------|------------|--|
| 08 | Калибровка | 08 | Контровка |
| 09 | Керновка | 09 | Маркирование |
| 10 | Нарезка | 10 | Пломбирование |
| 11 | Навивка | 11 | Склеивание |
| 12 | Отрубка | 12 | Стопорение |
| 13 | Отрезка | 13 | Свинчивание |
| 14 | Опиловочная | 14 | Установка |
| 15 | Очистка | 15 | Центровка |
| 16 | Полирование | 16 | Штифтование |
| 17 | Правка | 17 | Шплинтование |
| 18 | Разметка | 18 | Разборка |
| 19 | Разрезка | 19 | Распрессовывание |
| 20 | Развертывание | 20 | Расшплинтовывание |
| 21 | Развальцовка | 21 | Расштифтовывание |
| 22 | Сверлильная | 22 | Распломбирование |
| 23 | Смазывание | 23 | Развинчивание |
| 24 | Шабровка | | |

Таблица П2.8

Классификатор кодов для формирования переменной части технологического кода деталей, обрабатываемых резанием

| 1. Технологическая классификация деталей, обрабатываемых резанием | | Раздел |
|---|------------------------------|---|
| | | 4 |
| Вид исходной заготовки | | № признака |
| | | 1 |
| Код | Вид заготовки | |
| 10 | Заготовка, полученная литьем | |
| 11 | Литье | в песчаную форму |
| 12 | | в форму из жидких самотвердеющих смесей |
| 13 | | в песчаную форму, изготовленную под высоким давлением |
| 14 | | в металлическую форму |
| 15 | | центробежным методом |
| 16 | | в оболочковую форму |
| 17 | | по выплавляемым моделям |
| 18 | | штамповкой жидкого металла |
| 19 | | под давлением |



Продолжение табл. П2.8

| | | | | |
|----|---|--|-----------------|-----------------|
| 20 | Заготовка, полученная обработкой детали давлением | | | |
| 21 | Ковка | на молоте | | |
| 22 | | на прессе | | |
| 23 | | радиальным обжатием | | |
| 24 | Штамповка | объемная | некалиброванная | |
| 25 | | | калиброванная | |
| 26 | | листовая | | |
| 28 | Прессованная штучная заготовка | | | |
| 29 | Заготовка, полученная специальными методами давления (взрывом, в вакууме и др.) | | | |
| 30 | Пруток, проволока | | | |
| 31 | Пруток | круглый | некалиброванная | |
| 32 | | | калиброванная | |
| 33 | | шестигранный и квадратный | некалиброванная | |
| 34 | | | калиброванная | |
| 35 | Проволока | круглая | | |
| 36 | | фасонная | | |
| 40 | Лист, плита, полоса, лента | | | |
| 41 | Лист, плита | гладкие | | |
| 42 | | волнистые, рифленые, просечно-вытяжные и др. | | |
| 43 | Полоса, лента | прямоугольная | | |
| 44 | | фасонная | | |
| 50 | Труба | | | |
| 51 | Труба | постоянного сечения | круглая | некалиброванная |
| 52 | | | | калиброванная |
| 53 | | прямоугольная | | |
| 54 | | плавниковая, ребристая | | |
| 55 | | кроме круглой и прямоугольной | | |
| 56 | | кроме плавниковой, ребристая | | |
| 57 | | переменного сечения | | |

Продолжение табл. П2.8

| | | | |
|---|---|---------------|--------------------------------|
| 60 | Фасонный и специальный профили | | |
| 61 | Фасонный профиль: угловой, швеллерный, тавровый, зетовый, рельсовый | | |
| 65 | Специальный профиль | постоянный | |
| 66 | | периодический | круглого поперечного сечения |
| 67 | | | некруглого поперечного сечения |
| 2. Технологическая классификация деталей, изготовляемых резанием | | | Раздел |
| | | | 4 |
| | | | № признака |
| | | | 3 |
| Код | Квалитет | | |
| 1 | 17, 16, 15, 14 | | |
| 2 | 13, 12 | | |
| 3 | 11, 10, 9 | | |
| 4 | 8, 7, 6, 5 | | |
| 5 | 4, 3, 2 | | |
| 6 | 1, 0, 01 | | |
| 3. Технологическая классификация деталей, изготавливаемых резанием | | | Раздел |
| | | | 4 |
| | | | № признака |
| Параметр шероховатости | | | 3 |
| Код | Квалитет | | |
| | R_a | R_z | |
| 1 | > 80 | > 320 | |
| 2 | 10...80 | 40...320 | |
| 3 | 2,5...10 | 10...40 | |
| 4 | 0,32...2,5 | 1,6...10 | |
| 5 | 0,02...0,32 | 0,1...1,6 | |
| 6 | 0,008...0,02 | 0,032...0,1 | |

Продолжение табл. П2.8

| 4. Технологическая классификация деталей, изготавливаемых резанием | | | | Раздел | |
|--|---------------------------------|---|--|--------------|---|
| | | | | 4 | |
| Отклонения формы и расположения поверхностей | | | | № признака | |
| | | | | 3 | |
| Код | Отклонения от | | | | соосности, цилиндричности и пересечения осей, радиального биения и полного радиального биения |
| | плоскостности и прямолинейности | цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения | параллельности, перпендикулярности, наклона торцового биения | | |
| 0 | — | — | — | — | — |
| 1 | + | | | | |
| 2 | — | + | — | — | — |
| 3 | + | | | | |
| 4 | — | — | + | — | — |
| 5 | + | | | | |
| 6 | — | + | — | — | — |
| 7 | + | | | | |
| 8 | — | — | — | — | — |
| 9 | + | | | | |
| А | — | + | — | — | + |
| Б | + | | | | |
| В | — | — | + | — | + |
| Г | + | | | | |
| Д | — | + | — | — | + |
| Е | + | | | | |
| 5. Технологическая классификация деталей, изготавливаемых резанием | | | | Раздел | |
| | | | | 4 | |
| Вид дополнительной обработки | | | | № признака | |
| | | | | 5 | |
| Код | Технологическая обработка | | | Покрытие | |
| 0 | Без термической обработки | | | Без покрытия | |
| 1 | | | | С покрытием | |

Продолжение табл. П2.8

| | | | | |
|---|---|------|--------------------|--------------|
| 2 | С термической обработкой до или между операциями обработки резанием | HRCэ | До 40 | Без покрытия |
| 3 | | | | С покрытием |
| 4 | | | 40...53,5 | Без покрытия |
| 5 | | | | С покрытием |
| 6 | | | Свыше 53,5 | Без покрытия |
| 7 | С покрытием | | | |
| 8 | С термической обработкой после обработки резанием | | | Без покрытия |
| 9 | | | | С покрытием |
| 6. Технологическая классификация деталей, изготавливаемых резанием | | | Раздел | |
| | | | 4 | |
| Характеристики массы | | | № признака | |
| | | | 6 | |
| Код | Масса, кг | Код | Масса, кг | |
| 1 | < 0,003 | Д | > 10 до 16 | |
| 2 | > 0,002 < 0,006 | Е | > 16 до 25 | |
| 3 | > 0,006 < 0,012 | Ж | > 25 до 40 | |
| 4 | > 0,012 < 0,025 | И | > 40 до 63 | |
| 5 | > 0,025 < 0,05 | К | > 63 до 100 | |
| 6 | > 0,05 < 0,1 | Л | > 100 до 160 | |
| 7 | > 0,1 < 0,2 | М | > 160 до 250 | |
| 8 | > 0,2 < 0,5 | Н | > 250 до 400 | |
| 9 | > 0,5 < 1,0 | П | > 400 до 630 | |
| А | > 1,0 < 1,6 | Р | > 630 до 1000 | |
| Б | > 1,6 < 2,5 | С | > 1000 до 1600 | |
| В | > 2,5 < 4,0 | Т | > 1600 до 2500 | |
| Г | > 4 < 10 | У | > 2500 до 5000 | |
| | | Ф | > 5000 до 10 000 | |
| | | Ц | > 10 000 до 20 000 | |
| | | Ш | > 20 000 | |

Таблица П2.9

Перечень операций сборки (ГОСТ 3.1703-79)

| № п/п | Слесарные операции | № п/п | Сборочные операции |
|-------|--------------------|-------|--------------------|
| 1 | Слесарная | 1 | Сборка |
| 2 | Гибка | 2 | Базирование |
| 3 | Гравировальная | 3 | Балансировка |
| 4 | Доводочная | 4 | Застегивание |



Продолжение табл. П2.9

| № п/п | Слесарные операции | № п/п | Сборочные операции |
|-------|--------------------|-------|--------------------|
| 5 | Зачистка | 5 | Закрепление |
| 6 | Зенкерование | 6 | Запрессование |
| 7 | Завивка | 7 | Клепка |
| 8 | Калибрование | 8 | Контровка |
| 9 | Керновка | 9 | Маркирование |
| 10 | Нарезка | 10 | Пломбирование |
| 11 | Навивка | 11 | Склеивание |
| 12 | Отрубка | 12 | Стопорение |
| 13 | Отрезка | 13 | Свинчивание |
| 14 | Опиловочная | 14 | Установка |
| 15 | Очистка | 15 | Центровка |
| 16 | Полирование | 16 | Штифтование |
| 17 | Правка | 17 | Шплинтование |
| 18 | Разметка | 18 | Разборка |
| 19 | Разрезка | 19 | Распрессование |
| 20 | Развертывание | 20 | Расшплинтование |
| 21 | Развальцовка | 21 | Расштифтование |
| 22 | Сверлильная | 22 | Распломбирование |
| 23 | Смазывание | 23 | Развинчивание |
| 24 | Шабровка | | |

Таблица П2.10

**Примерная запись операций и переходов сборки
(ГОСТ 3.1703-79)**

| Запись операции и перехода | |
|--|--|
| полная | сокращенная |
| Гнуть деталь, выдерживая размеры 1 и 2 | Гнуть деталь согласно эскизу |
| Зачистить буртик 1 от краски | Зачистить согласно эскизу |
| Калибровать отверстие 2, выдерживая размер 1 | Калибровать отверстие 2 согласно чертежу |
| Маркировать деталь, выдерживая размеры 1 и 2 | Маркировать деталь согласно эскизу |

Продолжение табл. П2.10

| Запись операции и перехода | |
|--|--|
| полная | сокращенная |
| Нарезать резьбу, выдерживая размер 1 | Нарезать резьбу согласно чертежу |
| Опилить заготовку, выдерживая размеры 1, 2 и 3 | Опилить заготовку согласно чертежу |
| Развернуть отверстие 2, выдерживая шероховатость | Развернуть отверстие 2 согласно чертежу |
| Разметить деталь, выдерживая размеры 1, 2 и 3 | Разметить деталь согласно чертежу |
| Развальцевать поверхность 1, выдерживая размер 2 | Развальцевать поверхность 1 согласно чертежу |
| Разрезать заготовку, выдерживая $l = 20$ мм, $b = 35$ мм | Разрезать заготовку согласно эскизу |
| Разобрать изделие (позиции 1, 3, 5) | Разобрать изделие согласно чертежу |
| Сверлить отверстие, выдерживая размеры 1 и 2 | Сверлить отверстие согласно чертежу |
| Свинтить детали 1 и 3, выдерживая размер 1 | Свинтить детали 1 и 3 согласно чертежу |
| Собрать детали 2 и 5, выдерживая размер 1, обеспечивая герметичность | Собрать детали 2 и 5 согласно чертежу |
| Установить деталь, выдерживая угол 15° | Установить деталь согласно чертежу |
| Шабрить поверхность 1 с точностью 8...10 пятен | Шабрить поверхность 1 согласно эскизу |

Таблица П2.11

Ключевые слова технологических переходов (ГОСТ 3.1703-79)

| Код | Ключевое слово | Код | Ключевое слово |
|-----|----------------|-----|----------------|
| 01 | Балансировать | 20 | Притереть |
| 02 | Базировать | 30 | Пломбировать |
| 05 | Гнуть | 19 | Полировать |
| 04 | Гравировать | 31 | Разметить |
| 03 | Завить | 21 | Разрезать |
| 06 | Застегнуть | 24 | Развернуть |
| 81 | Закрепить | 32 | Развинтить |
| 08 | Запрессовать | 25 | Развальцевать |



Продолжение табл. П2.11

| Код | Ключевое слово | Код | Ключевое слово |
|-----|----------------|-----|-----------------|
| 07 | Зачистить | 33 | Распрессовать |
| 12 | Застопорить | 34 | Расшплинтовать |
| 13 | Зенковать | 35 | Разобрать |
| 09 | Калибровать | 36 | Распломбировать |
| 14 | Кернить | 37 | Расштифтовать |
| 22 | Контрить | 29 | Сверлить |
| 18 | Клепать | 89 | Смазать |
| 23 | Маркировать | 39 | Свинтить |
| 13 | Нарезать | 40 | Склеить |
| 11 | Навить | 41 | Собрать |
| 26 | Нанести | 91 | Установить |
| 15 | Опилить | 38 | Центровать |
| 27 | Отрубить | 42 | Шабрить |
| 28 | Очистить | 43 | Шплинтовать |
| 16 | Отрезать | 44 | Штифтовать |
| 17 | Править | 45 | Довести |

Таблица П2.12

Пример заполнения наименований обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов, предметов производства и дополнительной информации (ГОСТ 3.1703-79)

| Код | Запись | |
|-----|-----------|-------------|
| | полная | сокращенная |
| 001 | Буртик | Бурт. |
| 003 | Выточка | Выт-ка |
| 007 | Деталь | Дет. |
| 009 | Заготовка | Загот. |
| 010 | Изделие | Изд. |
| 014 | Контур | К-р |
| 015 | Кожух | Кож. |
| 016 | Лыска | Л-ка |
| 018 | Отвертка | Отв. |

Продолжение табл. П2.12

| Код | Запись | |
|-----|----------------------------|------------------|
| | полная | сокращенная |
| 020 | Паз | — |
| 022 | Поверхность | Поверхн. |
| 026 | Резьба | Р-ба |
| 028 | Ступень | Ступ. |
| 029 | Сфера | — |
| 030 | Торец | Т-ц |
| 032 | Фаска | Ф-ка |
| 01 | По чертежу | По черт. |
| 02 | По эскизу | По эск. |
| 03 | По разметке | По разм. |
| 04 | По трафарету | По граф. |
| 05 | С точностью | С точн. |
| 06 | Обеспечивая герметичность | Обеспеч. гермет. |
| 07 | Обеспечивая прилегание | Обеспеч. прилег. |
| 08 | Обеспечивая параллельность | Обеспеч. парал. |
| 09 | По шаблону | По шабл. |
| 10 | По реперным точкам | По реперн. тчк. |
| 13 | От ржавчины | От ржавчины |

Таблица П2.13

Операции обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79)

| Номер | | Наименование операции | Номер | | Наименование операции |
|----------|-----------------|-----------------------|----------|-----------------|---------------------------|
| операции | группы операций | | операции | группы операций | |
| 01 | 01 | Автоматно-линейная | 49 | 11 | Резьбно-накатная |
| 02 | 02 | Агрегатная | 50 | 12 | Вертикально-сверлильная |
| 03 | 03 | Долбежная | 51 | 12 | Горизонтально-сверлильная |
| 04 | 04 | Зубодолбежная | 52 | 12 | Координатно-сверлильная |
| 05 | 04 | Зубозакругляющая | 53 | 12 | Радиально-сверлильная |
| 06 | 04 | Зубонакатная | 54 | 12 | Сверлильно-центровальная |



Продолжение табл. П2.13

| Номер | | Наименование операции | Номер | | Наименование операции |
|----------|-----------------|--------------------------------|----------|-----------------|----------------------------|
| операции | группы операций | | операции | группы операций | |
| 07 | 04 | Зубообкатывающая | 55 | 13 | Поперечно-строгальная |
| 08 | 04 | Зубоприрабатывающая | 56 | 13 | Продольно-строгальная |
| 09 | 04 | Зубопритирочная | 57 | 14 | Автоматная токарная |
| 10 | 04 | Зубопротяжная | 58 | 14 | Вальцетокарная |
| 11 | 04 | Зубострогальная | 59 | 14 | Лоботокарная |
| 12 | 04 | Зуботокарная | 60 | 14 | Резьботокарная |
| 13 | 04 | Зубофрезерная | 61 | 14 | Специальная токарная |
| 14 | 04 | Зубохонинговальная | 62 | 14 | Токарно-бесцентровая |
| 15 | 04 | Зубошевинговальная | 63 | 14 | Токарно-винторезная |
| 16 | 04 | Зубошлифовальная | 64 | 14 | Токарно-затыловочная |
| 17 | 04 | Специальная зубообработывающая | 65 | 14 | Токарно-карусельная |
| 18 | 04 | Шлиценакатная | 66 | 14 | Токарно-копировальная |
| 19 | 04 | Шлице-строгальная | 67 | 14 | Токарно-револьверная |
| 20 | 04 | Шлице-фрезерная | 68 | 14 | Торцеподрезная центральная |
| 21 | 05 | Комбинированная | 69 | 15 | Барабанно-фрезерная |
| 22 | 06 | Виброабразивная | 70 | 15 | Вертикально-фрезерная |
| 23 | 06 | Галтовка | 71 | 15 | Горизонтально-фрезерная |
| 24 | 06 | Доводочная | 72 | 15 | Гравировально-фрезерная |

Продолжение табл. П2.13

| Номер | | Наименование операции | Номер | | Наименование операции |
|----------|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|--------------------------|
| операции | группы операций | | операции | группы операций | |
| 25 | 06 | Опиловочная | 73 | 15 | Карусельно-фрезерная |
| 26 | 06 | Полировальная | 74 | 15 | Копировально-фрезерная |
| 27 | 06 | Супер-финишная | 75 | 15 | Продольно-фрезерная |
| 28 | 06 | Супер-финишная | 76 | 15 | Резьбо-фрезерная |
| 29 | 06 | Хонинговальная | 77 | 15 | Специальная фрезерная |
| 30 | 07 | Абразивно-отрезная | 78 | 15 | Универсально-фрезерная |
| 31 | 07 | Ленточно-отрезная | 79 | 15 | Фрезерно-центровальная |
| 32 | 07 | Ножовочно-отрезная | 80 | 15 | Шпоночно-фрезерная |
| 33 | 07 | Пилоотрезная | 81 | 16 | Бесцентрово-шлифовальная |
| 34 | 07 | Токарно-отрезная | 82 | 16 | Вальцешлифовальная |
| 35 | 07 | Фрезерно-отрезная | 83 | 16 | Внутришлифовальная |
| 36 | 08 | Расточная с ЧПУ | 84 | 16 | Заточная |
| 37 | 08 | Сверлильная с ЧПУ | 85 | 16 | Карусельно-шлифовальная |
| 38 | 08 | Токарная с ЧПУ | 86 | 16 | Координатно-шлифовальная |
| 39 | 08 | Фрезерная с ЧПУ | 87 | 16 | Круглошлифовальная |
| 40 | 08 | Шлифовальная с ЧПУ | 88 | 16 | Ленточно-шлифовальная |
| 41 | 09 | Вертикально-протяжная | 89 | 16 | Обдирочно-шлифовальная |
| 42 | 09 | Горизонтально-протяжная | 90 | 16 | Плоскошлифовальная |



Продолжение табл. П2.13

| Номер | | Наименование операции | Номер | | Наименование операции |
|----------|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|--------------------------|
| операции | группы операций | | операции | группы операций | |
| 43 | 10 | Алмазно-расточная | 91 | 16 | Резьбошлифовальная |
| 44 | 10 | Вертикально-расточная | 92 | 16 | Торцешлифовальная |
| 45 | 10 | Горизонтально-расточная | 93 | 16 | Центрошлифовальная |
| 46 | 10 | Координатно-расточная | 94 | 16 | Шлифовальная специальная |
| 47 | 11 | Болтонарезная | 95 | 16 | Шлифовально-затыловочная |
| 48 | 11 | Гайконарезная | 96 | 16 | Шлицешлифовальная |

Таблица П2.14

Ключевые слова технологических переходов обработки резанием. Коды (ГОСТ 3.1792-79)

| Код | Ключевое слово | Код | Ключевое слово |
|-----|------------------------|-----|--------------------------------------|
| 01 | Вальцевать | 27 | Сверлить |
| 02 | Врезаться | 28 | Строгать |
| 03 | Галтовать | 29 | Суперфинишировать |
| 04 | Гравировать | 30 | Точить |
| 05 | Довести | 31 | Хонинговать |
| 06 | Долбить | 32 | Шевинговать |
| 07 | Закруглить | 33 | Шлифовать |
| 08 | Заточить | 34 | Цековать |
| 09 | Затыловать | 35 | Центровать |
| 10 | Зенкеровать, зенковать | 36 | Фрезеровать |
| 11 | Навить | 80 | Выверить |
| 12 | Накатать | 81 | Закрепить |
| 13 | Нарезать | 82 | Настроить |
| 14 | Обкатать | 83 | Переустановить |
| 15 | Опилить | 84 | Переустановить и закрепить |
| 16 | Отрезать | 85 | Переустановить, выверить и закрепить |
| 17 | Подрезать | 86 | Переместить |



Продолжение табл. П2.14

**Ключевые слова технологических переходов
обработки резанием. Коды (ГОСТ 3.1792-79)**

| Код | Ключевое слово | Код | Ключевое слово |
|-----|----------------|-----|-------------------------------------|
| 18 | Полировать | 87 | Поджать |
| 19 | Притирать | 88 | Проверить |
| 20 | Приработать | 89 | Смазать |
| 21 | Протянуть | 90 | Снять |
| 23 | Развальцевать* | 91 | Установить |
| 24 | Раскатать* | 92 | Установить и выверить |
| 25 | Расверлить | 93 | Установить и закрепить |
| 26 | Расточить | 94 | Установить, выверить и закрепить |

Примечание. * — операции, не относящиеся к обработке резанием, но выполняемые на оборудовании, которое применяется при обработке резанием.

Таблица П2.15

**Наименование обрабатываемых поверхностей
и конструктивных элементов. Коды (ГОСТ 3.1702-79)**

| Код | Наименование | | Код | Наименование | |
|-----|--------------|-------------|-----|--------------|-------------|
| | полное | сокращенное | | полное | сокращенное |
| 001 | Буртик | Бурт. | 019 | Отверстие | — |
| 002 | Буртики | — | 020 | Паз | — |
| 003 | Выточка | Выт-ка | 021 | Пазы | — |
| 004 | Выточки | — | 022 | Поверхность | Поверхн. |
| 005 | Галтель | Галт. | 023 | Поверхности | — |
| 006 | Галтели | — | 024 | Пружина | Пруж. |
| 007 | Деталь | Дет. | 025 | Пружины | — |
| 008 | Детали | — | 026 | Резьба | — |
| 009 | Заготовка | Загот. | 027 | Рифление | Рифл. |
| 010 | Зуб | — | 028 | Ступень | Ступ. |
| 011 | Зубья | — | 029 | Сфера | — |
| 012 | Канавка | Канав. | 030 | Торец | — |
| 013 | Канавки | — | 031 | Торцы | — |
| 014 | Контур | К-р | 032 | Фаска | — |
| 015 | Конус | Кон. | 033 | Фаски | — |
| 016 | Лыска | — | 034 | Червяк | Черв. |
| 017 | Лыски | — | 035 | Цилиндр | Цил. |
| 018 | Отверстие | Отв. | | | |



ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Таблица П3.1

**Поля допусков по системе ОСТ и соответствующие
поля допусков по ЕСДП для номинальных размеров 1...500 мм**

| Поля допусков отверстий | | | Поля допусков валов | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------|
| класс точности по системе ОСТ | поле допуска по системе ОСТ | поле допуска по ЕСДП | класс точности по системе ОСТ | поле допуска по системе ОСТ | поле допуска по ЕСДП | |
| 1 | H ₁ | K6 | 1 | T ₁ | m5 | |
| | P ₁ | J _s 6 | | H ₁ | k5 | |
| | C ₁ = A ₁ | H6 | | P ₁ | j _s 5 | |
| | D ₁ | G6 | | C ₁ = B ₁ | h5 | |
| 2 | Г | N7 | 2 | D ₁ | g5 | |
| | H | K7 | | Пр | r6 s6 | |
| | П | J7 | | Пл | p6 r6 | |
| | C = A | H7 | | Г | n6 | |
| | Д | G7 | | Т | m6 | |
| | X | F8 | | H8 | Н | k6 |
| | | | | | П | j _s 6 |
| | | | | | C = B | h6 |
| Д | | | g6 | | | |
| 2а | C _{2а} = A _{2а} | H8 | 2а | Х | p7 | |
| | | | | Л | e8 | |
| 3 | C ₃ = A ₃ | H8 H9 | 3 | Пр1 _{2а} | s7 | |
| | | | | C _{2а} = B _{2а} | h7 | |
| | X ₃ | E9 F9 | | Пр1 ₃ | u8 | |
| | | | | C ₃ = B ₃ | h8 | |
| | | | | Ш ₃ | d9 d10 | |

Продолжение табл. П3.1

| Поля допусков отверстий | | | Поля допусков валов | | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| класс точности по системе ОСТ | поле допуска по системе ОСТ | поле допуска по ЕСДП | класс точности по системе ОСТ | поле допуска по системе ОСТ | поле допуска по ЕСДП |
| 4 | $C_4 = A_4$ | H11 | 4 | $C_4 = B_4$ | h11 |
| | X_4 | D11 | | X_4 | d11 |
| 5 | $C_5 = A_5$ | H12 | 5 | $C_5 = B_5$ | h12 |
| | X_5 | B12 | | X_5 | b12 |
| 7 | A_7 | H14 | 7 | CM_7 | j_s14 |
| | CM_7 | J_s14 | | B_7 | h14 |
| 8 | A_8 | H15 | 8 | CM_8 | j_s15 |
| | CM_8 | J_s15 | | B_8 | h15 |
| 9 | A_9 | H16 | 8 | B_9 | h16 |
| | CM_9 | J_s16 | | | |
| 10 | A_{10} | H17 | 10 | B_{10} | h17 |
| | CM_{10} | J_s17 | | | |

Таблица П3.2

Шероховатость поверхности R_a (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей

| Поле допуска по ГОСТ 25347-82 | Номинальный диаметр деталей, мм | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|---------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|
| | < 6 | 6... 10 | 10... 30 | 30... 80 | 80... 120 | 120... 180 | 180... 260 | 260... 500 |
| H7 | 0,40 | 0,40 | 0,80 | 0,80 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| R7; S7 | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,8 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| N7; M7; K7; J_s7 | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,6 |
| G7; F8 | 0,40 | 0,40 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| H8; t8 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 1,60 | 1,60 | 1,6 | 1,6 | 3,2 |
| H8 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 1,60 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 |
| H11 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 3,20 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| D11 | 1,60 | 1,60 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| CD11 | 1,60 | 3,20 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| H12; B12 | 3,20 | 3,20 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 12,5 |



Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей (для сталей)

Таблица П3.3

| Метод обработки | Шероховатость поверхности, R_a , мкм | Дефектный слой, мкм | Квалитет | Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------|----------|--|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | 315...400 | 400...500 |
| Обтачивание: | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 25...50 | 120...60 | 14 | 0,52 | 0,62 | 0,74 | 0,87 | 1,00 | 1,15 | 1,30 | 1,40 | 1,55 |
| | | | 12 | 0,21 | 0,23 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,46 | 0,52 | 0,57 | 0,63 |
| получистовое | 12,5...3,2 | 50...20 | 12 | 0,21 | 0,23 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,46 | 0,52 | 0,57 | 0,63 |
| | | | 11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 0,36 | 0,40 |
| однократное чистовое | 6,3...1,6 | 30...20 | 10 | 0,084 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,25 |
| | | | 9 | 0,052 | 0,062 | 0,074 | 0,087 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | | |
| обдирочное | 1,6...0,8 | 20 | 8 | 0,033 | 0,039 | 0,046 | 0,054 | 0,063 | 0,072 | 0,081 | 0,089 | 0,097 |
| | | | 7 | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,046 | 0,052 | 0,057 | 0,063 |
| чистовое | 0,8...0,4 | 15...5 | 6 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | 0,029 | 0,032 | 0,036 | 0,040 | 0,044 |
| | | | 5 | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 | 0,025 | 0,027 |
| Суперфиниш | 0,4...0,2 | — | 5 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,010 | 0,012 | 0,014 | 0,016 | 0,018 | 0,020 |

Примечание. Значения допусков относятся к деталям из сталей. Для деталей из чугуна и цветных металлов допуск отклонения можно принимать на один квартал точнее.

Точность и качество поверхности при обработке отверстий

| Метод обработки | Шероховатость поверхности, R_a , мкм | Дефектный слой, мкм | Квалитет | Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---------------------|----------|--|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|---|
| | | | | 6...10 | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | |
| Сверление и рассверливание | 12,5...3,2 | 75...25 | 12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | — | — | — | — |
| | | | 11 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | — | — | — | — |
| Зенкерование: | | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 12,5...6,3 | 50...30 | 12 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | — | — | — | — |
| | | | 11 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | — | — | — | — |
| однократное | 6,3...3,2 | 40...25 | 10 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | — | — | — | — |
| | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Развертывание: | | | | | | | | | | | | | |
| нормальное | 1,6 | 25...12 | 11 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | — | — | — | — |
| | | | 10 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | — | — | — | — |
| точное | 0,8 | 10 | 8 | 0,022 | 0,027 | 0,033 | 0,039 | 0,040 | 0,054 | — | — | — | — |
| | | | 7 | 0,015 | 0,018 | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | — | — | — | — |
| тонкое | 0,4 | 5 | 6 | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | — | — | — | — |
| | | | 5 | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | — | — | — | — |
| Протягивание: | | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 1,6 | 25...15 | 11 | — | — | 0,130 | 0,160 | 0,190 | 0,220 | — | — | — | — |
| | | | 10 | — | — | 0,084 | 0,100 | 0,120 | 0,140 | — | — | — | — |
| чистовое | 0,8...0,4 | 10...5 | 8 | — | — | 0,033 | 0,039 | 0,046 | 0,054 | — | — | — | — |
| | | | 7 | — | — | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | — | — | — | — |
| 6 | — | — | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | — | — | — | — | — | | |



Продолжение табл. П3.4

| Метод обработки | Шеро- ватость поверхно- сти, R_a , мкм | Дефект- ный слой, мкм | Ква- ли- тет | Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм | | | | | | | | |
|---------------------------|--|--------------------------------|--------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | 6... 10 | 10... 18 | 18... 30 | 30... 50 | 50... 80 | 80... 120 | 120... 180 | 180... 250 | 250... 315 |
| Растачивание: | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 1,2,5...6,3 | 50...30 | 12 | — | 0,210 | 0,250 | 0,300 | 0,350 | 0,400 | 0,460 | 0,520 | |
| | | | 11 | — | 0,130 | 0,160 | 0,190 | 0,220 | 0,290 | 0,320 | 0,360 | |
| чистовое | 3,2...1,6 | 25...16 | 10 | — | 0,084 | 0,100 | 0,120 | 0,140 | 0,160 | 0,185 | 0,210 | |
| | | | 8 | — | 0,033 | 0,039 | 0,046 | 0,054 | 0,063 | 0,072 | 0,081 | |
| тонкое, алмазное | 0,8...0,2 | 10...4 | 7 | — | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,046 | 0,052 | 0,057 | |
| | | | 6 | — | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | 0,025 | 0,029 | 0,032 | |
| 5 | — | — | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 | | | |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | | |
| предварительное | 1,6 | 20 | 8 | — | 0,027 | 0,033 | 0,039 | 0,046 | 0,054 | 0,063 | 0,072 | 0,081 |
| | | | 7 | — | 0,018 | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,046 | 0,052 |
| чистовое | 0,8...0,4 | 20...5 | 6 | — | 0,011 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | 0,025 | 0,029 | 0,032 |
| | | | 5 | — | 0,008 | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 |
| Притирка, хонингование | 0,4...0,025 | 5...3 | 5 | — | 0,008 | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 |
| | | | 8 | — | — | 0,033 | 0,039 | 0,046 | 0,054 | 0,063 | 0,072 | 0,081 |
| Калибрование | 0,40...0,05 | — | 7 | — | — | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,046 | 0,052 |
| | | | 5 | — | — | 0,009 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 |

Примечание. Данные значения предельных отклонений на размеры относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных металлов предельные отклонения по точности можно принимать на один квартал точнее.

Таблица П3.5

Точность и качество поверхности при обработке плоских поверхностей

| Метод обработки | Шероховатость поверхности, R_a , мкм | Дефектный слой, мкм | Квалитет | Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм | | | | | | | |
|---------------------------|--|---------------------|----------|--|----------|-----------|-----------|-------|----------|-----------|-----------|
| | | | | при размере обрабатываемой поверхности < 160×160 | | > 400×400 | | | | | |
| | | | | До 80 | 80...180 | 180...250 | 250...500 | До 80 | 80...180 | 180...250 | 250...500 |
| Фрезерование и строгание: | | | | | | | | | | | |
| черновое | 12,5...6,3 | 100...50 | 11 | — | — | — | — | 0,220 | 0,250 | 0,320 | 0,360 |
| | | | | 0,120 | 0,160 | 0,185 | 0,250 | 0,120 | 0,160 | 0,210 | 0,250 |
| чистовое | 3,2...1,6 | 50...20 | 8 | 0,046 | 0,063 | 0,072 | 0,097 | 0,046 | 0,063 | 0,072 | 0,097 |
| | | | | 0,030 | 0,040 | 0,046 | 0,063 | — | — | — | — |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | |
| обдирочное | 3,2 | 20 | 10 | 0,120 | 0,160 | 0,185 | 0,250 | 0,120 | 0,160 | 0,185 | 0,250 |
| | | | | 0,046 | 0,063 | 0,072 | 0,097 | 0,046 | 0,063 | 0,072 | 0,097 |
| чистовое | 1,6...0,8 | 15...5 | 7 | 0,030 | 0,040 | 0,046 | 0,063 | 0,030 | 0,040 | 0,046 | 0,063 |

Примечание. Данные значения предельных отклонений на размеры относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или претных металлов предельные отклонения по точности можно принимать на один квартал точнее.



Таблица П3.6

Погрешность установки заготовки в патронах без выверки

| Метод обработки | Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм | | | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-250 | 250-315 | 315-500 |
| Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне: | | | | | | | | | |
| Литье в кокиль | $\frac{175}{70}$ | $\frac{200}{80}$ | $\frac{250}{90}$ | $\frac{300}{100}$ | $\frac{350}{110}$ | $\frac{400}{120}$ | $\frac{450}{130}$ | $\frac{550}{140}$ | $\frac{650}{150}$ |
| Горячая штамповка | $\frac{270}{80}$ | $\frac{320}{90}$ | $\frac{370}{100}$ | $\frac{420}{110}$ | $\frac{500}{120}$ | $\frac{600}{130}$ | $\frac{700}{140}$ | $\frac{800}{150}$ | — |
| Горячекатаный прокат | $\frac{270}{80}$ | $\frac{320}{90}$ | $\frac{370}{100}$ | $\frac{420}{110}$ | $\frac{500}{120}$ | $\frac{600}{130}$ | — | — | — |
| Все виды заготовок: | | | | | | | | | |
| черновая обработка | $\frac{60}{60}$ | $\frac{70}{70}$ | $\frac{80}{80}$ | $\frac{100}{90}$ | $\frac{120}{100}$ | $\frac{140}{110}$ | $\frac{160}{120}$ | $\frac{180}{130}$ | $\frac{200}{140}$ |
| чистовая обработка | $\frac{30}{40}$ | $\frac{35}{50}$ | $\frac{40}{60}$ | $\frac{50}{70}$ | $\frac{60}{80}$ | $\frac{70}{90}$ | $\frac{80}{100}$ | $\frac{90}{110}$ | $\frac{100}{120}$ |
| Установка в пневмопатроне: | | | | | | | | | |
| Литье в кокиль | $\frac{140}{60}$ | $\frac{170}{65}$ | $\frac{200}{75}$ | $\frac{240}{80}$ | $\frac{280}{90}$ | $\frac{320}{100}$ | $\frac{380}{110}$ | $\frac{440}{120}$ | $\frac{500}{130}$ |
| Горячая штамповка | $\frac{220}{60}$ | $\frac{260}{70}$ | $\frac{320}{80}$ | $\frac{380}{90}$ | $\frac{440}{100}$ | $\frac{500}{110}$ | $\frac{580}{120}$ | $\frac{660}{130}$ | — |
| Горячекатаный прокат | $\frac{220}{60}$ | $\frac{260}{70}$ | $\frac{320}{80}$ | $\frac{380}{90}$ | $\frac{440}{100}$ | $\frac{500}{110}$ | — | — | — |
| Все виды заготовок: | | | | | | | | | |
| черновая обработка | $\frac{50}{50}$ | $\frac{60}{60}$ | $\frac{70}{70}$ | $\frac{80}{80}$ | $\frac{90}{90}$ | $\frac{100}{90}$ | $\frac{120}{100}$ | $\frac{140}{110}$ | $\frac{160}{120}$ |
| чистовая обработка | $\frac{25}{30}$ | $\frac{30}{35}$ | $\frac{35}{40}$ | $\frac{40}{50}$ | $\frac{45}{60}$ | $\frac{50}{70}$ | $\frac{60}{80}$ | $\frac{70}{90}$ | $\frac{80}{100}$ |

Примечания. 1. В числителе указаны погрешности установки заготовок для радиального направления силы, в знаменателе — для осевого направления силы. 2. Обработку с использованием сырых кулачков применяют при партии заготовок не более 80...120 шт.

Таблица Пз.7

Погрешность установки заготовки на постоянные опоры в приспособлениях

| Метод обработки | Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм | | | | | | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | 315...500 | |
| С винтовыми или эксцентриковыми зажимами с установкой заготовки на опорные пластинки | | | | | | | | | | |
| Литье | | | | | | | | | | |
| По металлической модели | | | | | | | | | | |
| в песчаную форму машинной формовки | 100 | 110 | 120 | 135 | 150 | 175 | 200 | 240 | 280 | |
| в постоянную форму | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | |
| по выплавляемым моделям | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | — | — | |
| под давлением | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | — | — | |
| Горячая штамповка | 100 | 110 | 120 | 135 | 150 | 175 | 190 | — | — | |
| Горячекатаный прокат | 100 | 110 | 120 | 130 | 145 | 170 | — | — | — | |
| Черновая обработка | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | |
| Чистовая обработка | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | |
| Шлифование | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |



Продолжение табл. ПЗ.7

| Метод обработки | Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм | | | | | | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | 315...500 | |
| С винтовыми или эксцентриковыми зажимами с установкой заготовки на опорные штифты | | | | | | | | | | |
| Литье | | | | | | | | | | |
| в песчаную форму машинной формовки | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 300 | 350 | |
| По металлической модели | | | | | | | | | | |
| в постоянную форму | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 180 | 200 | |
| по выплавляемым моделям | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | — | — | |
| под давлением | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | — | |
| Горячая штамповка | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 300 | — | |
| Горячекатаный прокат | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | — | — | — | |
| Черновая обработка | 90 | 80 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | |
| Чистовая обработка | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | |
| Шлифование | | | | | | | | | | |

Продолжение табл. П3.7

| Метод обработки | Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | 315...500 | |
| С пневматическим зажимом с установкой заготовки на опорные пластинки | | | | | | | | | | |
| Литье | | | | | | | | | | |
| в песчаную форму машинной формовки | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 | 190 | 220 | |
| По металлической модели | | | | | | | | | | |
| в постоянную форму | 55 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | |
| по выплавляемым моделям | 40 | 50 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | — | — | |
| под давлением | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | — | — | |
| Горячая штамповка | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 | 190 | — | |
| Горячекатаный прокат | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 140 | — | — | — | |
| Черновая обработка | 40 | 50 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |
| Чистовая обработка | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | |
| Шлифование | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |

Продолжение табл. Пз.7

| Метод обработки | Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм | | | | | | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...250 | 250...315 | 315...500 | |
| С пневматическим зажимом с установкой заготовки на опорные штифты | | | | | | | | | | |
| Литье | | | | | | | | | | |
| в песчаную форму машинной формовки | 90 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 240 | 280 | |
| По металлической модели | | | | | | | | | | |
| в постоянную форму | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 160 | 180 | |
| по выплавляемым моделям | 70 | 75 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | — | — | |
| под давлением | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | — | — | |
| Горячая штамповка | 90 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 240 | — | |
| Горячекатаный прокат | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | — | — | — | |
| Черновая обработка | 70 | 75 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | |
| Чистовая обработка | 60 | 70 | 80 | 90 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | |
| Шлифование | 50 | 60 | 70 | 80 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | |

Выбор марок твердого сплава для режущего инструмента при различных видах обрабатываемого материала

| Вид и характер обработки | Углеродистая и легированная сталь | | Труднообрабатываемая сталь | | Чугун | | Цветные металлы и сплавы |
|--|-----------------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|------------|--------------------------|
| | Т5К10 | Т5К12В | Т5К10 | Т5К12В | НВ 240 | НВ 300-700 | |
| Точение черновое поковки, штамповки и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании | Т5К10 | Т5К12В | Т5К10 | Т5К12В | ВК8 | ВК8 | ВК4 |
| | ВК8 | ТТ7К12 | ВК8 | ВК8 | ВК8В | ВК8В | ВК6 |
| | Т14К8 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК6М | ВК4 |
| Точение черновое по корке при неравномерном сечении среза и прерывном резании | Т5К10 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | ВК4 | ВК6 |
| | Т15К6 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК6М | ВК2 |
| Точение получистовое и чистовое при прерывном резании | Т5К10 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | ВК6 | — | ВК4 |
| | Т15К6Т | Т14К8 | Т14К8 | Т14К8 | ВК6 | ВК6 | ВК3 |
| Точение получистовое и чистовое при непрерывном резании | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | — | ВК4 | — |
| | Т30К4 | — | — | — | ВК2 | ВК6М | ВК3М |
| Отрезка и прорезка канавок | Т5К10 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК6 | ВК6М | ВК2 |
| | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | ВК4 | ВК4 | ВК4 |
| Зенкерование черновое | Т5К10 | ВК4 | ВК4 | ВК4 | ВК8 | ВК6М | ВК3 |
| | ВК8 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | — | ВК8 | ВК8 |
| Зенкерование получистовое и чистовое | Т15К8 | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | ВК4 | ВК2 | ВК2 |
| | Т14К8 | Т5К10 | Т5К10 | Т5К10 | ВК6М | ВК6М | ВК3М |
| Фрезерование черновое | Т15К6 | Т5К10 | Т5К10 | Т5К10 | ВК6 | — | ВК6 |
| | Т5К10 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | ВК8 | — | ВК8 |
| Фрезерование получистовое и чистовое | Т30К4 | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6 | ВК8 | ВК6М | ВК12 |
| | Т15К6 | Т14К8 | Т14К8 | Т14К8 | ВК6 | — | ВК3М |

Продолжение табл. П3.8

| Вид и характер обработки | Углеродистая и легированная сталь | Труднообрабатываемая сталь | Чугун | | Цветные металлы и сплавы |
|--|-----------------------------------|----------------------------|--------|------------|--------------------------|
| | | | НВ 240 | НВ 300-700 | |
| Сверление сплошное неглубоких (нормальных) отверстий | Т5К10 | Т5К12В | ВК8 | ВК8 | ВК4 |
| | Т5К12В | ТТ7К12 | ВК8В | ВК6 | ВК6 |
| | ВК8 | ВК8В | ВК6 | — | ВК8 |

Таблица П3.9

Припуск на механическую обработку чугунных отливок (ГОСТ 1855-75), мм

| Наибольший габаритный размер детали | II класс точности | | | | | | | | | | | | III класс точности | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------|------------|------------|------------|-----------|------|-----------|------------|-------------|------------|
| | I класс точности | | | | | | Номинальный размер | | | | | | | | | | | | | | | |
| | < 50 | 50... 120 | 120... 260 | 260... 500 | 500... 800 | 800... 1250 | < 50 | 50... 120 | 120... 260 | 260... 500 | 500... 800 | 800... 1250 | 800... 1250 | 500... 800 | 260... 500 | 120... 260 | 50... 120 | < 50 | 50... 120 | 260... 500 | 800... 1250 | |
| < 20 | 2,5 2,0 | 2,5 2,0 | — | — | — | — | 3,5 2,5 | 4,0 3,0 | — | — | — | — | — | — | — | 4,5 3,5 | — | — | — | — | — | — |
| 121... 260 | 2,5 2,0 | 3,0 2,5 | 3,0 2,5 | — | — | — | 4,0 3,0 | 4,5 3,5 | 4,0 | — | — | — | — | — | — | 5,0 4,0 | — | — | — | — | 5,5 4,5 | — |
| 261... 500 | 3,5 2,5 | 3,5 3,0 | 4,0 3,5 | 4,5 3,5 | — | — | 4,5 3,5 | 5,0 4,0 | 6,0 4,5 | 6,5 5,0 | — | — | — | — | — | 6,0 4,5 | — | — | — | — | 7,0 6,0 | — |
| 501... 800 | 4,5 3,5 | 4,5 3,5 | 5,0 4,0 | 5,5 4,5 | 5,5 4,5 | — | 5,0 4,0 | 6,0 4,5 | 6,5 4,5 | 7,0 5,0 | 7,0 5,5 | — | — | — | — | 7,0 5,0 | — | — | — | — | 8,0 6,0 | 9,0 7,0 |
| 801... 1250 | 5,0 3,5 | 5,0 4,0 | 6,0 4,5 | 6,5 4,5 | 7,0 5,0 | 7,0 5,0 | 6,0 4,0 | 7,0 5,0 | 7,0 5,5 | 7,5 5,5 | 8,0 5,5 | 8,5 6,5 | — | — | — | 7,0 5,5 | — | — | — | — | 8,0 6,0 | 9,0 7,0 |

Примечание. Значения припусков в числителе указаны для поверхности, расположенной при заливке сверху, в знаменателе — для поверхности, расположенной при заливке снизу или сбоку.

Таблица П3.10

Припуск на механическую обработку стальных отливок
(ГОСТ 1855-85), мм

| Наибольший габаритный размер детали | I класс точности | | | | | | II класс точности | | | | | | III класс точности | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|--|
| | < 120 | | 120... 260 | | 260... 500 | | 500... 800 | | 800... 1250 | | 1250... 2000 | | < 120 | | 120... 260 | | 260... 500 | | 500... 800 | | 800... 1250 | | 1250... 2000 | | | |
| | $\frac{3,5}{3,0}$ | $\frac{4,0}{3,0}$ | $\frac{5,0}{3,5}$ | $\frac{6,0}{4,0}$ | $\frac{7,0}{5,0}$ | $\frac{8,0}{6,0}$ | $\frac{9,0}{7,0}$ | $\frac{10,0}{8,0}$ | $\frac{11,0}{9,0}$ | $\frac{12,0}{10,0}$ | $\frac{13,0}{11,0}$ | $\frac{14,0}{12,0}$ | $\frac{15,0}{13,0}$ | $\frac{16,0}{14,0}$ | $\frac{17,0}{15,0}$ | $\frac{18,0}{16,0}$ | $\frac{19,0}{17,0}$ | $\frac{20,0}{18,0}$ | $\frac{21,0}{19,0}$ | $\frac{22,0}{20,0}$ | $\frac{23,0}{21,0}$ | $\frac{24,0}{22,0}$ | $\frac{25,0}{23,0}$ | $\frac{26,0}{24,0}$ | | |
| < 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121...260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 261...500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 501...800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 801...1250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1251...2000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Примечание. Значения припусков в числителе указаны для поверхности, расположенной при заливке сверху, в знаменателе — для поверхности, расположенной при заливке снизу или сбоку.



Значение допусков

| Интервалы размеров, мм | Квалитеты | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|--|
| | 01 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| < 3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | |
| > 3 < 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | |
| > 6 < 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | |
| > 10 < 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | |
| > 18 < 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | |
| > 30 < 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | |
| > 50 < 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | |
| > 80 < 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | |
| > 120 < 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | |
| > 180 < 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | |
| > 250 < 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | |
| > 315 < 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | |
| > 400 < 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | |

Таблица ПЗ.12

Операционные припуски на диаметр детали при обтачивании, мм

| Интервалы диаметров, мм | Черновое обтачивание | | Чистовое обтачивание | | | |
|-------------------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | | | без термообработки | | после термообработки | |
| | Длина детали, мм | | | | | |
| | < 220 | > 200 < 400 | < 200 | > 200 < 400 | < 200 | > 200 < 400 |
| > 6 < 10 | 1,5 | 1,7 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 1,3 |
| > 10 < 18 | 1,5 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,3 | 1,5 |
| > 18 < 30 | 2,0 | 2,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,5 |
| > 30 < 50 | 2,0 | 2,2 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,9 |
| > 50 < 80 | 2,3 | 2,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 2,0 |
| > 80 < 120 | 2,5 | 2,8 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 2,0 |
| > 120 < 180 | 2,5 | 2,8 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,3 |
| > 180 < 260 | 2,8 | 3,0 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | 2,5 |
| > 260 < 320 | 3,0 | 3,3 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | 2,5 |

Таблица П3.11

(ГОСТ 25346-82), мкм

| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|--|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 | 1000 |
| | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 | 1200 |
| | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 | 1500 |
| | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 | 1800 |
| | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 | 2100 |
| | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 | 2500 |
| | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 | 3000 |
| | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 | 3500 |
| | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 | 4000 |
| | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 | 4600 |
| | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 | 5200 |
| | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 | 5700 |
| | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 | 6300 |

Таблица П3.13

Припуски на наружное шлифование в центрах, мм

| Диаметр детали | Длина детали, мм | | | | | | |
|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 100 v | 100 v Λ | 300 v Λ | 500 v Λ | 700 v Λ | 1300 v Λ | 2000 v Λ |
| 6...10 | 0,25...0,3 | 0,3...0,35 | 0,35...0,4 | — | — | — | — |
| 10...18 | 0,3...0,35 | 0,35...0,4 | 0,4...0,45 | — | — | — | — |
| 18...30 | 0,35...0,4 | 0,4...0,45 | 0,45...0,5 | — | — | — | — |
| 30...50 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | — | — |
| 50...80 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65...0,7 | 0,7...0,75 | — |
| 80...120 | 0,5... 0,6 | 0,55... 0,65 | 0,6... 0,7 | 0,65... 0,75 | 0,7... 0,8 | 0,75... 0,85 | 0,8... 0,9 |
| 120...180 | 0,6... 0,65 | 0,6... 0,7 | 0,65... 0,75 | 0,7... 0,8 | 0,75... 0,85 | 0,8... 0,9 | 0,85... 0,95 |
| 180...260 | 0,7... 0,8 | 0,7... 0,8 | 0,7... 0,85 | 0,75... 0,85 | 0,8... 0,9 | 0,85... 0,95 | 0,9... 1,0 |
| 260...300 | 0,8... 0,85 | 0,8... 0,85 | 0,8... 0,9 | 0,85... 0,95 | 0,9... 1,0 | 0,95... 1,05 | — |



Таблица ПЗ.14

Операционные припуски на обработку отверстий, мм

| Интервалы диаметров отверстий, мм | После сверления | | | | После зенкерования | | Чистовое развертывание после чистового |
|-----------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|---------------|--------------------|------------------------|--|
| | Зенкерование | Растачивание | Чистовое растачивание | Развертывание | Развертывание | Черновое развертывание | |
| > 3 < 6 | — | — | — | 0,15 | — | 0,15 | 0,15 |
| > 6 < 10 | — | — | — | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| > 10 < 18 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| > 18 < 30 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| > 30 < 50 | 1,5 | 1,5 | 1,0 | — | — | — | — |
| > 50 < 80 | — | 2,0 | 1,0 | — | — | — | — |
| > 80 < 120 | — | 2,0 | 1,3 | — | — | — | — |
| > 120 < 180 | — | 2,0 | 1,5 | — | — | — | — |

Таблица ПЗ.15

Припуски на шлифование отверстий

| Диаметр отверстия, мм | Длина отверстия, мм | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | < 25 | > 25 < 50 | > 50 < 100 | > 100 < 150 | > 150 < 200 | > 200 < 300 |
| < 10 | 0,07... 0,1 | 0,1... 0,12 | — | — | — | — |
| > 10 < 18 | 0,12... 0,15 | 0,12... 0,15 | 0,15... 0,18 | — | — | — |
| > 18 < 30 | 0,12... 0,15 | 0,15... 0,18 | 0,18... 0,22 | 0,20... 0,25 | — | — |
| > 30 < 50 | 0,18... 0,22 | 0,22... 0,27 | 0,25... 0,30 | 0,25... 0,30 | 0,30... 0,35 | 0,40... 0,50 |
| > 50 < 80 | 0,20... 0,25 | 0,25... 0,30 | 0,25... 0,30 | 0,30... 0,35 | 0,40... 0,45 | 0,45... 0,55 |
| > 80 < 120 | 0,25... 0,30 | 0,25... 0,30 | 0,30... 0,35 | 0,40... 0,45 | 0,45... 0,50 | 0,50... 0,60 |
| > 120 < 180 | 0,30... 0,35 | 0,35... 0,40 | 0,40... 0,45 | 0,40... 0,50 | 0,50... 0,60 | 0,55... 0,65 |
| > 180 < 250 | 0,40... 0,45 | 0,45... 0,50 | 0,45... 0,50 | 0,50... 0,55 | 0,60... 0,65 | 0,65... 0,75 |
| > 250 | 0,40... 0,50 | 0,50... 0,55 | 0,50... 0,55 | 0,55... 0,60 | 0,60... 0,70 | 0,65... 0,75 |

Таблица ПЗ.16

Припуски на хонингование отверстий

| Исходное состояние детали | | Операция | Припуск, мкм | После хонингования | |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------|--------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Отклонение формы отверстия, мкм | Параметр шероховатости, R_a , мкм | | | Отклонение формы отверстия, мкм | Параметр шероховатости, R_a , мкм |
| 100...150 | 3,2м6,3 | Первая | 150...200 | 15...20 | 0,8...1,6 |
| | | Вторая | 20...30 | 6...10 | 0,2...0,4 |
| | | Третья | 12...15 | 4...5 | 0,1...0,2 |
| 50...90 | 3,2...6,3 | Первая | 80...120 | 10...18 | 0,8...1,6 |
| | | Вторая | 15...52 | 5...9 | 0,2...0,4 |
| | | Третья | 8...12 | 3...4 | 0,1...0,2 |
| 25...40 | 1,6...3,2 | Первая | 50...70 | 8...12 | 0,4...0,8 |
| | | Вторая | 12...15 | 4...6 | 0,2...0,4 |
| | | Третья | 6...12 | 2...3 | 0,1...0,2 |
| 12...20 | 0,63...2,5 | Первая | 20...35 | 5...9 | 0,2...0,8 |
| | | Вторая | 10...12 | 2...3 | 0,1...0,2 |
| 6...12 | 0,63...2,5 | Первая | 15...20 | 2...4 | 0,2...0,4 |
| | | Вторая | 4...6 | 1...2 | 0,1...0,2 |

Таблица ПЗ.17

Предельные отклонения по диаметру сортового круглого проката из стали, мм

| Диаметр проката, мм | Точность прокатки | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|-----|---------|------|------------|-----|
| | высокая | | обычная | | повышенная | |
| | + | — | + | — | + | — |
| 5; 5,5; 6; 6,5; 7...9 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| 10...19 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| 20...25 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| 26...48 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,4 | 0,7 |
| 50; 52...58 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 1,0 | 0,4 | 1,0 |
| 60; 62; 63; 65; 67; 68 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 0,5 | 1,1 |
| 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 90; 95 | 0,3 | 1,1 | 0,3 | 1,3 | 0,5 | 1,3 |
| 100; 105; 110; 115 | — | — | 0,4 | 1,37 | 0,6 | 1,7 |
| 120; 125; 130; 135 | — | — | 0,6 | 2,0 | 0,8 | 2,0 |



Продолжение табл. ПЗ.17

| Диаметр проката, мм | Точность прокатки | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|---|---------|---|------------|-----|
| | высокая | | обычная | | повышенная | |
| | + | — | + | — | + | — |
| 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200 | — | — | — | — | 0,9 | 2,5 |
| 210; 220; 230; 240; 250 | — | — | — | — | 1,2 | 3,0 |

Таблица ПЗ.18

**Усредненные операционные припуски
на наружное шлифование, мм**

| Диаметр детали | Вариант обработки детали | | | | |
|-------------------|--------------------------|--|--|---|--|
| | Окон- чатель- ное | Черновое после термооб- работки | Чистовое после термооб- работки | Черновое до термо- обработ- ки | Чистовое после термооб- работки |
| > 6 < 10 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| > 10 < 18 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| > 18 < 30 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| > 30 < 50 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| > 50 < 80 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| > 80 < 120 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| > 120 < 180 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,8 |
| > 180 < 260 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,8 |
| > 260 < 360 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,8 |

Таблица ПЗ.19

**Усредненные операционные припуски
на внутреннее шлифование, мм**

| Диаметр детали | Вариант обработки | | | | |
|-------------------|---|-------------------------|---------------|------------------------------------|--|
| | До и после термооб- работки оконча- тельное | После термообработки | | До термо- обработки черновое | После термооб- работки чистовое |
| | | Черно- вое | Чисто- вое | | |
| > 10 < 18 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| > 18 < 30 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| > 30 < 50 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| > 50 < 80 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| > 80 < 120 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| > 120 < 180 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,5 |

Таблица П3.20

Усредненные припуски на фрезерование плоскостей, мм

| Толщина детали | Фрезерование черновое | | | | | | Фрезерование чистовое | | | | | |
|----------------|-----------------------|------------|------------|-------------|----------|------------|-----------------------|------------|----------|-------------|------------|------------|
| | Ширина фрезерования | | | | | | Ширина фрезерования | | | | | |
| | < 200 | | | > 200 < 400 | | | < 200 | | | > 200 < 400 | | |
| | Длина фрезерования | | | | | | | | | | | |
| | 100 V | 100 Λ V | 260 Λ V | 400 Λ V | 100 V | 100 Λ V | 260 Λ V | 400 Λ V | 100 V | 100 Λ V | 260 Λ V | 400 Λ V |
| > 6 < 30 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,5 |
| > 30 < 50 | 1,0 | 1,5 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,7 |
| > 50 | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 1,0 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 2,0 |

Таблица П3.21

Качество поверхности (мкм) сортового проката

| Диаметр проката | Точность прокатки | | | | | |
|-----------------|-------------------|-----|------------|-----|---------|-----|
| | высокая | | повышенная | | обычная | |
| | R_z | h | R_z | h | R_z | h |
| < 30 | 63 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| > 30 < 80 | 100 | 75 | 125 | 150 | 160 | 250 |
| > 80 < 180 | 125 | 100 | 160 | 200 | 250 | 300 |
| > 180 < 250 | 200 | 200 | 250 | 300 | 300 | 400 |

Таблица П3.22

Кривизна профиля сортового проката, мкм на 1 мм

| Характеристика проката | Длина проката, мм | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | < 120 | 120...180 | 180...315 | 315...400 | 400...500 |
| Без правки при точности прокатки: | | | | | |
| обычной | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| повышенной | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| высокой | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Без правки после закалки: | | | | | |
| в печах | 2,0 | 1,3 | 0,9 | 0,6 | 0,5 |
| ТВЧ | 1,0 | 0,6 | 0,45 | 0,3 | 0,15 |
| После правки на прессах | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 |



Таблица П3.23

Качество поверхности отливок

| Литье | Квалитет | R_z , мкм | Для заготовки, h , мкм | | |
|--|----------|-------------|--------------------------|----------|---------------------|
| | | | из чугуна | из стали | из цветных металлов |
| В кокиль | 14...15 | 200 | 300 | 200 | 100 |
| Центробежное | 14...15 | 200 | 300 | 200 | 100 |
| В оболочковые формы для элементов, получаемых: | | | | | |
| в одной полуформе | 11...12 | 40 | 260 | 160 | 100 |
| в обеих полуформах | 14 | 40 | 260 | 160 | 100 |
| под давлением | 11...12 | 50 | — | — | 100 |
| По выплавляемым моделям | 11...12 | 32 | 170 | 100 | 63 |

Примечание. У поперечно-винтового проката при повышенной точности прокатки $\Delta_k = 2$ мкм на 1 мм длины, а при обычной точности $\Delta_k = 4$ мкм на 1 мм.

Таблица П3.24

Отклонения расположения поверхностей отливок

| Отклонения | Литье | | |
|--------------------------------------|------------------|----------|---------------|
| | в песчаные формы | в кокиль | под давлением |
| Коробление Δ_k , мкм на 1 мм: | | | |
| корпусных деталей | 0,3...1,5 | — | — |
| плит | 2,0...3,0 | — | — |

Таблица П3.25

Качество поверхности поковок ($R_z + h$, мкм),
изготавливаемых ковкой

| Наибольший размер поковки, мм | Пресс | | Молот | Подкладные штампы |
|-------------------------------|------------|------------|------------|-------------------|
| | Точность | | | |
| | повышенная | нормальная | нормальная | нормальная |
| < 50 > 180 | 800 | 1000 | 1000 | 750 |
| < 180 > 500 | 1000 | 1500 | 1500 | 1250 |
| < 500 > 1250 | 1500 | 2000 | 2000 | 1500 |
| < 1250 > 3150 | 2000 | 2500 | 2500 | — |
| < 3150 > 6300 | 2500 | 3000 | 3000 | — |
| < 6300 > 10 000 | — | 3500 | 3500 | — |

Продолжение табл. ПЗ.26

| Вид обработки | Диаметр или размер сечения, мм | | | | |
|--|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | < 120 | > 120 < 180 | > 180 < 250 | > 250 < 315 | > 315 < 500 |
| Ковка | 3 | 2 | 1 | 0,8 | 0,6 |
| Механическая обработка: | | | | | |
| обдирочная | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| черновая | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| получистовая | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| После термической обработки (закалка) и правки | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 |

Таблица ПЗ.27

Кривизна Δ_k (мкм на 1 мм) типа валов

| Диаметр поковки Д, мм | После штамповки | После правки на прессах | После термической обработки | |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------|------|
| | | | в печах | ТВЧ |
| < 25 | 4 | 0,20 | 2,5 | 1,25 |
| > 25 < 50 | 3 | 0,15 | 1,5 | 0,75 |
| > 50 < 80 | 2 | 0,12 | 1,5 | 0,75 |
| > 80 < 120 | 1,8 | 0,10 | 1,0 | 0,5 |
| > 120 < 180 | 1,6 | 0,08 | 1,0 | 0,5 |
| > 180 < 260 | 1,4 | 0,06 | — | — |
| > 260 < 360 | 1,2 | — | — | — |
| > 360 < 500 | 1,0 | — | — | — |

Таблица ПЗ.28

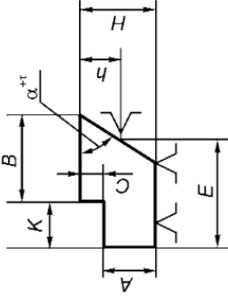
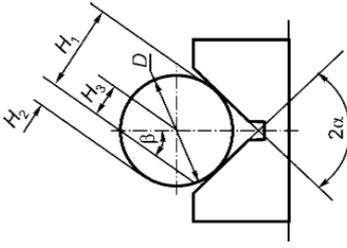
Коэффициент уточнения k_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката

| Технологический переход | k_y |
|----------------------------|-------|
| После обтачивания: | 0,05 |
| однократного черного | 0,06 |
| однократного получистового | 0,05 |
| однократного чистового | 0,04 |
| После шлифования: | |
| чернового | 0,03 |
| чистового | 0,02 |

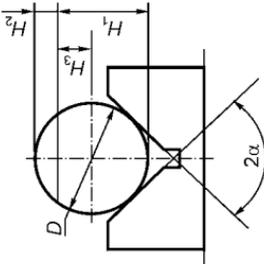
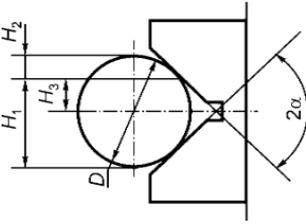


Таблица П3.29

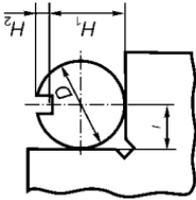
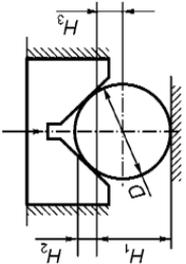
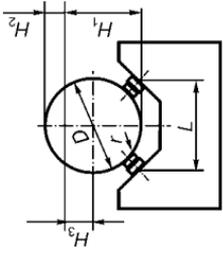
Погрешность базирования при обработке деталей в приспособлениях

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, $\Delta \epsilon_5$ |
|---------|--|--|----------------------|---|
| 1 | По двум плоским поверхностям. Обработка уступа |  | A | 0 |
| | | | B | $T \sin \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$ |
| | | | C | 0 при $\alpha \neq 90^\circ$ |
| | | | K | ТН ТЕ |
| 2 | По наружной цилиндрической поверхности. В призме при обработке плоской поверхности или паза |  | H_1 | $0,5TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 \right)$ при $\beta = \alpha + 90^\circ$ |
| | | | H_2 | $0,5TD \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right)$ при $\beta = 0 + \alpha$ |
| | | | H_3 | $0,5TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$ |
| | | | | где TD — допуск на наружный диаметр заготовки |

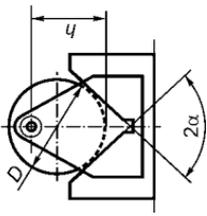
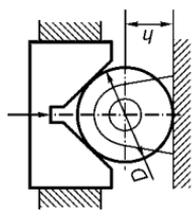
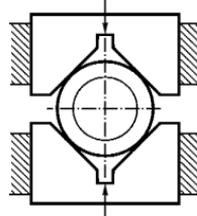
Продолжение табл. ПЗ.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, Δ _{бк} |
|------------|--|--|---|---|
| 3 | По наружной цилиндрической поверхности. В призме при обработке плоской поверхности или лаза при β = 90° |  | <p>H_1</p> <p>H_2</p> <p>H_3</p> | <p>$0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$</p> <p>$0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$</p> <p>$0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}$</p> |
| 4 | По наружной цилиндрической поверхности. В призме при обработке плоской поверхности или лаза при β = 0° |  | <p>H_1</p> <p>H_2</p> <p>H_3</p> | <p>$0,5TD$</p> <p>$0,5TD$</p> <p>0</p> |

Продолжение табл. П3.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, $\Delta_{\text{б}}$ |
|---------|--|--|----------------------|--|
| 5 | В призме при обработке плоской поверхности или паза |  | l | $0,5TD$ |
| | | | H_1 | 0 |
| | | | H_2 | TD |
| 6 | В призме при обработке плоской поверхности или паза при $2\alpha = 180^\circ$ и зажиме призмой |  | H_1 | 0 |
| | | | H_2 | TD |
| | | | H_3 | $0,5TD$ |
| 7 | В призме при обработке плоской поверхности или паза при $2\alpha = 180^\circ$ и зажиме призмой. Призма выполнена со сферическими опорами |  | H_1 | $A - 0,5TD$ |
| | | | H_2 | $A + 0,5TD$ |
| | | | H_3 | A |
| | | | | $A = \sqrt{(r + 0,5D_{\text{min}} + 0,5TD)^2 - 0,5L_2} - \sqrt{(r + 0,5D_{\text{min}})^2 - 0,25L^2}$, где L — расстояние между центрами опор |

Продолжение табл. ПЗ.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, Δ _{бг} |
|------------|--|--|----------------------|---|
| 8 | В призме при сверлении отверстий по кондуктору |  | h | $0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \text{ при } h > 0,5D$ $0,5TD \frac{1}{\sin \alpha} \text{ при } h = 0,5D$ $0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) \text{ при } h < 0,5D$ |
| 9 | В призме при сверлении отверстий по кондуктору при 2α = 180° и зажиме призмой |  | h | 0,5TD при любом h |
| 10 | В призме при сверлении отверстий по кондуктору при 2α = 180° и зажиме призмой (при использовании самоцентрирующихся призм) |  | e | e — эксцентриситет оси отверстий относительно наружной поверхности; e = 0 |

Продолжение табл. ПЗ.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, $\Delta\epsilon_6$ |
|------------|---|-----------------|----------------------|---|
| 11 | По отверстию. На палец установочный цилиндрический (оправку) с зазором при обработке плоской поверхности или паза | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| | | | H_3 | $2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| | | | H_4 | $\delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| 12 | По отверстию. На палец установочный цилиндрический (оправку) с зазором при обработке плоской поверхности или паза (с односторонним прижатием заготовки) | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e + 0,5\delta_2$ |
| | | | H_3 | $2e + 0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$ |
| | | | H_4 | $0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$ |
| 13 | На палец (оправку) с натягом или на разжимную оправку | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e$ |
| | | | H_3 | $2e$ |
| | | | H_4 | 0 |

Продолжение табл. П3.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, Δb_5 |
|------------|--|-----------------|----------------------|---|
| 14 | На палец (оправку) с зазором. Торец заготовки перпендикулярен оси базового отверстия | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta - 2l \operatorname{tg} \alpha$ |
| 15 | На палец (оправку) с зазором. Торец заготовки перпендикулярен оси базового отверстия (с односторонним прижатием заготовки) | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e + 0,5\delta_2 + l \operatorname{tg} \alpha$ |
| 16 | На палец (оправку) без зазора. Торец заготовки перпендикуляр кулярен оси базового отверстия | | L_1 | $\delta_L + 2l \operatorname{tg} \gamma$ |



Продолжение табл. П3.29

| № схемы | Базирование | Схема установки | Выдерживаемый размер | Погрешность базирования при обработке заготовок в приспособлениях, $\Delta \epsilon_6$ |
|------------|--|-----------------|------------------------------|--|
| 17 | По центровым гнездам. На жесткий передний центр | | L_1 $L_2; L_3$ L_4 | $\delta_L + \Delta_{\text{н}}$ $\Delta_{\text{н}} = \frac{\delta_d}{\text{tg}\alpha}$ 0 |
| 18 | По центровым гнездам. На жесткий передний центр (с использованием плавающего переднего центра) | | L_1 $L_2; L_3; L_4$ | δ_L 0 |
| 19 | По двум отверстиям. На пальцах при обработке верхней поверхности | | h_1 h_2 | $2\Delta + \delta_1 + \delta_2$ $(2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \left(\frac{2l_1 + l}{l} \right)$ |

Примечания:

1. На схемах 10... 16 и 19: H_3 — размер от обрабатываемой поверхности до оси наружной поверхности; H_4 — то же, до оси отверстия; e — эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия; δ_L — допуск на диаметр отверстия; δ_2 — допуск на диаметр пальца; Δ — минимальный радиальный зазор посадки заготовки на палец; δ_1 — допуск на длину заготовки.

2. Погрешность базирования в схемах 11... 16 включает погрешность приспособления $\Delta_{Бпр}$.

3. На схеме 17: δ_d — допуск на диаметр центрального гнезда; α — половина угла центрального гнезда; $\Delta_{ц}$ — погрешность глубины центрального гнезда (просадка центра). При угле центра $2\alpha = 60^\circ$ просадку центров $\Delta_{ц}$ можно принимать по таблице:

| | | | | | |
|--|-----------|---------|----------|----------|--------|
| Наибольший диаметр центрального гнезда, мм | 1; 2; 2,5 | 4; 5; 6 | 7; 5; 10 | 12,5; 15 | 20; 30 |
| $\Delta_{ц}$, мм | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,25 |

Таблица ПЗ.30

Допуски линейных размеров отливок, мм

| Интервал номинальных размеров, мм | Класс точности отливок | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 1 | 2 | 3г | 3 | 4 | 5г | 5 | 6 | 7г | 7 | 8 | |
| До 4 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | |
| Св. 4 до 6 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,70 | |
| Св. 6 до 10 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | 0,80 | |
| Св. 10 до 16 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,70 | 0,90 | |
| Св. 16 до 25 | 0,10 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | 0,80 | 1,00 | |
| Св. 25 до 40 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | |
| Св. 40 до 63 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | |

Продолжение табл. П3.30

| Интервал номинальных размеров, мм | Класс точности отливок | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3г | 3 | 4 | 5г | 5 | 6 | 7г | 7 | 8 | Класс точности отливок | | | | | | | |
| | 9г | 9 | 10 | 11г | 11 | 12 | 13г | 13 | 14 | 15 | 16 | Класс точности отливок | | | | | | | |
| Св. 63 до 100 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,40 | | | | | | | | |
| Св. 100 до 160 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,60 | | | | | | | | |
| Св. 160 до 250 | — | — | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,56 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,40 | 1,80 | | | | | | | | |
| Св. 250 до 400 | — | — | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,64 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,60 | 2,00 | | | | | | | | |
| Св. 400 до 630 | — | — | — | — | 0,56 | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,40 | 1,80 | 2,20 | | | | | | | | |
| Св. 630 до 1000 | — | — | — | — | — | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,60 | 2,00 | 2,40 | | | | | | | | |
| Св. 1000 до 1600 | — | — | — | — | — | — | — | 1,40 | 1,80 | 2,20 | 2,80 | | | | | | | | |
| Св. 1600 до 2500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,00 | 2,40 | 3,20 | | | | | | | | |
| Св. 2500 до 4000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3,20 | 3,60 | | | | | | | | |
| Св. 4000 до 6300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| Св. 6300 до 10 000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| Св. 10 000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| Интервал номинальных размеров, мм | Класс точности отливок | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| До 4 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| Св. 4 до 6 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,8 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |

Продолжение табл. П3.30

| Интервал номинальных размеров, мм | Класс точности отливок | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|----|----|----|--|--|--|--|--|
| | 9г | 9 | 10 | 11г | 11 | 12 | 13г | 13 | 14 | 15 | 16 | | | | | |
| Св. 6 до 10 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | — | — | — | | | | | |
| Св. 10 до 16 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7 | — | — | | | | | |
| Св. 16 до 25 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8 | 10 | 12 | | | | | |
| Св. 25 до 40 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9 | 11 | 14 | | | | | |
| Св. 40 до 63 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10 | 12 | 16 | | | | | |
| Св. 63 до 100 | 1,8 | 2,2 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 11 | 14 | 18 | | | | | |
| Св. 100 до 160 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12 | 16 | 20 | | | | | |
| Св. 160 до 250 | 2,2 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 14 | 18 | 22 | | | | | |
| Св. 250 до 400 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16 | 20 | 24 | | | | | |
| Св. 400 до 630 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 14,0 | 18 | 22 | 28 | | | | | |
| Св. 630 до 1000 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20 | 24 | 32 | | | | | |
| Св. 1000 до 1600 | 3,6 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 14,0 | 18,0 | 22 | 28 | 36 | | | | | |
| Св. 1600 до 2500 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 24 | 32 | 40 | | | | | |
| Св. 2500 до 4000 | 4,4 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 14,0 | 18,0 | 22,0 | 28 | 36 | 44 | | | | | |
| Св. 4000 до 6300 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 32 | 40 | 50 | | | | | |
| Св. 6300 до 10 000 | — | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 32,0 | 40 | 50 | 64 | | | | | |
| Св. 10 000 | — | — | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 32,0 | 40,0 | 50 | 64 | 80 | | | | | |

| Масса поковки, кг | Группа стали | | | Степень сложности поковки | | | | Класс точности поковки | | | | | Исходный индекс |
|--------------------|--------------|----|----|---------------------------|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|-----------------|
| | M1 | M2 | M3 | C1 | C2 | C3 | C4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| До 0,5 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| св. 0,5 до 1,0 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| св. 1,0 до 1,8 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| св. 1,8 до 3,2 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| св. 3,2 до 5,6 | | | | | | | | | | | | | 5 |
| св. 5,6 до 10,0 | | | | | | | | | | | | | 6 |
| св. 10,0 до 20,0 | | | | | | | | | | | | | 7 |
| св. 20,0 до 50,0 | | | | | | | | | | | | | 8 |
| св. 50,0 до 125,0 | | | | | | | | | | | | | 9 |
| св. 125,0 до 250,0 | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | | | | | | | | | | | | | 11 |
| | | | | | | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | | | | | | 13 |
| | | | | | | | | | | | | | 14 |
| | | | | | | | | | | | | | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | 16 |
| | | | | | | | | | | | | | 17 |
| | | | | | | | | | | | | | 18 |
| | | | | | | | | | | | | | 19 |
| | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | 21 |
| | | | | | | | | | | | | | 22 |
| | | | | | | | | | | | | | 23 |

Рис. ПЗ
Определение исходного индекса поковок

Таблица П3.31

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

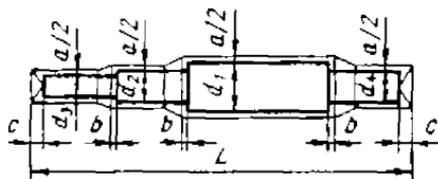
| Исходный индекс | | Наибольшая толщина поковки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|--|--------------|---------|--------------|----------|-----|--------------|-----|-----------|--------------|-----------|-----|--------------|-----|------------|--------------|-------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| | | Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки | | | | | | | | | | | | | | | | | 1600...2500 | | | | | | | | | | |
| | | до 40 | | 40...63 | | 63...100 | | 100...160 | | 160...250 | | 250...400 | | 400...630 | | 630...1000 | | 1000...1600 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | | | | | | | | |
| 1 | +0,2 -0,1 | 0,4 | +0,3 -0,1 | 0,5 | +0,3 -0,2 | 0,5 | 0,6 | +0,4 -0,2 | 0,7 | 0,8 | +0,5 -0,2 | 0,9 | 1,0 | +0,6 -0,3 | 1,0 | 1,2 | +0,7 -0,3 | 1,2 | +0,8 -0,4 | 1,4 | +0,9 -0,5 | 1,6 | +1,1 -0,5 | 2,0 | +1,3 -0,7 | 2,2 | +1,4 -0,8 | 2,5 | +1,6 -0,9 |
| 2 | +0,3 -0,1 | 0,5 | +0,3 -0,2 | 0,5 | +0,4 -0,2 | 0,5 | 0,7 | +0,5 -0,2 | 0,8 | 0,9 | +0,6 -0,3 | 1,0 | 1,2 | +0,7 -0,3 | 1,2 | 1,4 | +0,8 -0,4 | 1,4 | +0,9 -0,5 | 1,6 | +1,1 -0,5 | 2,0 | +1,3 -0,7 | 2,2 | +1,4 -0,8 | 2,5 | +1,6 -0,9 | 2,8 | +1,8 -1,0 |
| 3 | +0,3 -0,2 | 0,6 | +0,4 -0,2 | 0,7 | +0,5 -0,2 | 0,8 | 0,9 | +0,6 -0,3 | 1,0 | 1,2 | +0,7 -0,3 | 1,2 | 1,4 | +0,8 -0,4 | 1,4 | 1,6 | +0,9 -0,5 | 1,6 | +1,1 -0,5 | 2,0 | +1,3 -0,7 | 2,2 | +1,4 -0,8 | 2,5 | +1,6 -0,9 | 2,8 | +1,8 -1,0 | 3,2 | +2,1 -1,1 |
| 4 | +0,4 -0,2 | 0,7 | +0,5 -0,2 | 0,8 | +0,6 -0,3 | 0,9 | 1,0 | +0,7 -0,3 | 1,2 | 1,4 | +0,8 -0,4 | 1,4 | 1,6 | +0,9 -0,5 | 1,6 | 1,8 | +1,0 -0,6 | 1,8 | +1,1 -0,6 | 2,2 | +1,4 -0,8 | 2,4 | +1,6 -0,9 | 2,8 | +1,8 -1,0 | 3,2 | +2,1 -1,1 | 3,6 | +2,4 -1,2 |
| 5 | +0,5 -0,2 | 0,8 | +0,6 -0,3 | 0,9 | +0,7 -0,3 | 1,0 | 1,2 | +0,8 -0,4 | 1,4 | 1,6 | +0,9 -0,5 | 1,6 | 1,8 | +1,0 -0,6 | 1,8 | 2,0 | +1,1 -0,6 | 2,0 | +1,2 -0,7 | 2,4 | +1,5 -0,9 | 2,6 | +1,7 -1,0 | 3,0 | +1,9 -1,1 | 3,4 | +2,1 -1,2 | 3,8 | +2,3 -1,3 |
| 6 | +0,5 -0,3 | 0,9 | +0,6 -0,3 | 1,0 | +0,7 -0,3 | 1,0 | 1,2 | +0,8 -0,4 | 1,4 | 1,6 | +0,9 -0,5 | 1,6 | 1,8 | +1,0 -0,6 | 1,8 | 2,0 | +1,1 -0,6 | 2,0 | +1,2 -0,7 | 2,4 | +1,5 -0,9 | 2,6 | +1,7 -1,0 | 3,0 | +1,9 -1,1 | 3,4 | +2,1 -1,2 | 3,8 | +2,3 -1,3 |
| 7 | +0,6 -0,3 | 1,0 | +0,7 -0,3 | 1,2 | +0,8 -0,4 | 1,2 | 1,4 | +0,9 -0,5 | 1,6 | 1,8 | +1,0 -0,6 | 2,0 | 2,2 | +1,1 -0,7 | 2,2 | 2,4 | +1,2 -0,7 | 2,4 | +1,3 -0,8 | 2,8 | +1,6 -1,0 | 3,0 | +1,8 -1,1 | 3,4 | +2,0 -1,2 | 3,8 | +2,2 -1,3 | 4,2 | +2,4 -1,4 |
| 8 | +0,7 -0,3 | 1,2 | +0,8 -0,4 | 1,4 | +0,9 -0,5 | 1,4 | 1,6 | +1,0 -0,6 | 1,6 | 1,8 | +1,1 -0,6 | 2,0 | 2,2 | +1,2 -0,7 | 2,2 | 2,4 | +1,3 -0,8 | 2,4 | +1,4 -0,9 | 2,8 | +1,7 -1,1 | 3,0 | +1,9 -1,2 | 3,4 | +2,1 -1,3 | 3,8 | +2,3 -1,4 | 4,2 | +2,5 -1,5 |



Продолжение табл. ПЗ.31

| Исходный индекс | | Наибольшая толщина поковки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|--|-----|--------------|-----|--------------|------|-----------|--------------|-----------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | | до 40 | | 40...63 | | 63...100 | | 100...160 | | 160...250 | | 250...400 | | 400...630 | | 630...1000 | | 1000...1600 | | 1600...2500 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 4,0 | +2,7 -1,3 | 4,5 | +3,0 -1,5 | 5,0 | +3,3 -1,7 | 5,6 | 5,6 | +3,7 -1,9 | 6,3 | 6,3 | +4,2 -1,9 | 7Д | +4,7 -2,4 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 10,0 | +6,0 -3,0 | 10,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 12,0 | +8,0 -4,0 | +8,6 -4,4 |
| 19 | 4,5 | +3,0 -1,5 | 5,0 | +3,3 -1,7 | 5,6 | +3,7 -1,9 | 6,3 | 6,3 | +4,2 -2,1 | 7,1 | 7,1 | +4,7 -2,4 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | +6,0 -3,0 | 9,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 10,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | +7,4 -3,6 | 11,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 12,0 | +8,0 -4,0 | +8,6 -4,4 | |
| 20 | 5,0 | +3,3 -1,7 | 5,6 | +3,7 -1,0 | 6,3 | +4,2 -2,1 | 7,1 | 7,1 | +4,7 -2,4 | 8,0 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | +6,0 -3,0 | 9,0 | +6,7 -3,6 | 10,0 | +7,4 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | +7,4 -3,6 | 11,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 12,0 | +8,0 -4,0 | +8,6 -4,4 | |
| 21 | 5,6 | +3,7 -1,9 | 6,3 | +4,2 -2,1 | 7,1 | +4,7 -2,4 | 8,0 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | 9,0 | +6,0 -3,0 | 10,0 | +6,7 -3,6 | 10,0 | +7,4 -3,6 | 11,0 | +8,0 -4,0 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 12,0 | +7,4 -3,6 | 12,0 | +8,0 -4,0 | 12,0 | +7,4 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 13,0 | +8,0 -4,0 | +8,6 -4,4 | |
| 22 | 6,3 | +4,2 -2,1 | 7,1 | +4,7 -2,4 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | 9,0 | +6,0 -3,0 | 10,0 | 10,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | +7,4 -3,6 | 11,0 | +8,0 -4,0 | 12,0 | +8,6 -4,4 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 13,0 | +7,4 -3,6 | 13,0 | +8,0 -4,0 | 13,0 | +7,4 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 14,0 | +8,6 -4,4 | +9,2 -4,8 | |
| 23 | 7,1 | +4,7 -2,4 | 8,0 | +5,3 -2,7 | 9,0 | +6,0 -3,0 | 10,0 | 10,0 | +6,7 -3,6 | 11,0 | 11,0 | +7,4 -3,6 | 12,0 | +8,0 -4,0 | 12,0 | +8,6 -4,4 | 13,0 | +9,2 -4,8 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 14,0 | +7,4 -3,6 | 14,0 | +8,0 -4,0 | 14,0 | +7,4 -3,6 | +6,0 -3,0 | +6,7 -3,6 | 16,0 | +9,2 -4,8 | +10,0 -6,0 | |

Припуски и допуски (мм) на штамповку ступенчатого



| Общая длина L (мм), твердость заготовки | Припуск | Диаметр | | | |
|---|---------|-----------------|-----------------|----------------|--|
| | | 5 | 6...10 | 11...15 | |
| До 60 | a | $0,75 \pm 0,05$ | $0,50 \pm 0,05$ | $0,25 \pm 0,1$ | |
| 61...120 | | $1,50 \pm 0,1$ | $0,75 \pm 0,05$ | $0,50 \pm 0,1$ | |
| 121...180 | | — | $1 \pm 0,1$ | $0,75 \pm 0,1$ | |
| 181...240 | | — | $2 \pm 0,1$ | $1,5 \pm 0,1$ | |
| 241...360 | | — | — | $2,5 \pm 0,2$ | |
| 361...480 | | — | — | — | |
| 481...600 | | — | — | — | |
| 601...720 | | — | — | — | |
| 721...840 | | — | — | — | |
| 841...1000 | | — | — | — | |
| Св. 1000 | | — | — | — | |
| До 1000 | b | $0,5 \pm 0,2$ | $0,5 \pm 0,2$ | $1 \pm 0,5$ | |
| Св. 1000 | | — | — | — | |
| НИВ < 83 | c | $5 \pm 0,5$ | 10 ± 1 | 15 ± 1 | |
| HRB > 83 | | $2,5 \pm 0,5$ | $5 \pm 0,5$ | $7 \pm 0,5$ | |

вала при холодном ротационном обжиге

| заготовки, мм | | | | | |
|---------------|----------|----------|-----------|---------|---------|
| | 16...20 | 21...30 | 31...40 | 41...50 | 51...55 |
| | — | — | — | — | — |
| | 0,50±0,1 | 0,50±0,1 | 0,75±0,10 | — | — |
| | 0,75±0,1 | 0,75±0,1 | 1,0±0,10 | 1,5±0,2 | 1,8±0,5 |
| | 1±0,1 | 1±0,1 | 1,5±0,2 | 1,5±0,2 | 2±0,5 |
| | 2±0,2 | 1,5±0,2 | 1,8±0,2 | 1,8±0,2 | 2,2±0,5 |
| | 2,5±0,5 | 2±0,5 | 2,1±0,5 | 2,2±0,5 | 2,5±0,5 |
| | — | 3±0,5 | 2,5±0,5 | 2,5±0,5 | 3±0,5 |
| | — | — | 4,0±0,5 | 3,5±0,5 | 3,5±0,5 |
| | — | — | — | 4,5±0,5 | 4±0,5 |
| | — | — | — | 6±0,5 | 5±0,5 |
| | — | — | — | — | 6±0,5 |
| | 1±0,5 | 1,5±0,5 | 2±1 | 2,5±1 | 3±1 |
| | 2±1 | 3±1 | 4±2 | 5±2 | 6±2 |
| | 20±1 | 30±1,5 | 40±1,5 | 50±1,5 | 65±2 |
| | 10±1 | 15±1 | 20±1 | 25±1,5 | 30±1,5 |

Примечание. Величина s для заготовок диаметром 5...15 мм относится к заготовкам с $L < 1000$ мм; для заготовок диаметром 16...55 мм величина s одинакова для $L < 1000$ мм и для $L > 1000$ мм. Припуск a на диаметры $d_1...d_4$ одинаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматические линии в машиностроении : справочник / под ред. А. И. Даценко. — М. : Машиностроение, 1984. — Т. 1–3.
2. Амиров, Ю. Д. Технологичность конструкции изделий : справочник. — М. : Машиностроение, 2002. — 568 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. — 6-е изд., перераб. — М. : Машиностроение, 2001. — Т. 1–3.
4. Баранчиков, В. И. Обработка специальных материалов в машиностроении : справочник. — М. : Машиностроение, 2002. — 264 с.
5. Баранчукова, И. М. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения : учебник / И. М. Баранчукова [и др.] — М. : Машиностроение, 1990. — 416 с.
6. Бурцев, В. М. Технология машиностроения : учебник для вузов : в 2 т. / под ред. А. М. Дальского. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999.
7. Вардашкин, Б. Н. Станочные приспособления : справочник. — М. : Машиностроение, 1984. — Т. 1, 2.
8. Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора. — Л. : Машиностроение, 1983. — 464 с.
9. Единая система технологической документации : справ. пособие. — М. : Изд-во стандартов, 1992. — 325 с.
10. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учебник. — М. : Машиностроение, 1999. — 591 с.
11. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник. — Л. : Машиностроение, 1985. — 512 с.
12. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения : учебник / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. — Минск : Выш. шк., 1997. — 423 с.
13. Митрофанов, С. П. Групповая технология машиностроительно-го производства : в 2 т. — Л. : Машиностроение, 1983.
14. Мягков, В. Д. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. Ч. 1. 6-е изд., перераб. / В. Д. Мягков, М. А. Палей. — Л. : Машиностроение, 1979. — 489 с.
15. Мягков, В. Д. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. Ч. 2. 6-е изд., перераб. / В. Д. Мягков, М. А. Палей. — Л. : Машиностроение, 1982. — 543 с.
16. Новиков, В. Ю. Технология станкостроения / В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе. — М. : Машиностроение, 1985. — 184 с.
17. Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. — М. : Машиностроение, 1980. — 592 с.



18. Орлов, П. И. Основы конструирования : справ.-метод. пособие : в 2 кн. Кн. 1. 3-е изд., испр. / под ред. П. Н. Учаева. — М. : Машиностроение, 1988. — 560 с.
19. Орлов, П. И. Основы конструирования : справ.-метод. пособие : в 2 кн. Кн. 2. 3-е изд., испр. / под ред. П. Н. Учаева. — М. : Машиностроение, 1988. — 544 с.
20. Панов, А. А. Обработка металлов резанием : справочник технолога. — М. : Машиностроение, 1988. — 736 с.
21. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.] — Л. : Машиностроение, 1987. — 846 с.
22. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. 5-е изд., перераб. / под ред. А. М. Данченко. — М. : Машиностроение, 2001. — 912 с.
23. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. 5-е изд., перераб. / под ред. А. М. Данченко. — М. : Машиностроение, 2001. — 944 с.
24. Сулов, А. Г. Научные основы технологии машиностроения. — М. : Машиностроение, 2002. — 684 с.
25. Сысоев, С. К. Оформление технологических процессов в курсовых и дипломных проектах : метод. указ. / С. К. Сысоев, В. А. Левко. — Красноярск : КИКТ, 1989. — 62 с.
26. Сысоев, С. К. Разработка технологического процесса изготовления деталей механической обработкой / С. К. Сысоев, В. А. Левко. — Красноярск : САА, 1993. — 59 с.
27. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Теоретические основы технологии машиностроения : курс лекций / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев. — Красноярск : САА, 1998. — 137 с.
28. Технология машиностроения : сб. задач и упражнений : учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. В. И. Аверченкова, Е. А. Польского. — М. : ИНФРА-М, 2005. — 288 с.
29. Троицкий, В. А. Инженерные расчеты на ЭВМ : справ. пособие. — Л. : Машиностроение, 1981. — 391 с.
30. Филиппов, Ю. А. Проектирование машиностроительного производства : справ.-учеб. пособие для студентов технических специальностей / Ю. А. Филиппов, Н. А. Амельченко. — Красноярск : СибГАУ, 2004. — 88 с.
31. Худобин, Л. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. — М. : Машиностроение, 1989. — 288 с.
32. Худобин, Л. В. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам : учеб. пособие / Л. В. Худобин [и др.] — М. : Машиностроение, 1986. — 288 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| Список принятых сокращений | 3 |
| Предисловие | 4 |
| Введение | 7 |
| <i>Глава первая</i> | |
| Исходная информация при проектировании технологического процесса изготовления машин | 10 |
| 1.1. Общие положения. Основные понятия и определения | 10 |
| 1.2. Виды исходной информации | 18 |
| 1.3. Технологичность конструкции изделия | 19 |
| 1.4. Анализ исходной информации при разработке технологического процесса изготовления детали | 27 |
| 1.5. Анализ исходной информации при разработке технологического процесса сборки изделия | 36 |
| <i>Глава вторая</i> | |
| Основы проектирования технологического процесса сборки машин | 82 |
| 2.1. Общие понятия о сборке и формах ее организации | 82 |
| 2.2. Особенности технологического процесса сборки | 90 |
| 2.3. Этапы технологической подготовки процесса сборки изделия | 91 |
| 2.4. Механизация и автоматизация сборочных процессов | 98 |
| <i>Глава третья</i> | |
| Основы проектирования технологического процесса изготовления деталей | 102 |
| 3.1. Выбор вида, способа получения и формы заготовок | 102 |
| 3.2. Обоснование выбора вида заготовки | 109 |
| 3.3. План обработки основных поверхностей деталей | 152 |
| 3.4. Последовательность обработки основных поверхностей детали | 153 |
| 3.5. Разделение технологического процесса на этапы | 154 |
| 3.6. Формирование плана операций (технологии маршрутного описания) | 156 |
| 3.7. Выбор оборудования | 157 |
| 3.8. Проектирование операций технологического процесса механической обработки заготовок | 159 |
| 3.9. Расчет режимов резания | 192 |

*Глава четвертая***Общие этапы проектирования****технологических процессов**

| | |
|---|-----|
| сборки и механической обработки деталей | 208 |
| 4.1. Проектирование специального инструмента | 208 |
| 4.2. Проектирование специальных средств оснащения | 213 |
| 4.3. Проектирование или модернизация оборудования | 220 |
| 4.4. Разработка планировки цеха | 228 |
| 4.5. Совершенствование технологических процессов | 229 |

*Глава пятая***Документирование технологических процессов****сборки изделий и изготовления**

| | |
|--|-----|
| деталей механической обработкой | 230 |
| 5.1. Группы и виды технологических процессов | 230 |
| 5.2. Общие указания по разработке технологических процессов | 232 |
| 5.3. Унификация технологических процессов | 249 |

| | |
|-------------------------|-----|
| Заключение | 264 |
|-------------------------|-----|

| | |
|-------------------------|-----|
| Приложения | 265 |
|-------------------------|-----|

| | |
|----------------------------|-----|
| Приложение 1. | 266 |
|----------------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| П1.1. Технологический процесс механической обработки | 266 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| П1.2. Технологический процесс сборки | 275 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| Приложение 2. Вспомогательные таблицы для заполнения граф технологического процесса | 283 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.1. Указатель кодов технологических документов и их видов | 283 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.2. Указатель кодов на режущий инструмент, измерительные средства и технологическую оснастку (выборочно) | 284 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.3. Указатель кодов основных видов заготовок в машиностроении (выборочно) | 287 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.4. Указатель кодов операций и соответствующих им кодов технологического оборудования (выборочно) | 287 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.5. Указатель кода профессий в машиностроении (выборочно) | 289 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.6. Наименование технологических операций и переходов операции обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79) | 290 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.7. Слесарные и слесарно-сборочные операции (ГОСТ 3.1703-79) | 292 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.8. Классификатор кодов для формирования переменной части технологического кода деталей, обрабатываемых резанием | 293 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.9. Перечень операций сборки (ГОСТ 3.1703-79) | 297 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.10. Примерная запись операций и переходов сборки (ГОСТ 3.1703-79) | 298 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.11. Ключевые слова технологических переходов (ГОСТ 3.1703-79) | 299 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| П2.12. Пример заполнения наименований обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов, предметов производства и дополнительной информации (ГОСТ 3.1703-79) | 300 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| П2.13. Операции обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79) | 301 |
| П2.14. Ключевые слова технологических переходов обработки резанием. Коды (ГОСТ 3.1792-79) | 304 |
| П2.15. Наименование обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов. Коды (ГОСТ 3.1702-79) | 305 |
| Приложение 3. Вспомогательные таблицы для выполнения технологических расчетов | 306 |
| ПЗ.1. Поля допусков по системе ОСТ и соответствующие поля допусков по ЕСДП для номинальных размеров 1...500 мм | 306 |
| ПЗ.2. Шероховатость поверхности Ra (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей | 307 |
| ПЗ.3. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей (для сталей) | 308 |
| ПЗ.4. Точность и качество поверхности при обработке отверстий | 309 |
| ПЗ.5. Точность и качество поверхности при обработке плоских поверхностей | 311 |
| ПЗ.6. Погрешность установки заготовки в патронах без выверки | 312 |
| ПЗ.7. Погрешность установки заготовки на постоянные опоры в приспособлениях | 313 |
| ПЗ.8. Выбор марок твердого сплава для режущего инструмента при различных вида обрабатываемого материала | 317 |
| ПЗ.9. Припуск на механическую обработку чугунных отливок (ГОСТ 1855-75), мм | 318 |
| ПЗ.10. Припуск на механическую обработку стальных отливок (ГОСТ 1855-85), мм | 319 |
| ПЗ.11. Значение допусков (ГОСТ 25346-82), мкм | 320 |
| ПЗ.12. Операционные припуски на диаметр детали при обтачивании, мм | 320 |
| ПЗ.13. Припуски на наружное шлифование в центрах, мм | 321 |
| ПЗ.14. Операционные припуски на обработку отверстий, мм | 322 |
| ПЗ.15. Припуски на шлифование отверстий | 322 |
| ПЗ.16. Припуски на хонингование отверстий | 323 |
| ПЗ.17. Предельные отклонения по диаметру сортового круглого проката из стали, мм | 323 |
| ПЗ.18. Усредненные операционные припуски на наружное шлифование, мм | 324 |
| ПЗ.19. Усредненные операционные припуски на внутреннее шлифование, мм | 324 |
| ПЗ.20. Усредненные припуски на фрезерование плоскостей, мм | 325 |
| ПЗ.21. Качество поверхности (мкм) сортового проката | 325 |
| ПЗ.22. Кривизна профиля сортового проката, мкм на 1 мм | 325 |
| ПЗ.23. Кривизна профиля сортового проката, мкм на 1 мм | 326 |

| | |
|---|------------|
| ПЗ.24. Отклонения расположения поверхностей отливок | 326 |
| ПЗ.25. Качество поверхности поковок ($Rz + h$, мкм), изготавливаемых ковкой | 326 |
| ПЗ.26. Кривизна Δ_k (мкм на 1 мм) для поковок | 326 |
| ПЗ.27. Кривизна Δ_k (мкм на 1 мм) типа валов | 327 |
| ПЗ.28. Коэффициент уточнения k_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката | 327 |
| ПЗ.29. Погрешность базирования при обработке деталей в приспособлениях | 328 |
| ПЗ.30. Допуски линейных размеров отливок, мм | 335 |
| ПЗ.31. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм | 339 |
| ПЗ.32. Припуски и допуски (мм) на штамповку ступенчатого вала при холодном ротационном обжиге | 343 |
| Литература | 344 |

*Сергей Константинович СЫСОЕВ
Александр Сергеевич СЫСОЕВ
Валерий Анатольевич ЛЕВКО*

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**
Учебное пособие

Зав. редакцией инженерно-технической
литературы *К. Е. Житков*
Художественный редактор *С. Ю. Малахов*
Редактор *В. Г. Даниленко*
Технический редактор *Е. Е. Егорова*
Корректоры *В. С. Герасименко, А. М. Плетнева*
Подготовка иллюстраций *Е. И. Егорова*
Верстка *М. И. Хетерели*
Выпускающие *Ю. Г. Бакшанова, Д. А. Щепелева*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.07.953.П.007216.04.10
от 21.04.2010 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»

192029, Санкт-Петербург, Общественный пер., 5.
Тел./факс: (812)412-29-35, 412-05-97, 412-92-72.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 03.05.11.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108¹/₃₂.
Печать офсетная. Усл. п. л. 18,48. Тираж 1000 экз.

Заказ № .

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов
в ОАО «Издательско-полиграфическое предприятие «Правда Севера».
163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, д. 32.