

Лекция №5

Разработка маршрута обработки

Требования к заготовке. Подготовка чистовых баз.

Выбор оборудования для обработки деталей.

Операционные ТП обработки деталей на станках с ЧПУ.

**Последовательность обработки на токарных и
фрезерных станках с ЧПУ. Последовательность
обработки отверстий. Последовательность обработки
на многоцелевых станках**

Технические условия на поставку заготовок и деталей

Основным содержанием документа являются требования к базовым размерам и поверхностям.

Для **фрезерных станков** при базирование детали по «чистым» плоскостям и технологическим отверстиям (*наиболее оптимальный вариант*), служащим базами и для последующих операций ТУ включают:

1. **Допуск на коробление базовой плоскости** при измерении на плите щупом;
2. **Допуски на диаметр базовых отверстий и межцентровое расстояние.**
3. **Схему размещения технологических отверстий в специальных, заранее предусматриваемых приливах.**

В случае задания «чистых» баз по контуру заготовки указывают **базирование** выполняемое при помощи различных базирующих упоров.

При **отсутствии «чистых» баз для заготовок**, получаемых методами штамповки или точного литья, указывают **базирование для первой операции** выполняемое с помощью **ложементов**, отливаемых из алюминиевых сплавов или эпоксидных смол

Основные рекомендации по выбору схем базировании деталей для обработки на фрезерных станках с ЧПУ:

1. Если деталь обрабатывается **не полностью**, то в качестве черновой базы следует использовать поверхность, которая остается **необработанной**. Если деталь обрабатывается **полностью**, то в качестве черновой базы рекомендуется использовать поверхность, имеющую **наименьший припуск на обработку**. После однократного использования черновой базы необходимо переходить к применению чистовой или получистовой базы. **Вторичное использование черновой базы недопустимо.**

2. В качестве технологической базы следует стремиться использовать **конструкторскую базу** (принцип совмещения баз) или назначать в технологическом процессе **минимальное число баз** (принцип единства баз).

3. Схема **силового замыкания**, особенно при выборе **чистовых баз**, должна обеспечить минимально необходимое усилие закрепления и деформацию детали под действием сил закрепления.

4. Технологические базы, кроме обеспечения неизменного положения обрабатываемых поверхностей детали относительно установочных и направляющих поверхностей, должны удовлетворять, так же, условиям совмещения направления координатных осей детали с осями координат станка и расположения исходной точки инструмента («нуля детали») в заданной точке системы координат станка.

Иногда для базирования и закрепления заготовок применяют метод технологических (искусственных) базовых и крепежных отверстий.

Выбор оборудования для обработки деталей различных групп

Осуществляют на этапе разработки принципиальной схемы маршрутного ТП. При этом выполняют следующие виды работ:

1. Определяют типы станков с ЧПУ, которые требуются для обработки данной детали;
2. Проводят детализацию оборудования для каждой операции, выполняемой на конкретной модели станка;
3. Оценивают эффективность обработки деталей по совокупности показателей таких как, производительность станка; технологическая себестоимость обработки; эксплуатационная и технологическая надежность оборудования; достигаемое качество обработки деталей (точность размеров, точность взаимного расположения поверхностей и шероховатость последних);
4. Оценивают величину затрат на подготовку производства.

При автоматизированном проектировании ТП оборудование выбирают на основе **информационных моделей**, построенных на базе **функций приоритетов**, позволяющих для каждой конкретной детали судить о показателях качества оборудования (различных станков): производительности, себестоимости, точности, затратах на подготовку производства.

Оборудования для деталей типа тел вращения

(пальцы, диски, зубчатые колеса, фланцы, стаканы, сепараторы, втулки, валы, шпиндели и др.)

При подборе номенклатуры деталей для обработки их на станках с ЧПУ детали этого класса разбивают **на две подгруппы**:

- 1) детали, подлежащие обработке на **патронных токарных** станках (зубчатые колеса, фланцы, кольца, сепараторы, втулки и др.);
- 2) детали, подлежащие обработке на **центровых токарных** станках (ступенчатые валы, шпиндели, ходовые винты и т. д.).

При подборе **деталей первой подгруппы** необходимо учитывать, что для их обработки могут потребоваться **несколько групп станков**, поскольку подобные детали могут иметь много переходов и сложную конфигурацию, поэтому станки должны быть оснащены либо большим количеством инструментов либо на участке должно быть несколько станков, что создает предпосылки для создания замкнутых участков из станков с ЧПУ. Если требуется дополнительная обработка деталей (сверление, фрезерование, шлифование), то применяют станки с ЧПУ других групп или токарные многоцелевые станки.

При подборе **деталей второй подгруппы** их черновую **обработку** целесообразно производить на **одноинструментальных** токарных станках с ЧПУ. Для **получистовой**, а в некоторых случаях и **чистовой обработки** ступенчатых валов и шпинделей рекомендуются **многоинструментальные** токарные станки с ЧПУ. Доработка деталей типа валов или шпинделей (сверление несоосных отверстий, фрезерование шпоночных пазов и т. п.) чаще всего выполняется на универсальном оборудовании.

Оборудование для деталей среднего литья.

Детали среднего литья (рычаги, вилки, кронштейны, средние корпусные детали). Для них подбирают станки с **максимальной концентрацией операций**. При этом **первую операцию** рекомендуется выполнять так, чтобы **базовая плоскость и базовые отверстия обрабатывались с одного установка**.

Обработку деталей, имеющих **отверстия в пяти плоскостях**, целесообразно разделить на **две операции**:

- 1) подготовку базы на вертикально-расточных или фрезерных станках;
- 2) обработку отверстий (в том числе крепежных) и плоскостей с четырех сторон - на многоцелевых станках.

Оборудование для деталей, требующих операций фрезерования

Вначале определяют тип станка, обеспечивающего обработку с одновременным управлением перемещением инструмента по определенному числу координат. Для чего **группируют детали** данного производства, требующие фрезерной обработки, **по числу требуемых координат и габаритным размерам**. На основе данных группирования устанавливают **тип станка по габаритным размерам его стола или размерам зоны обработки**.

Плоскостные детали (планки, косынки, крышки, плиты, плоские кулачки и др.), имеющие пазы, окна, скосы, уступы, кривые поверхности, для которых может быть использован один инструмент, **целесообразно обрабатывать на одноинструментальных фрезерных станках с ЧПУ**, а если на деталях **одновременно имеются крепежные ступенчатые отверстия разного диаметра и разной глубины**, то их целесообразно обрабатывать на **многоинструментальных фрезерных станках**. На этих станках можно также выполнять черновую, получистовую и чистовую расточку отверстий по 7—8-му качеству.

Оборудование для корпусных и базовых деталей.

При выборе оборудования выделяют **две группы деталей**.

1. Корпуса коробчатой формы, характеризующиеся прямоугольными очертаниями, примерно равными габаритными размерами, наличием внутренних перегородок, значительным числом точных отверстий с параллельными и перпендикулярными осями. Для деталей данной группы может требоваться обработка по пяти-шести плоскостям. Для этого рекомендуется использовать станки с ЧПУ следующих типов:

- Для **черновой обработки** — горизонтальные станки с ручной сменой инструмента;
- Для **получистовых операций** (подготовки базовой плоскости и двух базовых отверстий, (сверления всех крепежных отверстий) — вертикально-фрезерные с револьверной головкой;
- Для **чистовых операций** (обработки трех плоскостей) — многоцелевые станки.

2. Корпуса, салазки и каретки — детали, у которых два габаритных размера (длина и ширина) значительно превышают третий (высоту) и в которых необходимо обрабатывать различные поверхности (направляющие, Т-образные пазы, отверстия 7-8-го качества и др.). **Черновую, получистовую и частично чистовую обработку** этих деталей рекомендуется выполнять на продольно-фрезерных станках с ЧПУ. Кроме того, выделяют совокупность элементов детали, обрабатываемых общим инструментом, что характеризует часть операции, выполняемую по отдельной подпрограмме.

ОПЕРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Методы разработки операционных ТП:

1. Технологическое проектирование на основе типизации ТП.

2. Проектирования ТП на базе типовых переходов. Осуществляется выбором вариантов обработки отдельных элементов детали и общей последовательности ее обработки, наиболее соответствующих конкретным техническим и производственным условиям. При этом за основу принимаются соответствующие переходам **типовые схемы обработки элементов**, отличающихся геометрией контура, характером припуска, точностью и др. В данном случае порядок технологического проектирования (синтезирования ТП) следующий:

- выявляют отдельные конструктивные элементы обрабатываемой детали и соответствующие зоны обработки;
- для обработки каждого элемента и зоны устанавливают (выбирают) типовой технологический переход (типовую схему обработки) и предназначенный для этого режущий инструмент.
- в определенной логической последовательности переходы с назначением режимов обработки объединяют в технологическую цепочку, составляющую технологическую операцию в целом. При этом необходимо уже на стадии технологического проектирования стремиться строить операцию с такими переходами, которым соответствуют траектории движения режущего инструмента, реализуемые на станках с ЧПУ в виде так называемых **стандартных циклов**.

Выделяют четыре вида операционных технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ: **А, Б, В, Г.**

Вид А — для обработки **малых неповторяющихся** партий деталей.

Малой считается партия деталей обрабатываемая за время, меньшее периода стойкости используемых в наладке инструментов в количестве обязательно необходимых,

$$\sum t_{pi} \lambda q_n < \sum T_i q_n$$

t_{pi}

— суммарное время рабочего хода всех инструментов

λ

— коэффициент времени резания (время резания),

T_i

— период стойкости используемых в наладке инструментов

q_n

— количество обязательно необходимых инструментов

Вид Б — для обработки **малых повторяющихся** партий.

Вид В — для обработки **средних и крупных неповторяющихся партий** деталей. **Средней** считается партия, для которой время резания примерно равно или немного больше периода стойкости используемых в наладке обязательно необходимых инструментов.

Крупная партия — такая, для которой время резания больше суммарной стойкости всех инструментов наладки (как обязательно необходимых в количестве, так и введенных дополнительно

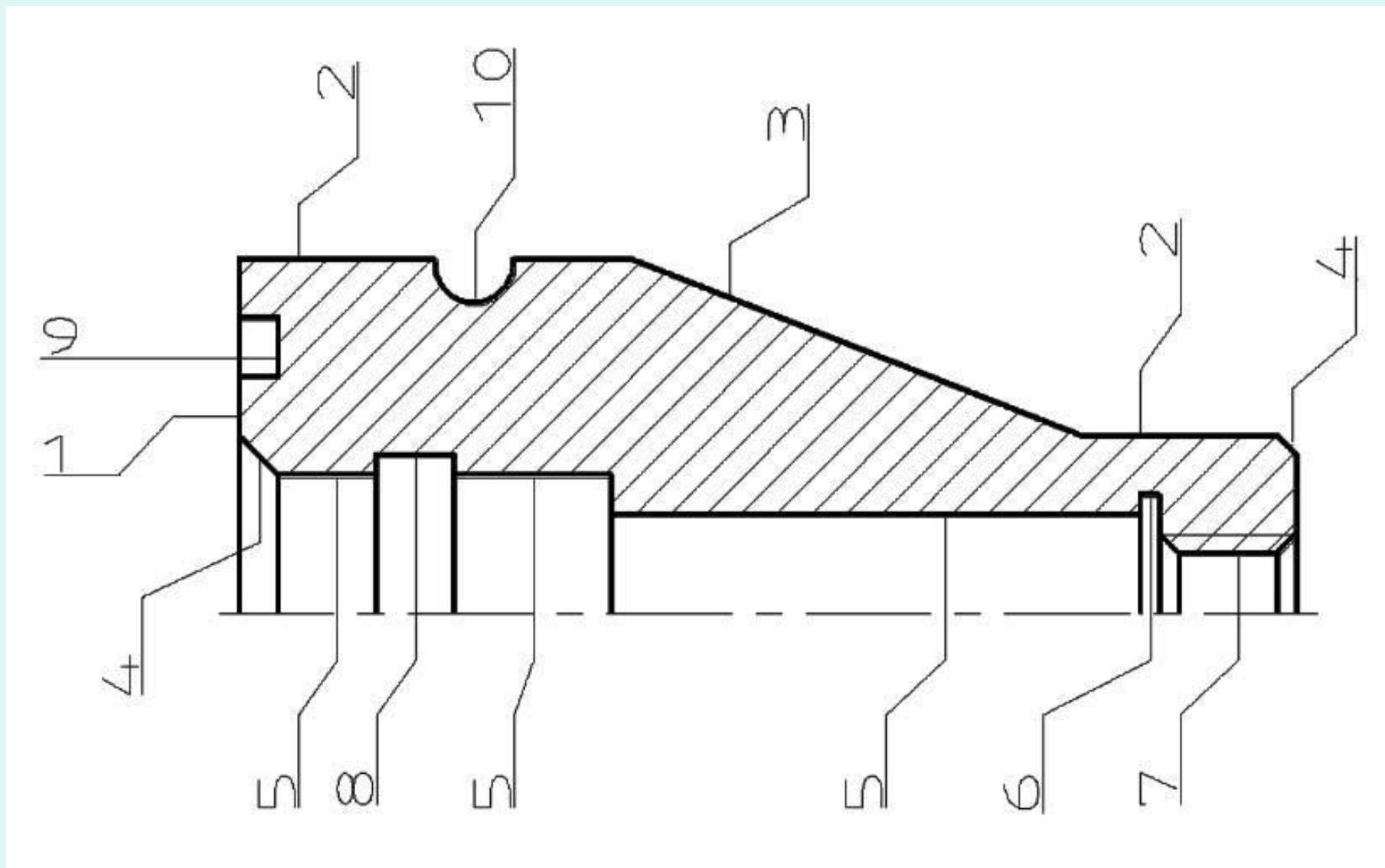
$$\sum t_{pi} \lambda q_n > \sum T_i (q_n + q_d).$$

Вид Г — для обработки средних и крупных повторяющихся партий.

Установление последовательности переходов, используемого инструмента, режимов резания завершает первую часть работ по составлению операционного технологического процесса, который оформляется на стандартизованных бланках.

Общая последовательность работ при проектировании операционных технологических процессов и отработке УП для станков с ЧПУ

Наименование работы	Вид операционного ТП			
	А	Б	В	Г
Составление операционного эскиза, схемы установки заготовки, общего плана операции	+	+	+	+
Выявление обрабатываемых элементов и зон обработки, расчет межпереходных размеров	+	+	+	+
Выбор типовых технологических переходов и соответствующих им режущих инструментов из номенклатуры инструментов, закрепленных за станком	+	+	+	+
Выбор для свободных позиций в revolverной головке или магазине дополнительных инструментов, если они позволяют:				
сократить время обработки	+	+	+	+
выравнивать загрузку технологически необходимых инструментов	—	—	+	+
Анализ выбранного инструмента, выбор инструмента, технологически необходимого для выполнения операций с учетом снижения времени обработки, из числа инструментов за пределами номенклатуры, закрепленной за станком. Рассмотрение возможности применения специальных комбинированных инструментов	—	—	—	+
Определение последовательности обработки поверхностей в операции с установлением очередности работы инструментов по типовым схемам	+	+	+	+
Оптимизация последовательности обработки:				
в целях минимизации времени обработки	—	+	—	+
в целях минимизации количества используемого инструмента	—	—	+	+
Назначение режимов работы каждого инструмента в соответствии в рекомендациями	+	+	+	+
Уточнение режимов резания по ограничениям, связанным со средствами крепления заготовки, жесткостью детали, кинематическими особенностями станка	+	+	+	+



Поверхности, образующие контур детали
Основные (1-5) и дополнительные (6-10) поверхности.

Последовательности технологических переходов

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

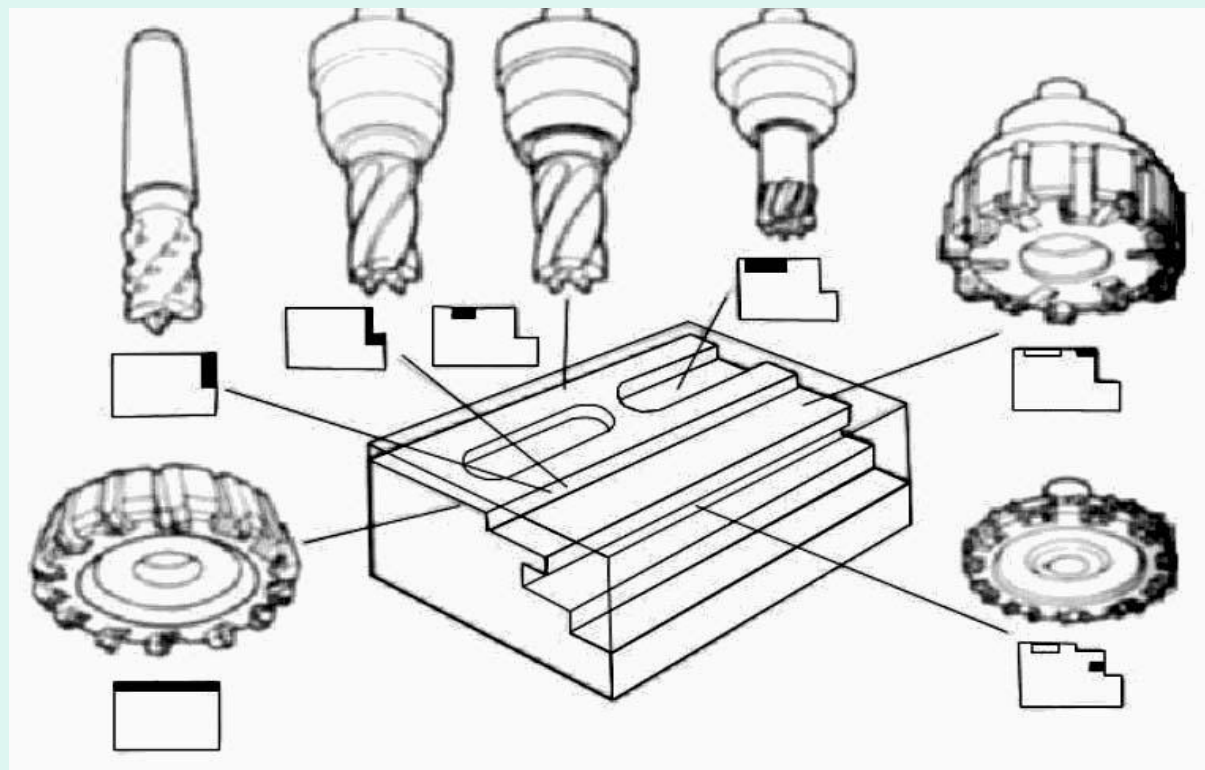
- центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
- сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);
- сверление сверлом большего диаметра;
- черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстиях, на торце и снаружи.

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

- черновая обработка **основных форм** наружной поверхности;
- черновая и чистовая обработка **дополнительных форм поверхности**;
- чистовая обработка основных форм;
- чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

Последовательность переходов при обработке фрезерованием

Для технологической операции фрезерования деталей на станке с ЧПУ характерно наличие большого количества переходов, определяемых в зависимости от элементов контура детали, а также параметров и условий обработки. Поэтому при проектировании фрезерной операции следует **установить конструктивные зоны**, которые связаны с особенностями конструкции детали. К **конструктивным зонам** детали относят наружные и внутренние контуры, полости, различные окна, карнизы и выборки, и т.д.



Для каждого установов детали в приспособлении необходимо выявить:

1. Последовательность обработки по конструктивным зонам;
2. Вид обработки в каждой из зон (черновая, чистовая);
3. Требуемые типоразмеры режущего инструмента для обработки отдельных элементов детали;
4. Совокупность элементов детали, находящихся в данной зоне и обрабатываемых общим инструментом;
5. Способ обработки наружного контура и примыкающих к нему поверхностей.

Последовательность обработки по зонам в значительной степени зависит от конструкции детали. Начинают обработку с ребер (*штампованные, литые детали если есть*), затем - **внутренние контуры детали и заключенные в них плоскости, начиная обработку от центра, постепенно приближаясь к периферии**. При обработке **внутренних контуров** можно вырезать окна или технологические отверстия, через которые при помощи накладных прижимов осуществляется крепление детали для последующей операции.

Переходы для обработки плоскостей и пазов на станках с ЧПУ выбирают в зависимости от допускаемых отклонений на заданные размеры и требуемой шероховатости поверхностей (табл).

Переходы при обработке плоскостей

Переходы	Допустимое отклонение, мм	Шероховатость поверхности, Ra, мкм
Фрезерование торцевой фрезой:		
черновое	свыше 0,4	6,3–12,5
получистовое	0,2–0,4	6,3
чистовое	0,1–0,2	3,2

Переходы при обработке пазов

Переходы	Допуск на размер ширины паза, мм	Шероховатость поверхности, Ra, мкм
Фрезерование концевой или шпоночной фрезой:		
черновое	свыше 0,2	6,3
чистовое	0,1–0,2	3,2
Фрезерование дисковой фрезой	свыше 0,2	6,3

ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Технологическая классификация отверстий

Т а б л и ц а 6.2. Типовые основные элементы отверстий

Тип отверстия	Основной элемент	
	Сквозное отверстие	Глухое отверстие
Гладкое цилиндрическое		
Цилиндрическое с резьбой		
Гладкое коническое		
Коническое с резьбой		

Типовые переходы обработки отверстий

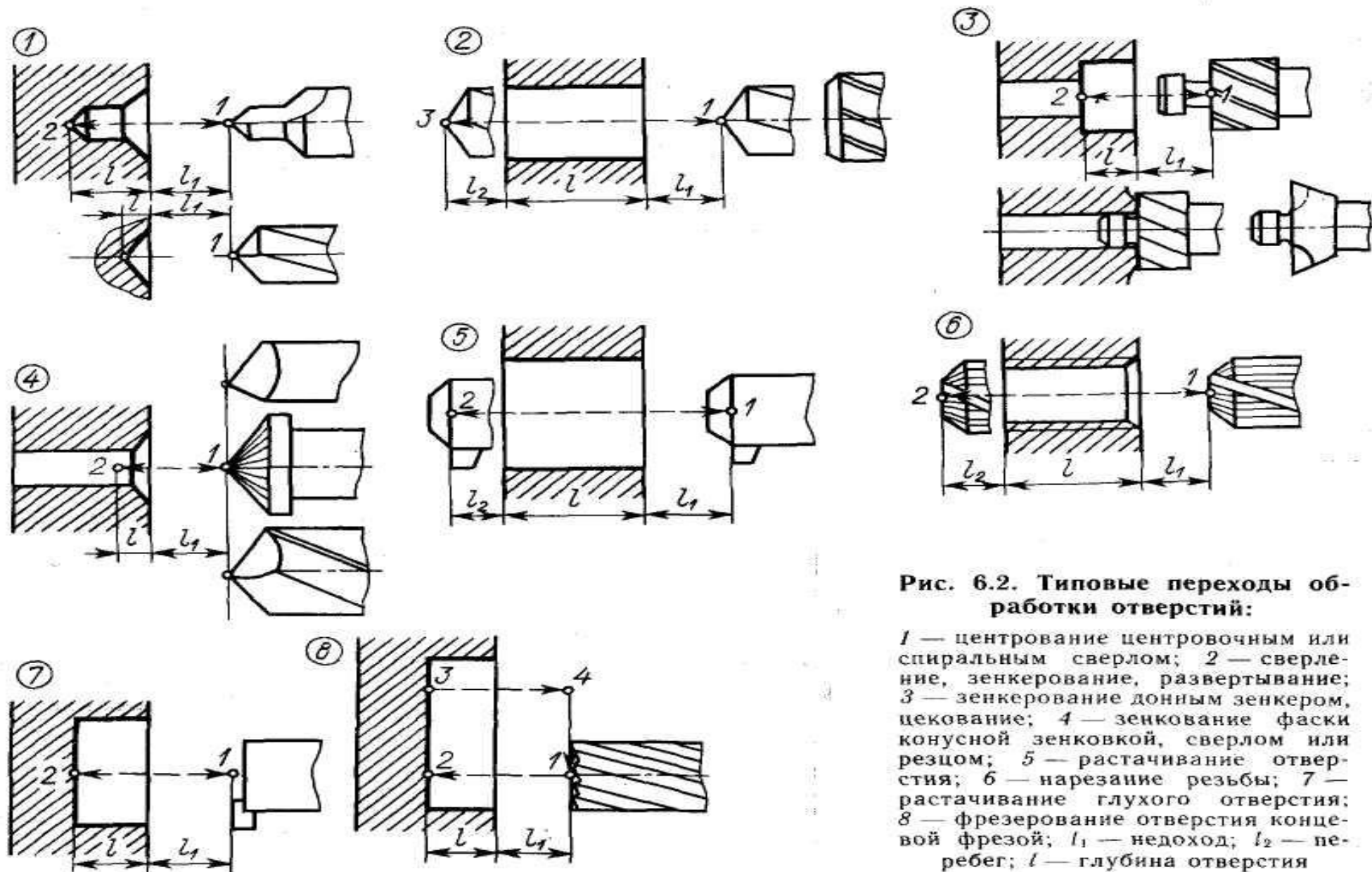


Рис. 6.2. Типовые переходы обработки отверстий:

1 — центрование центровочным или спиральным сверлом; 2 — сверление, зенкерование, развертывание; 3 — зенкерование донным зенкером, цекование; 4 — цекование фаски конусной зенковкой, сверлом или резцом; 5 — растачивание отверстия; 6 — нарезание резьбы; 7 — растачивание глухого отверстия; 8 — фрезерование отверстия концевой фрезой; l_1 — недоход; l_2 — перебег; l — глубина отверстия

Многоцелевые станки

На многоцелевых (сверлильно-фрезерно-расточных) станках с ЧПУ наиболее часто обрабатывают **корпусные, плоские и детали сложной конфигурации**. Такие детали рассматривают как сочетание элементарных поверхностей, что облегчает формализацию разработки ТП и программирование их обработки.

Из элементарных поверхностей на корпусных деталях чаще всего выделяют **отверстия, плоскости, пазы, карманы, окна и т.п.**

Отверстия корпусных деталей делят на **основные**, предназначенные **для базирования устанавливаемых** в корпусе деталей; **вспомогательные**, в том числе крепежные, и свободные, которые служат для удобства обработки, монтажа, смазки и ремонта.

Основные отверстия могут иметь канавки, фаски и выточки. Они подразделяются на гладкие или ступенчатые, односторонние или двусторонние, могут располагаться в одной плоскости или соосно в нескольких параллельных стенках.

Обрабатываемые плоскости, пазы, окна и другие элементы корпусных деталей располагаются перпендикулярно, параллельно или под углом к оси шпинделя.

Последовательность выполнения операций на МС

Если деталь, обрабатываемая на МС, подвергается промежуточной термообработке или имеет точные отверстия и плоскости, то, в общем случае, рекомендуется следующая последовательность операций:

1. **Первая черновая операция:** обработка детали с двух - трех сторон (плоскости и отверстия большого диаметра). В качестве базы используют достаточно большие плоскости, обеспечивающие хорошую и надежную установку детали, возможность производительного снятия больших припусков.

2. **Вторая черновая операция:** обработка остальных сторон детали **с установкой по обработанным в предыдущей операции поверхностям**, создание технологических баз для последующей обработки.

3. **Первая чистовая операция:** обработка базовой и противобазовой плоскостей детали и всех элементов (пазов, уступов, отверстий), расположенных на этих плоскостях, в том числе основных отверстий.

4. **Вторая чистовая операция:** обработка остальных четырех сторон детали **с установкой по обработанным в предыдущей операции базам**, в том числе обработка основных отверстий, пазов и уступов, вспомогательных и крепежных отверстий.

При повышенных требованиях к точности детали, превосходящих точностные возможности МС, на нем выполняют получистовую обработку соответствующих плоскостей и отверстий с припуском под последующую обработку на станках с ручным управлением (шлифование, хонингование и т.п.).

Представление детали в виде набора разнообразных элементарных поверхностей, необходимость в черновых, получистовых и чистовых проходах при обработке каждой поверхности, значительное число инструментов в магазине, **усложняют выбор плана операций обработки детали на МС.** К тому же, этот выбор становится **многовариантным.** Например, можно сначала деталь полностью обработать с одной стороны, затем развернуть ее; можно обработать деталь сначала со всех сторон начерно, затем приступить к чистовой обработке; можно сначала обработать все плоскости, затем приступить к обработке отверстий

При решении задачи **выбора варианты плана операции** руководствуются следующими общими принципами:

- чем выше точность элемента конструкции детали, тем позже следует предусматривать его обработку;
- сначала следует планировать черновую обработку, затем чистовую;
- чем меньше время срабатывания исполнительного органа (смена инструмента, поворот стола и др.), тем чаще этот орган должен функционировать

Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	Черновое, получистовое, чистовое фрезерование внешних поверхностей	Фрезы торцовые
2	Сверление (рассвертывание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках сквозное — основных отверстий, глухое — для ввода концевых фрез	Сверла
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	Фрезы концевые
4	Фрезерование внутренних поверхностей, перпендикулярных к оси шпинделя	Фрезы торцовые, концевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода № 2	Зенкеры, резцы расточные

6	Обработка дополнительных поверхностей (канавок, уступов, фасок и др.), расположенных в основных отверстиях и концентрических его осей	Фрезы и резцы различного назначения, зенковки
7	Обработка дополнительных поверхностей на внешних и внутренних плоскостях и не обрабатываемых поверхностях	Фрезы концевые, шпоночные
8	Обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм	Сверла, зенкеры, метчики
9	Снятие фасок	Фрезы угловые

10	Перезакрепление детали, проверка положения рабочих органов станка	—
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцовые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развертки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	Резцы расточные, фрезы дисковые трехсторонние
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок, пазов, карманов, прорезей), расположенных асимметрично относительно основных отверстий	Фрезы и резцы различного назначения

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования содержат технические условия на поставку заготовок и деталей?
2. Назовите рекомендации по выбору схем базирования деталей на фрезерных станках с ЧПУ.
3. Какие виды работ выполняют при выборе оборудования для обработки деталей различных групп?
4. На какие подгруппы делят детали типа тел вращения при обработке на токарных станках с ЧПУ?
5. Какое оборудование подбирают для деталей среднего литья?
6. По какому принципу группируют детали для обработки на фрезерных станках с ЧПУ?
7. Как группируют корпусные детали при выборе оборудования для их обработки?
8. На какие виды разделяют операционные ТП обработки деталей на станках с ЧПУ и в чем их отличие?
9. Назовите последовательности технологических переходов при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне

10. Назовите последовательности технологических переходов при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне и поджатием задним центром.

11. Что необходимо выявить для определения последовательности переходов при обработке детали фрезерованием.

12. Назовите рекомендуемую последовательность операций при обработке деталей на многоцелевых станках.

13. Назовите общие принципы учитываемые при разработке плана операции.

