

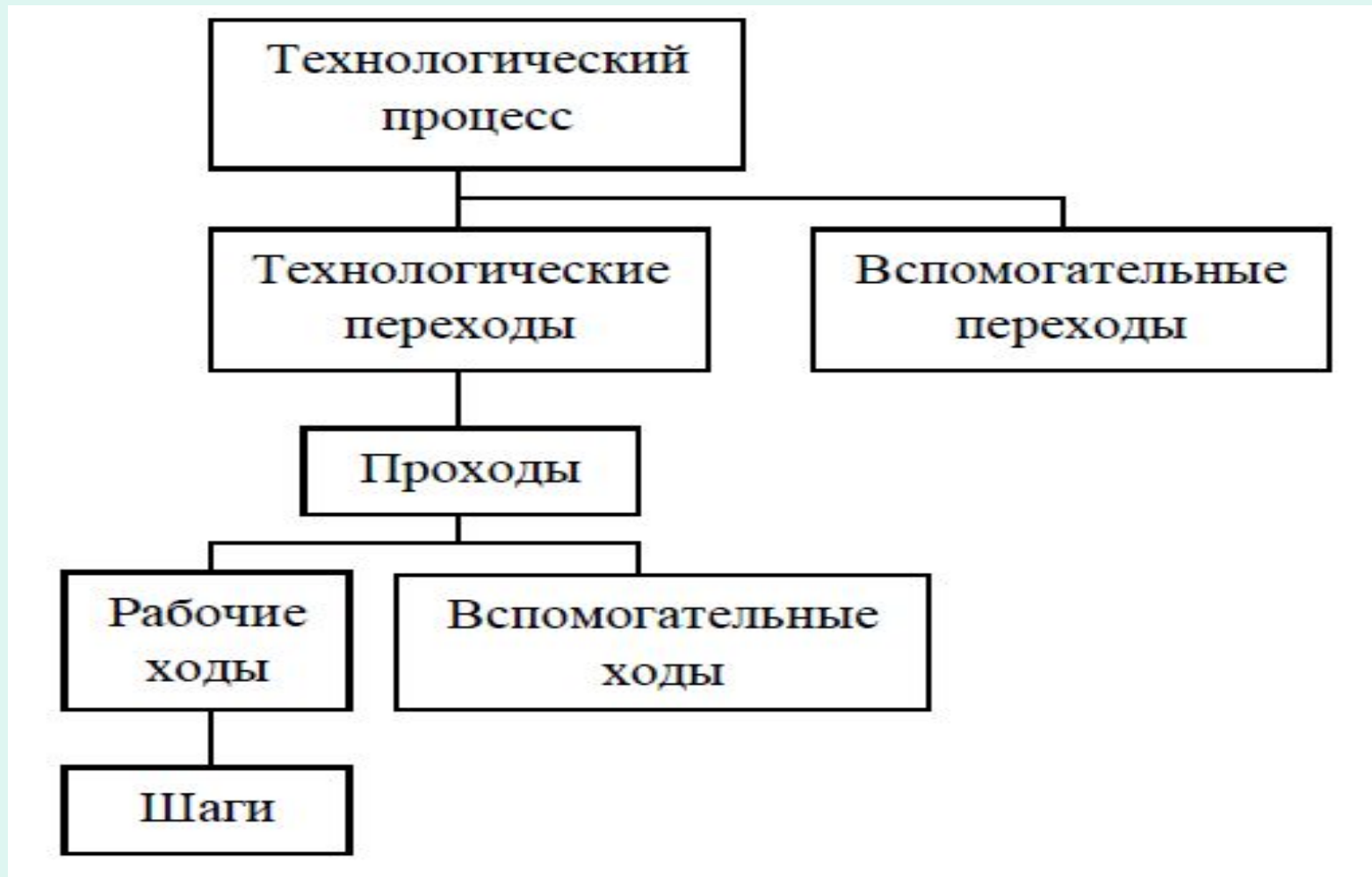
Лекция №4

Технологические процессы обработки на станках с ЧПУ.

Структура и особенности технологического процесса обработки на станках с ЧПУ. Выбор номенклатуры заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ. Анализ чертежа детали. Анализ технологичности конструкции детали Проектирование маршрутного ТП

Структура технологического процесса обработки на станках с ЧПУ и ее особенности.

Структурно ТП для станков с ЧПУ подразделяется на операции, элементами которых, являются **установы, позиции, технологический и вспомогательный переходы, проходы, рабочие и вспомогательные ходы, шаги, элементарные перемещения и технологические команды.**



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

Установ — часть технологической операции, выполняемой при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок

Позиция — фиксированное положение, занимаемое заготовкой относительно инструмента, для выполнения определенной части операции.

Технологический переход – сьем слоя металла с поверхности обрабатываемой заготовки за один или несколько проходов с использованием одного и того же инструмента

Вспомогательный переход - подготавливает условия для выполнения технологического перехода (установка заготовки, смена инструмента и т.п). Технологический и вспомогательный переходы являются законченными частями технологической операции.

Проход - совокупность рабочего и вспомогательного ходов.

Рабочий ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого обработкой.

Вспомогательный ход - необходим для выполнения рабочего хода, обработкой не сопровождается.

Ходы разделяются на шаги.

Шаг - перемещение на участке траектории инструмента вдоль определенного геометрического элемента, на котором не изменяется режим, например, перемещение инструмента по прямой или окружности с постоянной скоростью.

Элементарные перемещения и технологические команды – простейшие составляющие процесса обработки, обрабатываемые устройством ЧПУ.

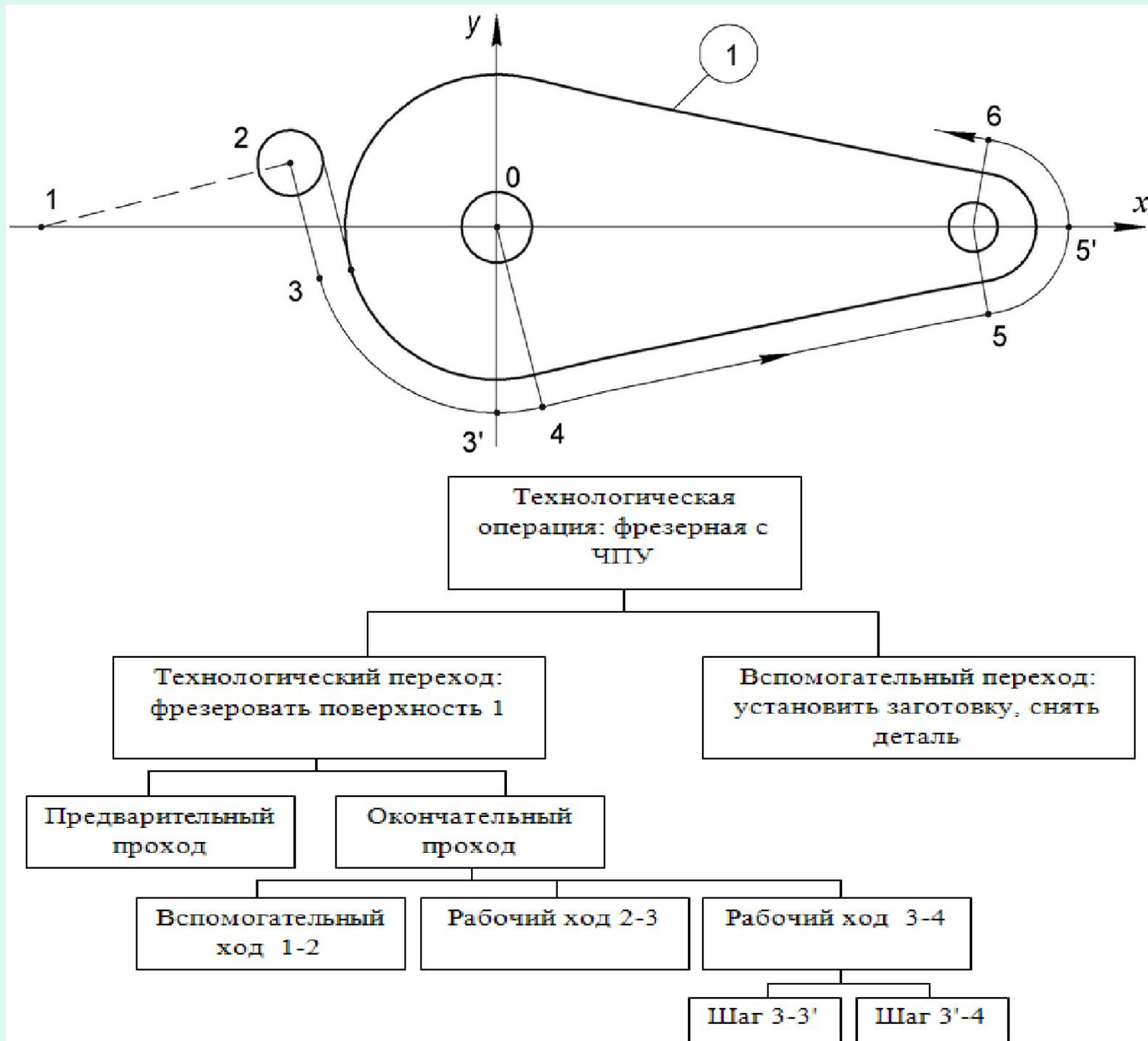
Элементарные перемещения формируются с учетом ограничений конкретного УЧПУ. К ним относят, например, задание отрезка прямой числом дискрет, не превышающим емкости регистра памяти УЧПУ.

Технологические команды, реализуемые исполнительными механизмами станка, обеспечивают необходимые условия отработки элементарных перемещений.

Последовательность элементарных перемещений и технологических команд определяет содержание управляющей программы (УП).

Шаг – часть хода (рабочего или вспомогательного), программируемая и обрабатываемая отдельным кадром УП, Шаги выделяют (если это необходимо) в пределах хода участки, обрабатываемые на разных подачах, принадлежащие разным квадрантам и т. д.

Детализация ТП при подготовке УП на примере обработки контура



Стадии и этапы проектирования ТП обработки деталей на станках с ЧПУ

1 стадия. Разработка маршрута обработки детали Исходная информация: чертежи детали и заготовки		
1	Выбор номенклатуры обрабатываемых деталей	Производят конъюнктурный анализ: определяют целесообразность обработки заготовки на станке с ЧПУ как по конструктивно -технологическим признакам, так и по производственным условиям; дают оценку возможности изменения заготовки, технологического процесса, конструкции детали. Здесь же проводят технико-экономический анализ: расчет снижения трудоемкости; расчет окупаемости затрат.
2	Ознакомление с ТП изготовления детали аналога	Ознакомление с ТП изготовления детали-аналога. Объем ознакомления: заготовка, маршрут, приспособления, режущий и вспомогательный инструмент, режимы резания, структура операций.

3	Повышение технологичности детали	Осуществляют отработку конструкции детали на технологичность и унификацию (радиусов, баз, элементов детали). Рассматривают вопросы повышения жесткости инструмента и детали; корректировки чертежей детали и заготовки.
4	Согласование условий поставки	Определяют технологическое состояние заготовки : требования к базам, припуски, технологические отверстия и технологическое состояние детали : основные размеры, припуски, доводочные работы.
5	Определение маршрута изготовления детали	Производят: составление и согласование маршрута обработки детали: выделяют поверхности, обрабатываемых на станках с ЧПУ; планируют: переустановку по видам оборудования; переустановку по зонам обработки; выбирают последовательность выполнения операций; составляют операционный эскиз.

6	Заказ приспособления	Выполняют эскизное проектирование приспособления: определяют положение заготовки на станке; определяют тип приспособления; составляют схемы увязки (выбор и привязку систем координат); определяют схемы базирования и закрепления заготовки; выбирают вид привода для приспособления.
7	Заказ инструмента	Выполняют эскизное проектирование инструмента: определяют тип инструмента; выбирают технологических параметров; проектируют схемы наладки.

2 стадия. Разработка операций ТП.

Исходная информация: задание на программирование, маршрутная и операционная карты.

8	Составление плана операции	Определяют содержание операции. При этом выделяют в операции установки и позиции; уточняют методы закрепления заготовки; подготавливают операционные карты
9	Разработка операционной технологии	Определяют последовательность переходов; производят выбор инструмента; разделяют переходы на проходы; выбирают контрольные точки и установки, определяют траектории позиционных и вспомогательных переходов; рассчитывают режимы резания; подготавливают карты наладки станка и инструмента.

**3 стадия. Подготовка управляющей программы (УП).
Исходная информация: задание на программирование,
маршрутная и операционная карты.**

10	Расчет траектории движения инструмента	Выбирают или уточняют системы координат; определяют наладочные размеры детали; рассчитывают координаты опорных точек; разделяют проходы на ходы и шаги; строят траекторию движения инструмента; преобразуют системы координат.
11	Кодирование и запись УП	Формируют элементарные перемещения; определяют технологические команды; пересчитывают величины перемещений в импульсы; кодируют УП; записывают УП на программноноситель; печатают текст УП.
12	Контроль, редактирование и отладка УП	Осуществляют: контроль программноносителя; контроль траектории инструмента; редактирование УП; обработку опытной детали

Выбор номенклатуры заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ (этап 1)

Общие принципы :

1. Чем выше концентрация обработки на станке с ЧПУ по сравнению с универсальным оборудованием, тем выше эффективность числового управления.
2. Чем сложнее деталь, тем в большей степени могут быть использованы технологические возможности УЧПУ.
3. Чем больше объем разметочных и подгоночных работ, тем выше будет эффективность числового управления.
4. Чем сложнее оснастка для изготовления детали на обычных станках, тем более эффективно числовое управление.
5. Чем сложнее контроль, тем эффективнее использование станков с ЧПУ.

Анализ чертежа детали.

Цель:

- выявить недостающие размеры и конструктивно-технологические данные на основе изучения чертежа детали;
- изыскать возможность повышения технологичности обработки детали путем введения конструктивных изменений.

Подвергают анализу:

- конфигурацию детали, ее габаритные размеры, а также массу заготовок и их конфигурацию;
- материал детали (чугунная отливка или сварная стальная конструкция и т. п.) и его обрабатываемость;
- требуемое качество обрабатываемых поверхностей (допуски на размеры и форму, шероховатость поверхности и др.);
- годовую программу выпуска деталей, число партий в год и число деталей в партии, а также допустимую стоимость обработки;
- взаимное расположение элементарных поверхностей детали.

Данные анализа являются основой для выбора заготовки, что во многом определяет эффективность обработки, расход материала и общие затраты. По всей совокупности данных анализа определяют тип детали в соответствии с принятой классификацией

Тип детали - совокупность деталей, сходных по конструктивным признакам, имеющих в данных производственных условиях общий технологический процесс. Позволяет в общем виде определить возможный ТП ее изготовления на базе имеющегося технологического опыта, полученного путем анализа ТП аналогичной детали на универсальных станках.

При анализе ТП детали – аналога (этап 2) изучают:

- маршрут обработки детали;
- состояние заготовки до и после каждой из операций;
- полную последовательность операций (сводная карта технологического процесса);
- перечень приспособлений и инструмента по всем операциям;
- режим обработки по участкам;
- приемы установки и базирования детали на всех операциях;
- специальные технологические приемы обработки, применяемые станочниками;
- контрольные операции и средства контроля;
- вспомогательные операции и степень их механизации;
- нормы времени обработки детали на каждой операции;
- объем расходов на транспортирование деталей и заготовок;
- подгоночные операции при сборке детали.

Рассматривая технологический процесс обработки данной или аналогичной детали на универсальных станках, необходимо критически оценить:

- возможность устранения разметочных операций;
- оптимизации режимов резания;
- совмещения операций и уменьшения числа переустановок детали;
- уменьшения объема слесарных доводочных операций после фрезерования,
- снижения среднего разряда работ по фрезерным и слесарным операциям;
- сокращения объема контрольных операций и упрощения контрольно-измерительной оснастки;
- механизации вспомогательных операций (зажима и отжима заготовки, смены инструмента), уменьшения объема доводочных операций при сборке.

В результате анализа возможного ТП схема обработки данной детали может быть представлена тремя частями:

- выполнение на универсальных станках операций, предшествующих обработке на станках с ЧПУ (подготовка баз и пр.);
- обработка деталей на станках с ЧПУ;
- доработка деталей на универсальных станках и слесарным путем до получения всех требуемых размеров чертежа.

Анализ технологичности конструкции детали (этап 3)

Общие требования к технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ или намеченных к обработке на этих станках:

- унификация внутренних и наружных радиусов;
- унификация элементов форм деталей и их размеров;
- создание такой конфигурации детали, которая обеспечивает свободный доступ инструмента для обработки поверхностей;
- обеспечение возможности надежного и удобного базирования детали при обработке.

Соответствие этим требованиям обеспечит:

- сокращение типоразмеров применяемого режущего инструмента;
- использование более производительного (экономически выгодного) инструмента:
- замену специального инструмента стандартным;
- уменьшение числа переустановок детали;
- снижение количества и стоимости требуемой оснастки;
- повышение точности базирования, а также точности и производительности обработки;

Технологичность деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

Технологичными деталями следует считать такие, формы и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки большинства поверхностей в непрерывном автоматическом процессе с одной установки.

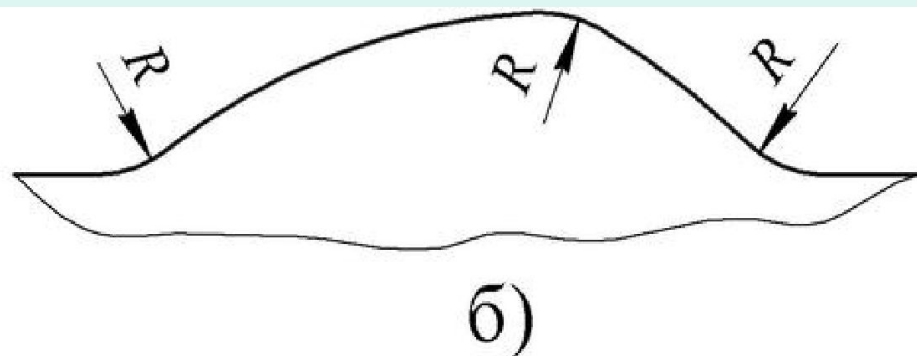
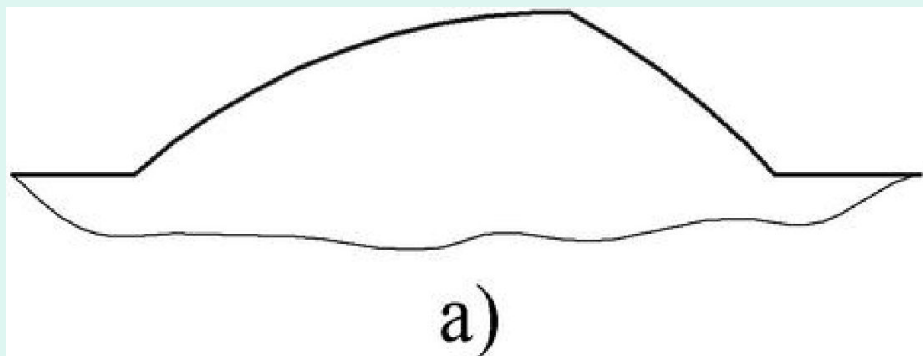
Технологичность деталей с точки зрения их обработки на станках с ЧПУ приходится оценивать с двух позиций:

- с учётом факторов, связанных непосредственно с обработкой;
- с учётом факторов, связанных с вопросами программирования техпроцессов операций

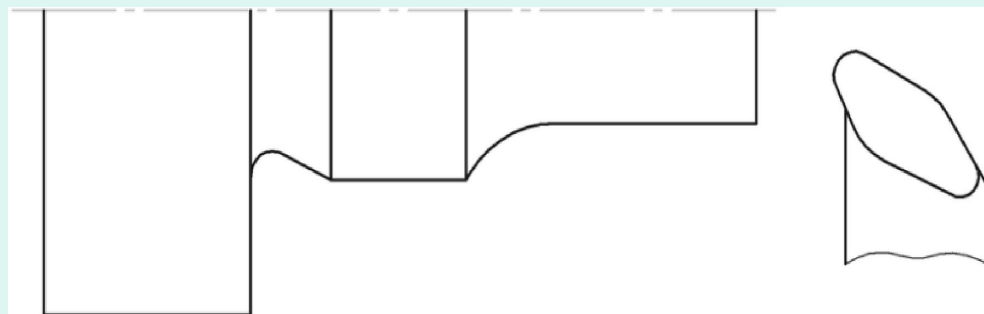
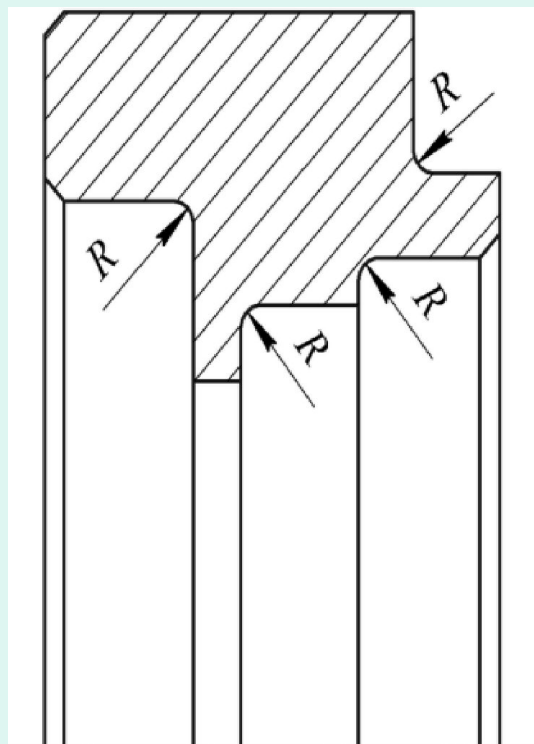
Может быть такая ситуация, при которой сама обработка на станке с ЧПУ может быть осуществлена точно, высокопроизводительно и недорого, но в то же время разработка УП для ее обработки требует сложных расчетов и, следовательно, будет дорогой (например, лопатка турбины).

В первом аспекте технологичными деталями следует считать такие формы и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки большинства поверхностей в непрерывном автоматическом процессе с одной установки. Могут быть отклонения в виде коротких перерывов, не связанных с выполнением ручных приемов управления обработкой

Во втором аспекте наиболее приемлемыми являются детали, обрабатываемые поверхности которых образуются сочетанием прямых с дугами окружности одинакового радиуса. Криволинейные контуры не должны иметь резких и острых переходов от одного участка профиля к другому

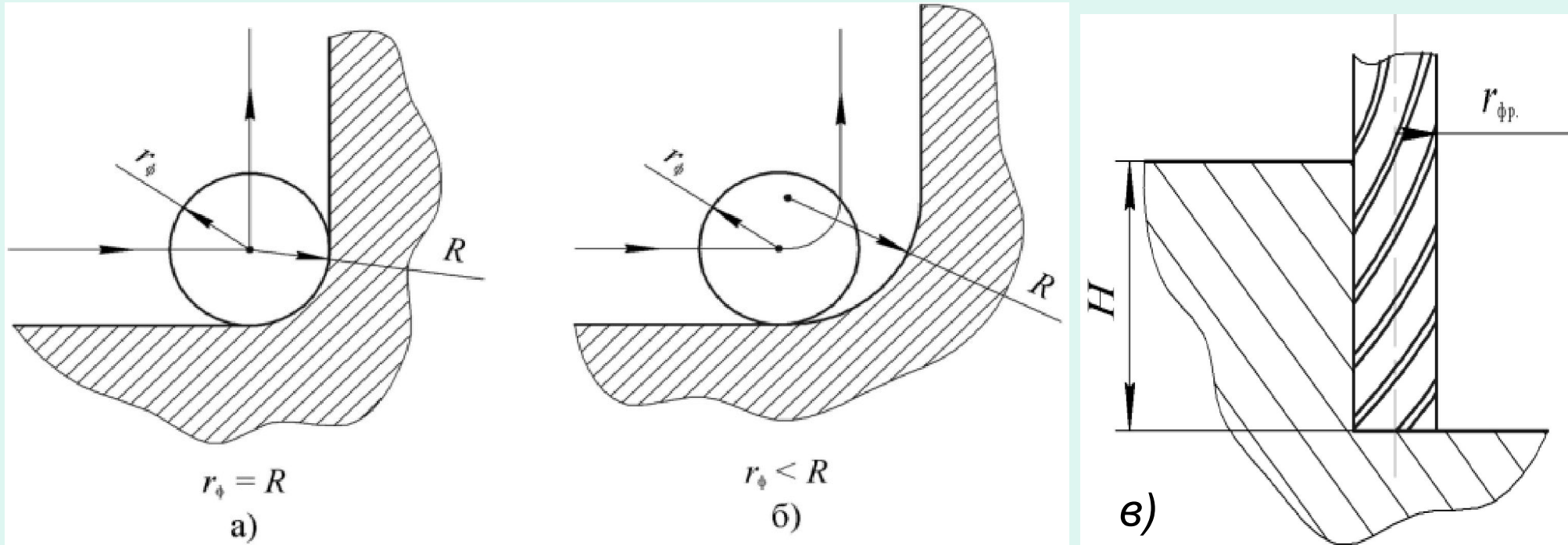


Переходы должны иметь радиусы и при этом надо стремиться, чтобы все радиусы переходов по всему контуру детали были одного размера R .



На деталях типа тел вращения, в которых необходимо выполнение канавок для выхода инструмента (шлифовального круга, резьбового резца и т. п.), надо их выполнять с возможностью обработки одним резцом для контурного точения

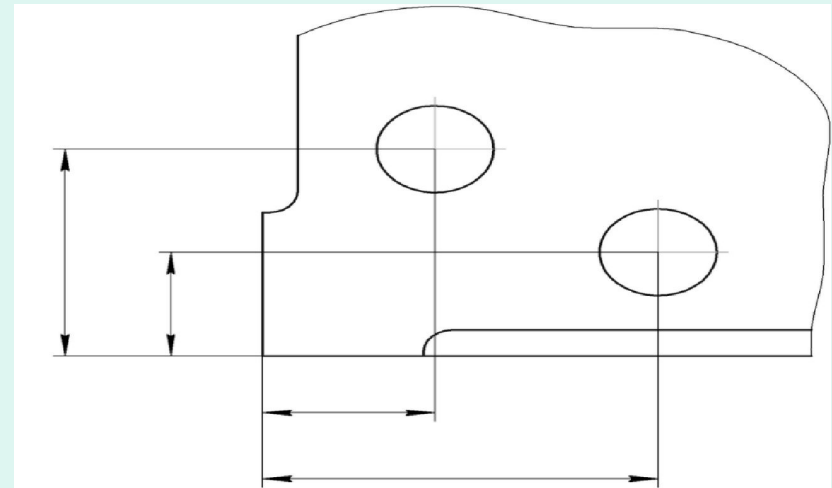
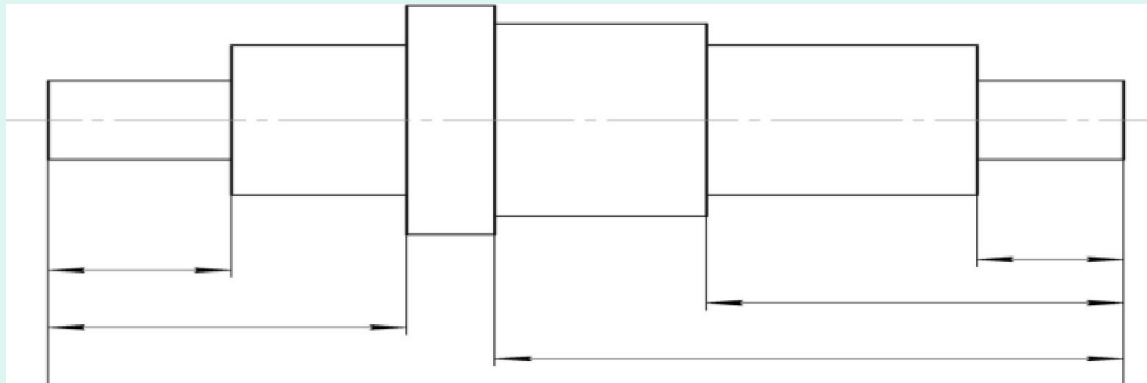
Если места радиусов допускают относительно большие отклонения, они образуются без обхода фрезы по эквидистанте, т. е. за счёт копирования радиуса инструмента (рис. а). При проектировании деталей это надо учитывать и назначать радиусы, соответствующие стандартным радиусам фрез.



В тех случаях, когда участки с криволинейными поверхностями имеют высокие точности, они должны выполняться методом обхода (рис. б), но инструментами таких диаметров, которые обеспечивают их жесткость при данных условиях обработки (рис. в). Это обязывает назначать радиусы таких размеров, которые позволяли бы выбрать инструмент необходимого диаметра. Нормальный ряд типоразмеров фрез: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30 и т. д.

Характер контура, образующего фасонную поверхность, сильно влияет на объём программирования, увеличивает расчёты, связанные с определением координат опорных точек траектории инструмента. Поэтому надо стремиться, чтобы контур детали состоял из отрезков прямых, дуг окружности. В этом случае их исходным параметром, заданным в чертеже, можно по соответствующим уравнениям аналитической геометрии произвести относительно простой расчет.

Там, где контуры деталей могут иметь центральную осевую или другую симметрию, весьма целесообразно их применение. В этих случаях траекторию инструмента можно рассчитать только для части контура и тем значительно сократить работу по программированию., используя принцип зеркальной обработки.



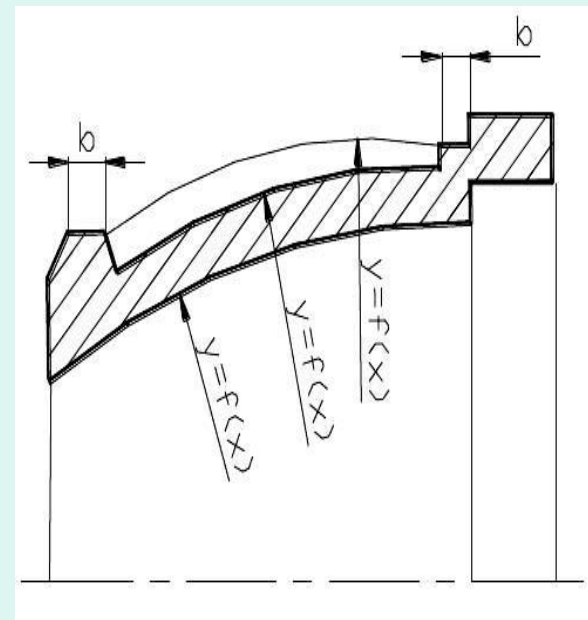
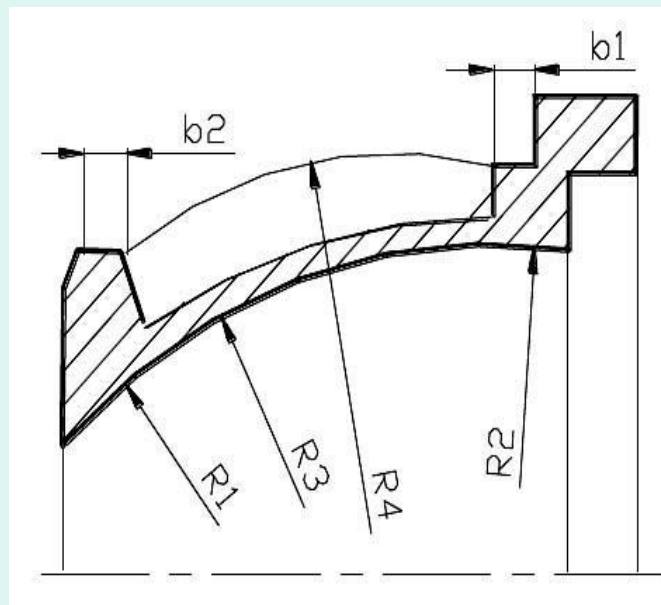
Простановка размеров в чертеже детали также должна удовлетворять требованиям программирования. Прежде всего простановка всех размеров должна производиться в прямоугольной системе координат от единых конструкторских баз детали.

- уменьшение степени коробления детали при обработке и объема последующей слесарной (станочной) ручной доработки;
- сокращение затрат на расчет и подготовку программ.

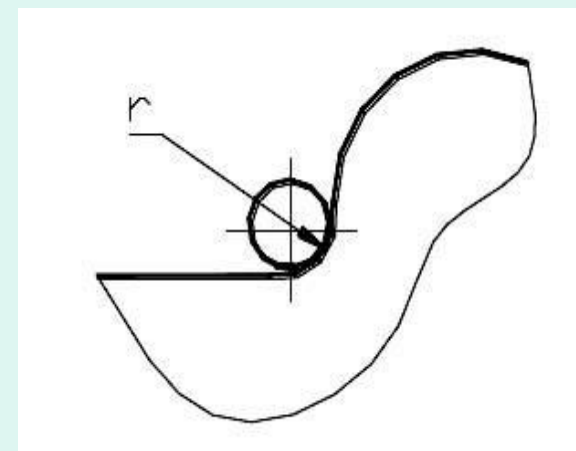
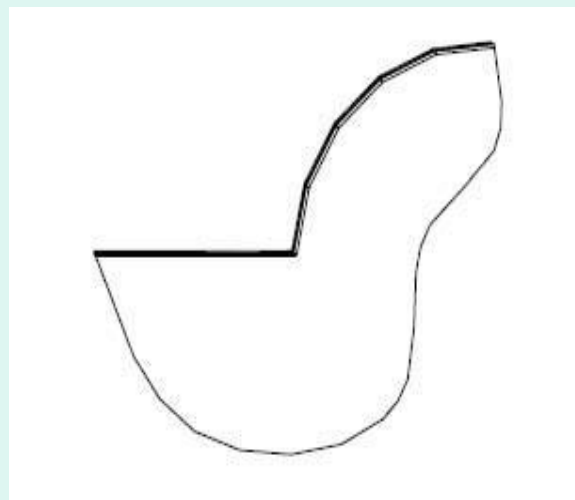
Примеры технологичности конструкции детали

Требования к технологичности	Конструкция	
	нетехнологичная	технологичная
1. Унификация канавок и выточек под уплотнения	<p>Technical drawing of a non-technological groove design. It shows three grooves with different widths (a_1, a_2, a_3) and heights (b_1, b_2, b_3). Each groove has a different radius (R_1, R_2, R_3).</p>	<p>Technical drawing of a technological groove design. It shows three grooves with a uniform width ($a_{\text{ТИП}}$) and height ($b_{\text{ТИП}}$). All grooves have the same radius ($R_{\text{ТИП}}$).</p>

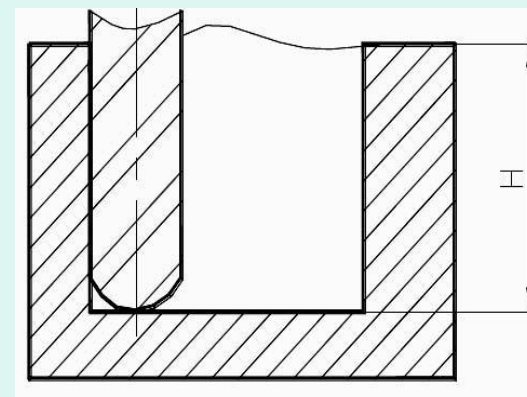
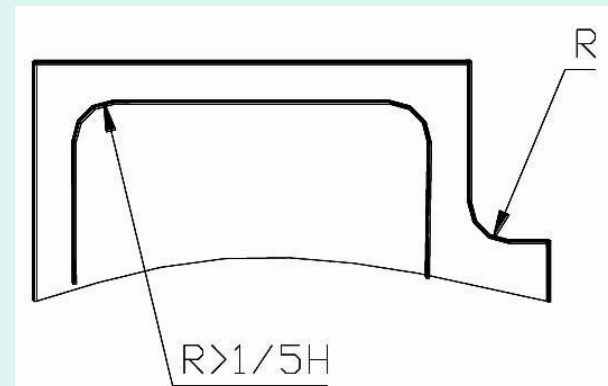
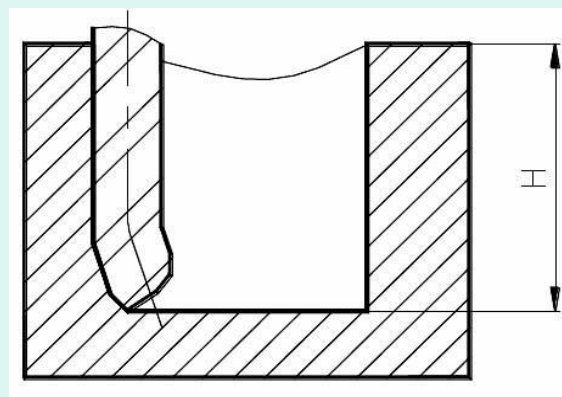
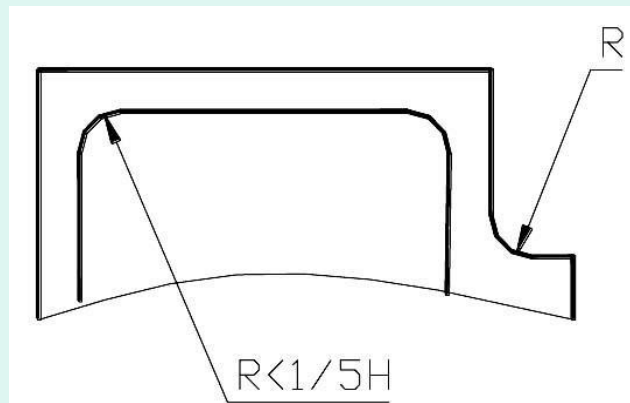
2. Задание отдельных участков образующей уравнением, а не координатным способом



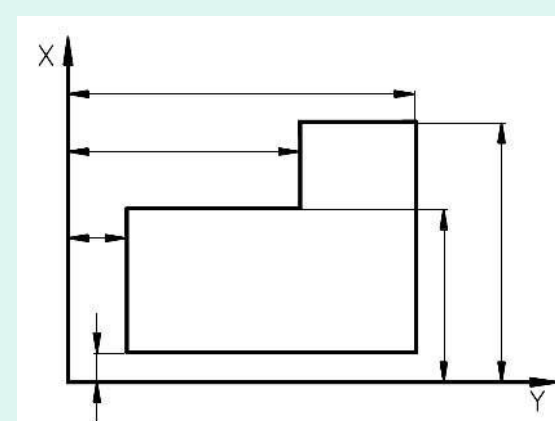
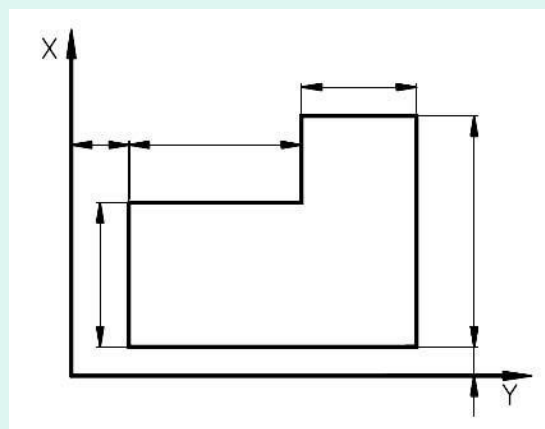
3. Обеспечение сопряжений линий контура плавным радиусом



4. Ограничение
отношения
величины
радиуса
сопряжения
стенок к высоте
стенки



5. Простановка
размеров от
одной базы



При обработке детали на станках с ЧПУ (особенно на фрезерных) **требуются строгая ориентация ее относительно осей координат станка и привязка к исходной точке траектории движения инструмента.** Поэтому уже при анализе технологичности детали необходимо предусмотреть элементы для ее базирования. Если деталь не имеет конструктивных отверстий, которые могут быть использованы как базовые, то такие отверстия надо ввести, расположив их на максимальном удалении друг от друга.

Наименьшие допустимые диаметры базовых отверстий d_{\min} при фрезеровании

Размеры детали, мм	< 100	100—200	200—1000
d_{\min} , мм	4	6	10

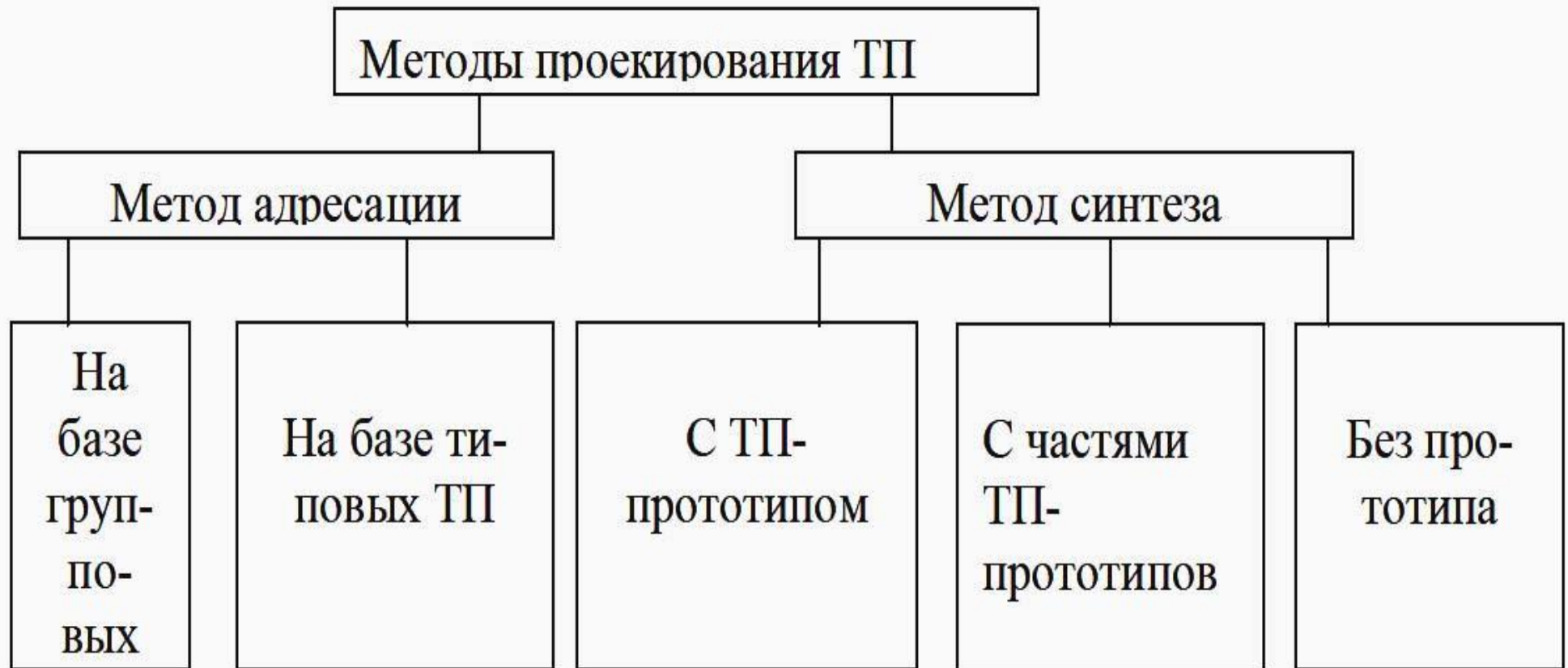
Размеры детали, мм	1000—2000	> 2000
d_{\min} , мм	16	20

При невозможности выполнить **технологические базовые отверстия** в детали следует предусмотреть у заготовки специальные технологические приливы, в которых и разместить базовые отверстия.

При анализе шероховатости поверхностного слоя обработанной детали следует иметь в виду, что после обработки концевыми фрезами на горизонтальных поверхностях остаются заметные на глаз следы фрезерования. В большинстве случаев высота уступов и микронеровностей не превышает 0,01—0,05 мм. Определено, что лучше иметь такие микронеровности, чем риски от слесарной доработки поверхности абразивными кругами: **микронеровности после фрезерной обработки как концентраторы напряжений менее опасны, чем риски**. Поэтому по возможности при проектировании ТП слесарную доработку поверхностей, обработанных на станках с ЧПУ, вводить не следует.

Проектирование маршрутных ТП (этап 5)

Цель — определение общей последовательности выполнения операций обработки детали, в том числе и операций, выполняемых на станках с ЧПУ, с учетом применяемого оборудования. При этом обработка детали может вестись с использованием одного станка с ЧПУ или последовательно на нескольких станках.



Метод адресации - основан на использовании принципа унификации. В этом случае технологический процесс обработки конкретной детали назначают исходя из конструктивного подобия детали прототипу (типовые ТП) или их технологического подобия (групповые ТП).

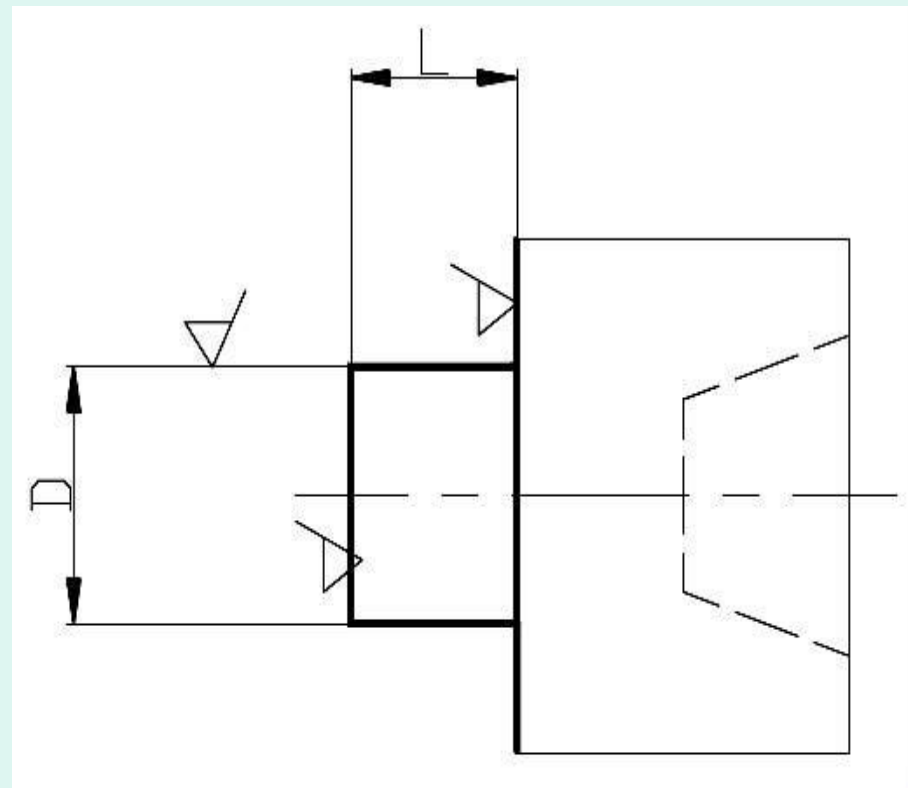
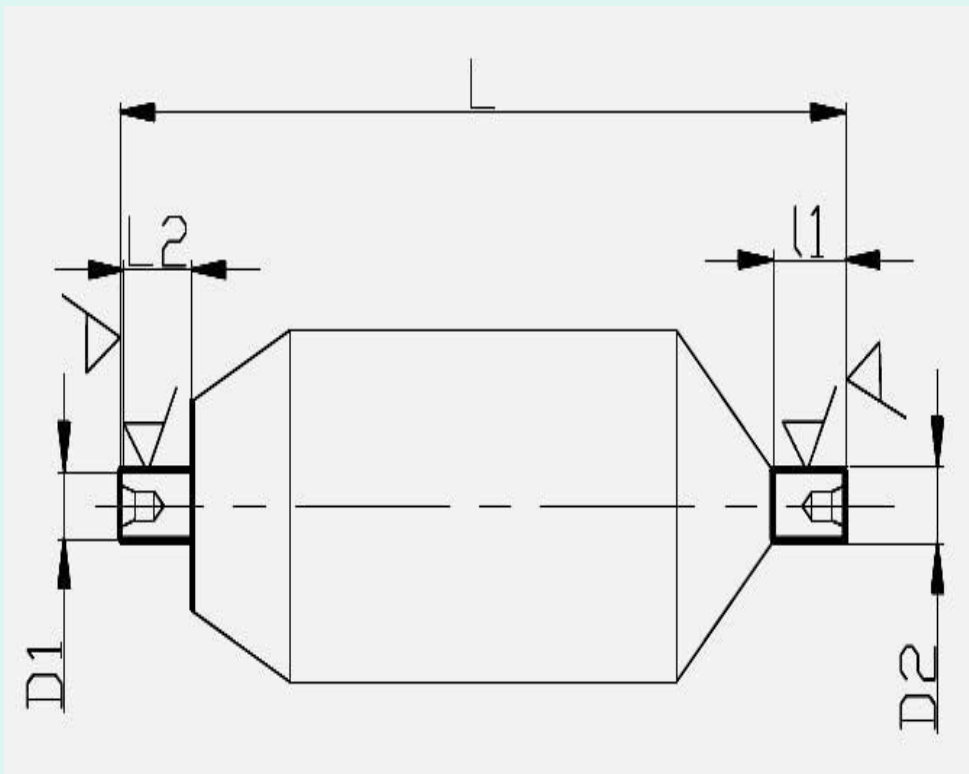
Метод синтеза при проектировании ТП пока мало формализован и поэтому сложен. Проектирование ТП методом синтеза с прототипом характерно тем, что подобранный ТП-прототип не содержит всего состава маршрута (операций, переходов), которые следует выполнять при изготовлении данной детали. Структура ТП-прототипа и ТП детали различаются, поэтому при проектировании ТП дорабатывают (перерабатывают) типовой ТП.

Общие принципы проектирования ТП:

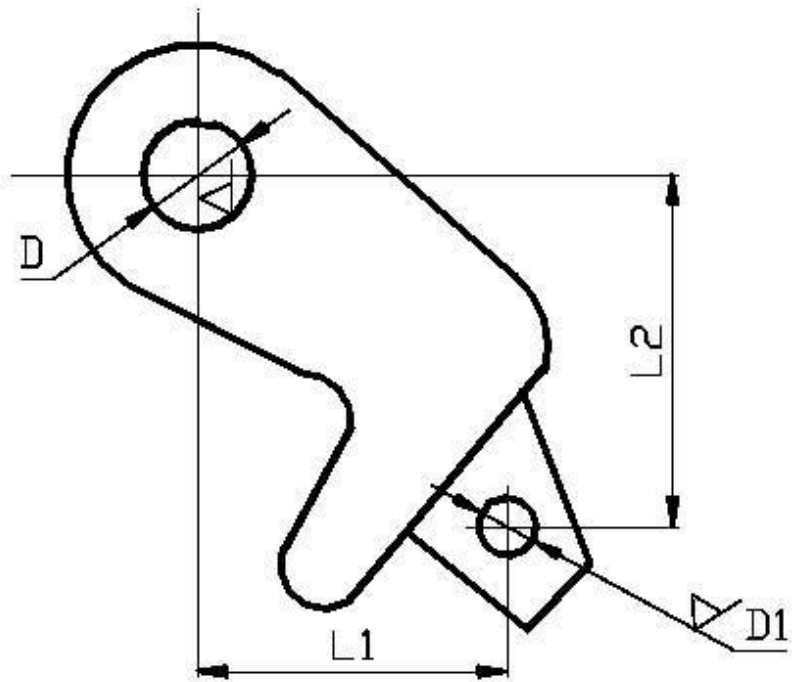
1. В первую очередь обрабатывают поверхности, которые принимают за **базы при последующей обработке**, остальные - обрабатывают в последовательности, **обратной степени их точности** (чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже следует ее обрабатывать);
2. **Последними** обрабатывают поверхности, которые являются **наиболее точными** и имеют наибольшее функциональное значение для работы детали, например, легко повреждаемые поверхности (резьбы и др.);
3. Должен соблюдаться **принцип единства баз**;
4. Операции, где существует **вероятность брака** из-за дефектов в материале или сложности механической обработки, выполняют **в начале процесса**;
5. ТП целесообразно делить на **три стадии обработки: черновую, чистовую и отделочную** (иногда выделяют и получистовую обработку).

Требования при проектировании маршрутных ТП для станков с ЧПУ

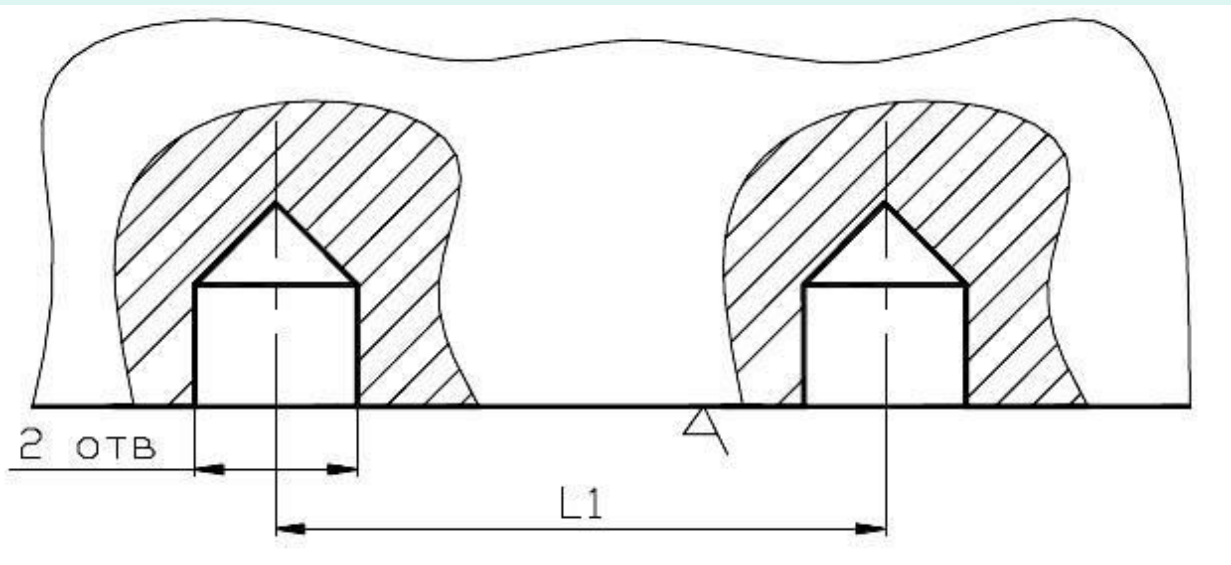
1. При проектировании маршрута обработки необходимо **установить количество установов (положений) детали на столе или шпинделе станка для ее полной обработки. Число установов должно быть минимальным.** Конечная задача - поиск схемы, обеспечивающей наиболее полную обработку детали со всех сторон, наименьшим количеством установов и требуемой при этом оснастки.;
2. При выборе последовательности операций следует учитывать необходимость **совмещения конструкторской или технологической баз и получение технологических баз;**
3. В начале обработки должны быть предусмотрены **разгрузочные операции**, в процессе которых снимают большие слои металла, чем исключается влияние напряжений при последующей обработке.
4. **Подготовка чистовых баз деталей**, обрабатываемых на станках с ЧПУ, в ряде случаев выполняется **на рядом расположенных универсальных станках;**

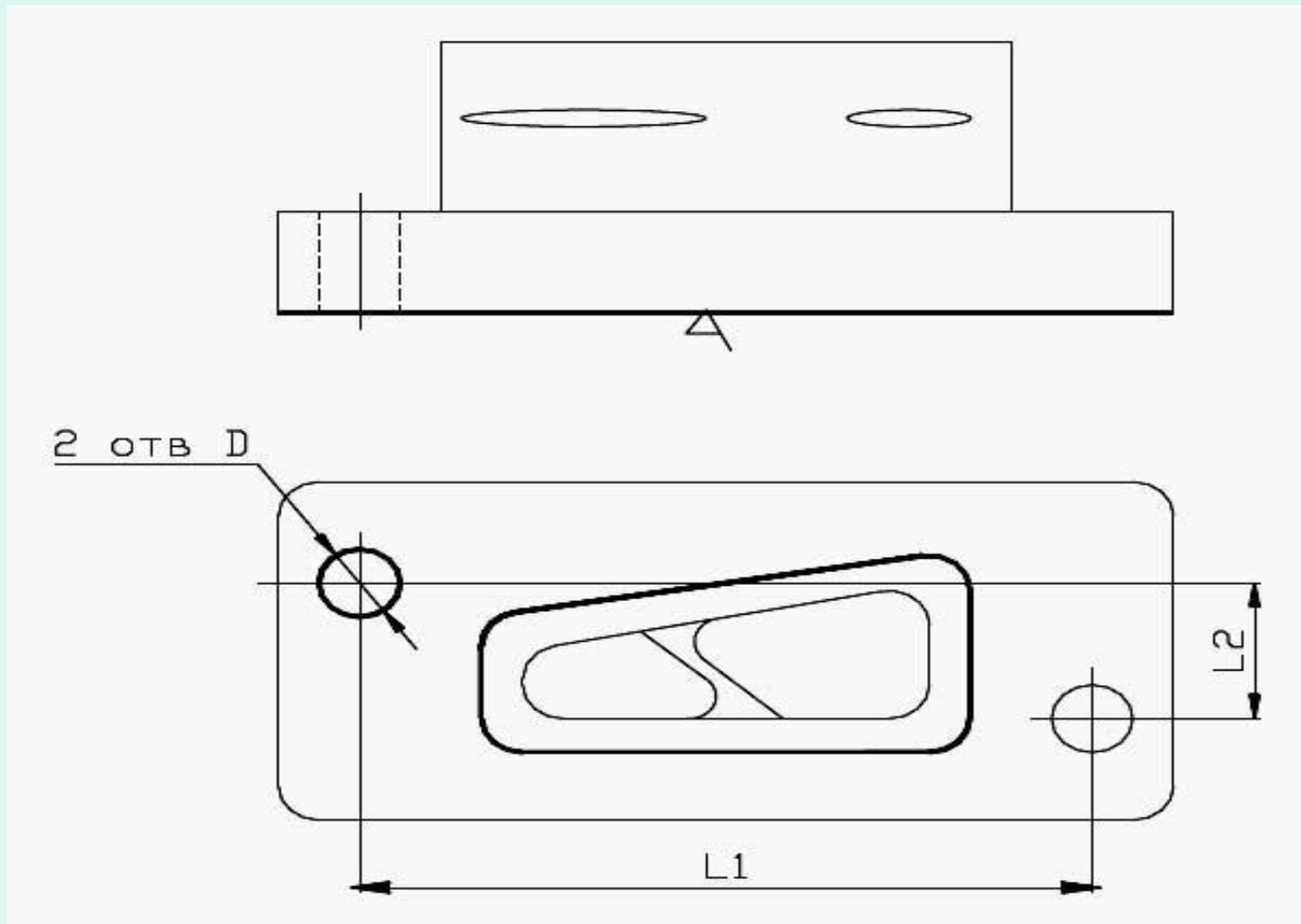


Для токарных станков - **подрезка торцов и центрование деталей; проточка базовых шеек и др.**



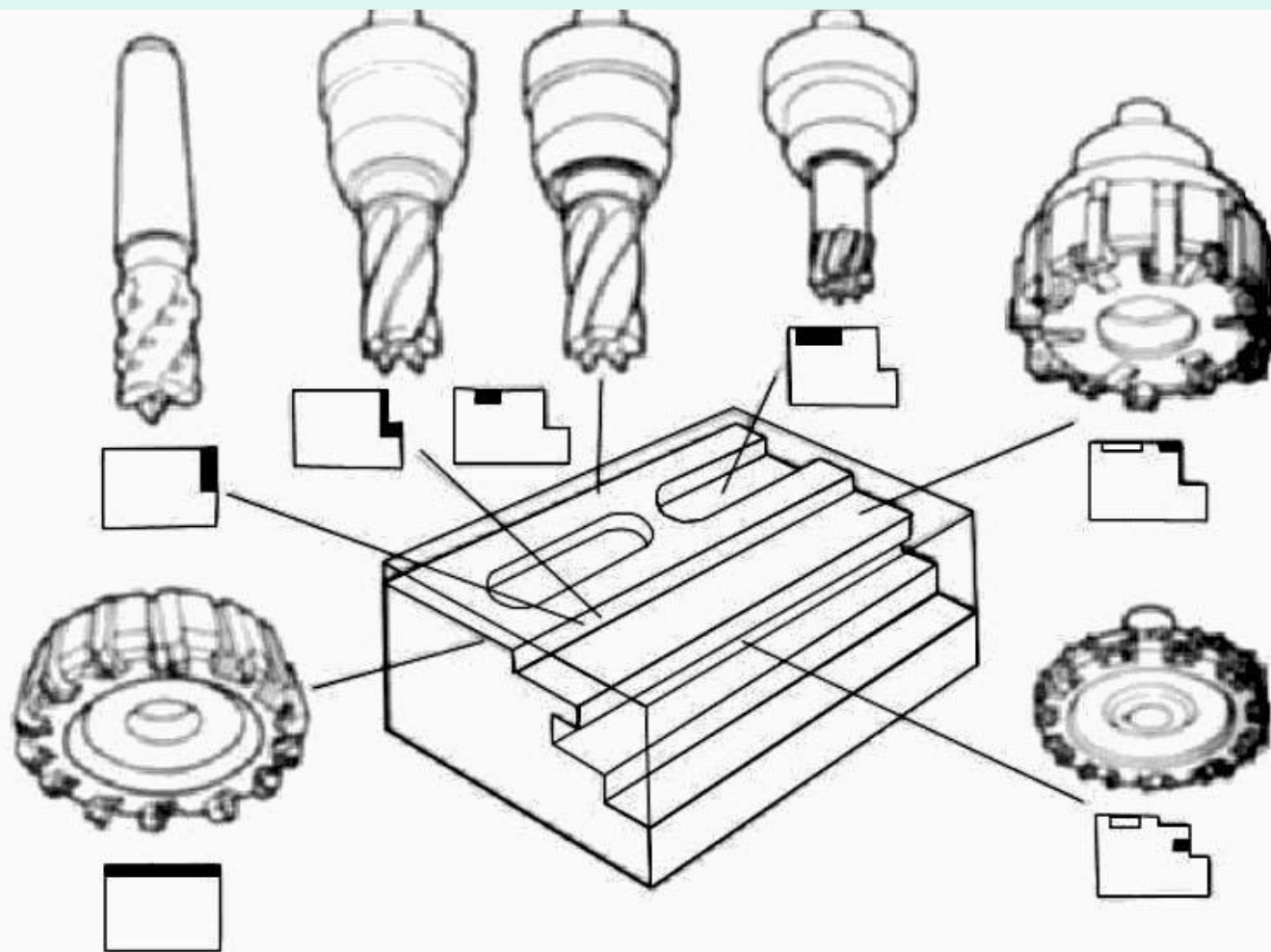
Для фрезерных и других видов обработки — **фрезерование базовой плоскости и обработка базовых отверстий**





В отдельных случаях одновременно с обработкой баз рекомендуется **черновая обработка по простому контуру**, при которой удаляется часть припуска

5. В процессе разработки схемы последовательности обработки детали выполняют эскизное **проектирование приспособления для базирования и закрепления заготовки на каждом установе;**
6. После выяснения требуемого числа и последовательности установов, задают **последовательность обработки детали по зонам.**



Зона образована конструктивными элементами детали (внутренний и наружный контуры, окна, приливы и т.п.). В каждой зоне выделяют отдельные элементы (торец, внутренний контур, окна, отверстия), для которых устанавливают вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры инструментов. Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри зоны, так и по всем зонам. **Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали и выяснить возможность обработки всех доступных зон на данном установе.**

чистовая) и требуемые типоразмеры инструментов. Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри зоны, так и по всем зонам. **Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали и выяснить возможность обработки всех доступных зон на данном установе.**

7. Последовательность обработки детали по зонам определяется конструкцией детали и заготовки. При установлении такой последовательности, где это возможно, **следует придерживаться принципа, обеспечивающего максимальную жесткость детали на каждом участке обработки.**

Так, обработку корпусной детали с ребрами целесообразно начинать с фрезерования торцов ребер до обработки контура детали, так как ребра при этом будут более жесткими. Далее целесообразно обработать **внешний контур**, а потом **внутренний** — окна, колодцы.

Внутренний контур детали следует обрабатывать от центра к периферии.

На **токарных станках**, когда последовательность обработки зон детали ничем не обусловлена, обработку следует начинать с **более жесткой части** (большого диаметра) и заканчивать **зоной малой жесткости**. Получистовую и чистовую обработку, для которой требуется обычно несколько инструментов, целесообразно вести на станках, имеющих магазин инструментов.

Последовательность обработки элементов детали, находящихся в каждой зоне, определяют на стадии проектирования операционного ТП.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите уровни детализации ТП обработки деталей на станках с ЧПУ. элементарные перемещения, технологическая команда.
2. Какие основные стадии разработки ТП на станках с ЧПУ.
3. Назовите этапы и последовательность их выполнения на стадии разработки маршрута ТП обработки деталей на станках с ЧПУ.
4. Назовите этапы и последовательность их выполнения на стадии разработки операционного ТП обработки деталей на станках с ЧПУ.
5. Назовите этапы и последовательность их выполнения на стадии разработки управляющей программы обработки деталей на станках с ЧПУ.
6. Какими основными принципами руководствуется технолог-программист при выборе номенклатуры заготовок обрабатываемых на станках с ЧПУ?
7. Какова цель анализа чертежа детали? Что изучают при анализе чертежа детали?
8. Что изучают и по каким направлениям проводят критическую оценку при анализе ТП детали аналога ?

9. Что понимают под «технологичностью конструкции детали» при обработке на станках с ЧПУ?

10. Назовите общие требования к технологичности деталей.

11. Какие методы используют при проектировании маршрутных ТП обработки деталей на станках с ЧПУ?

12. Какими общими принципами руководствуются при проектировании маршрутных ТП обработки деталей на станках с ЧПУ?

13. Сформулируйте требования которые необходимо учитывать при разработке маршрутных ТП обработки деталей на станках с ЧПУ.

9.

9.