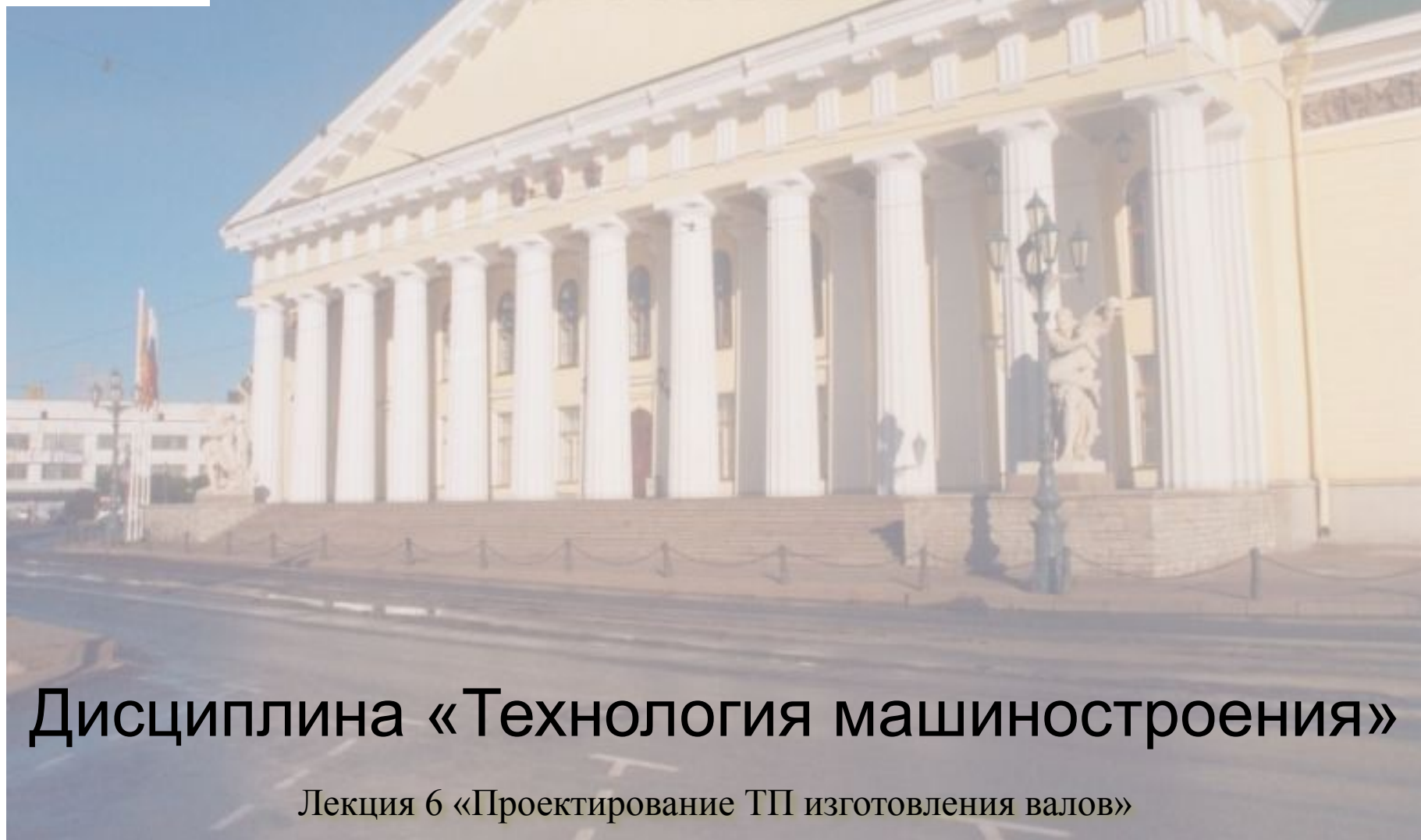




Государственное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Дисциплина «Технология машиностроения»

Лекция 6 «Проектирование ТП изготовления валов»

Проектирование ТП изготовления валов

Основное назначение вала – передача крутящего момента вдоль своей осевой линии и в большинстве случаев поддержание вращающихся вместе с ним других деталей, посредством которых валом воспринимается и передается крутящий момент.

Валы различают по:

- служебному назначению;
- конструктивной форме;
- размерам;
- материалу.


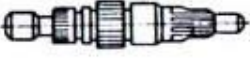



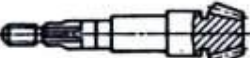
Несмотря на это, при разработке технологического процесса изготовления валов приходится решать многие однотипные задачи. Поэтому целесообразно пользоваться типовыми процессами, которые созданы на основе классификации.






В общем машиностроении встречаются валы:

- бесступенчатые и ступенчатые;
- цельные и пустотелые;
- гладкие и шлицевые;
- валы-шестерни;
- комбинированные в разнообразном сочетании.

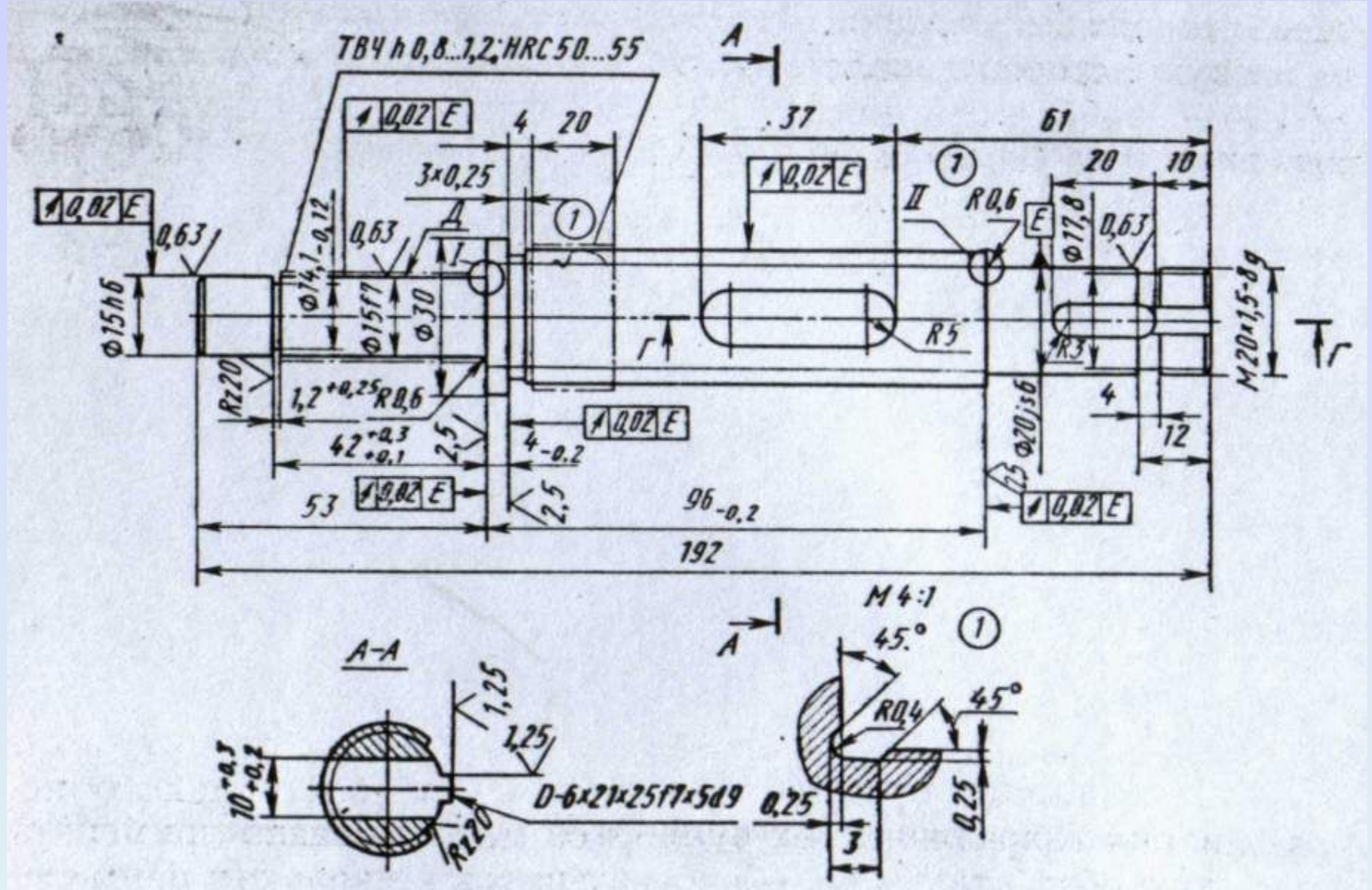
Наибольшее распространение имеют ступенчатые валы. Среди них 85% составляют валы длиной 150...1000 мм.

Классификация ступенчатых валов

Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150 ... 500	500 ... 1000
Вал без центрального отверстия	1	Вал без шлицев и зубчатых колес		1-1-1	1-11-1
		Вал со шлицем		1-1-2	1-11-2
		Вал-шестерня без шлицев		1-1-3	1-11-3
				1-1-3	1-11-3
		Вал-шестерня цилиндрический со шлицами		1-1-4	1-11-4
		Вал-шестерня конический со шлицами		1-1-5	1-11-5

Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150 ... 500	500 ... 1000
Вал с центральным отверстием	2	Вал без шлицев и зубчатых колес		2-1-1	2-11-1
		Вал со шлицами		2-1-2	2-11-2
		Вал-шестерня со шлицами		2-1-3	—
				2-1-3	—
Вал-рейка		—	2-11-3		

Вал ступенчатый



Материалы для изготовления валов должны:

- обладать высокой прочностью;
- обладать хорошей обрабатываемостью;
- обладать малой чувствительностью к концентрации напряжений;
- должны подвергаться термической обработке для повышения износостойкости.

Поэтому валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей.

Этим требованиям наиболее полно отвечают стали 35, 40, 45, 40Х, 50Х, 40Г2 и др.

Легированные стали по сравнению с конструкционными применяют реже ввиду их более высокой стоимости, а также повышенной чувствительности к концентрации напряжений.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от:

- вида материала;
 - размеров и конфигурации заготовки;
 - характера производства.
-

Способы получения заготовок

Отрезанием от горячекатаных или холодно-тянутых нормальных прутков заготовки получают:

- в единичном и мелкосерийном производстве;
- при изготовлении валов с небольшим числом ступеней и незначительными перепадами диаметров.

После этого их сразу подвергают механической обработке.

В производстве с достаточно большим масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации со ступенями, значительно различающимися по диаметру, заготовки целесообразно получать методами пластического деформирования:

- ковка;
 - штамповка;
 - периодический прокат;
 - обжатие на ротационно-ковочной машине.
-

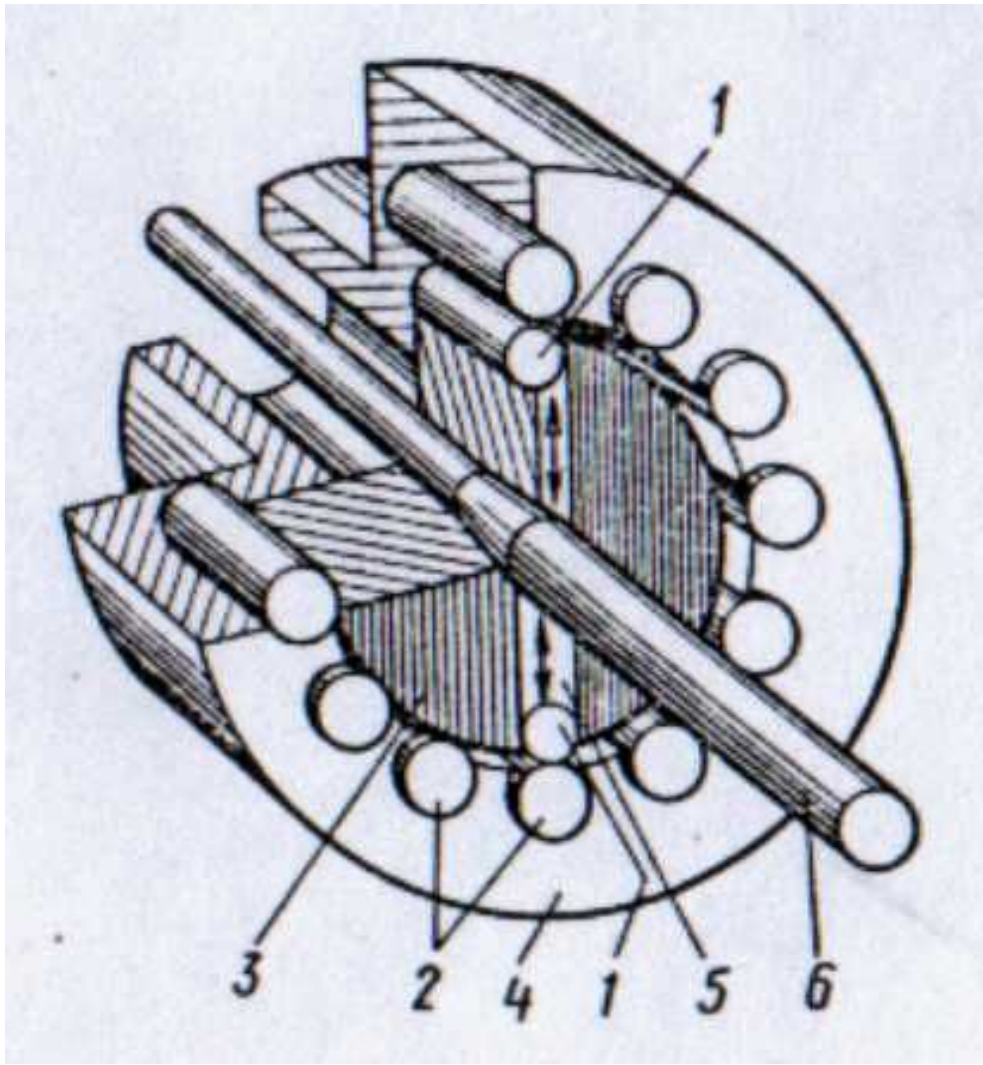
Эти методы позволяют получать заготовки по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки.

При механической обработке валов на предварительно настроенных и автоматизированных станках точность заготовки также приобретает большое значение.

Заготовки, полученные методом радиального обжата, отличаются малыми припусками и высокой точностью.

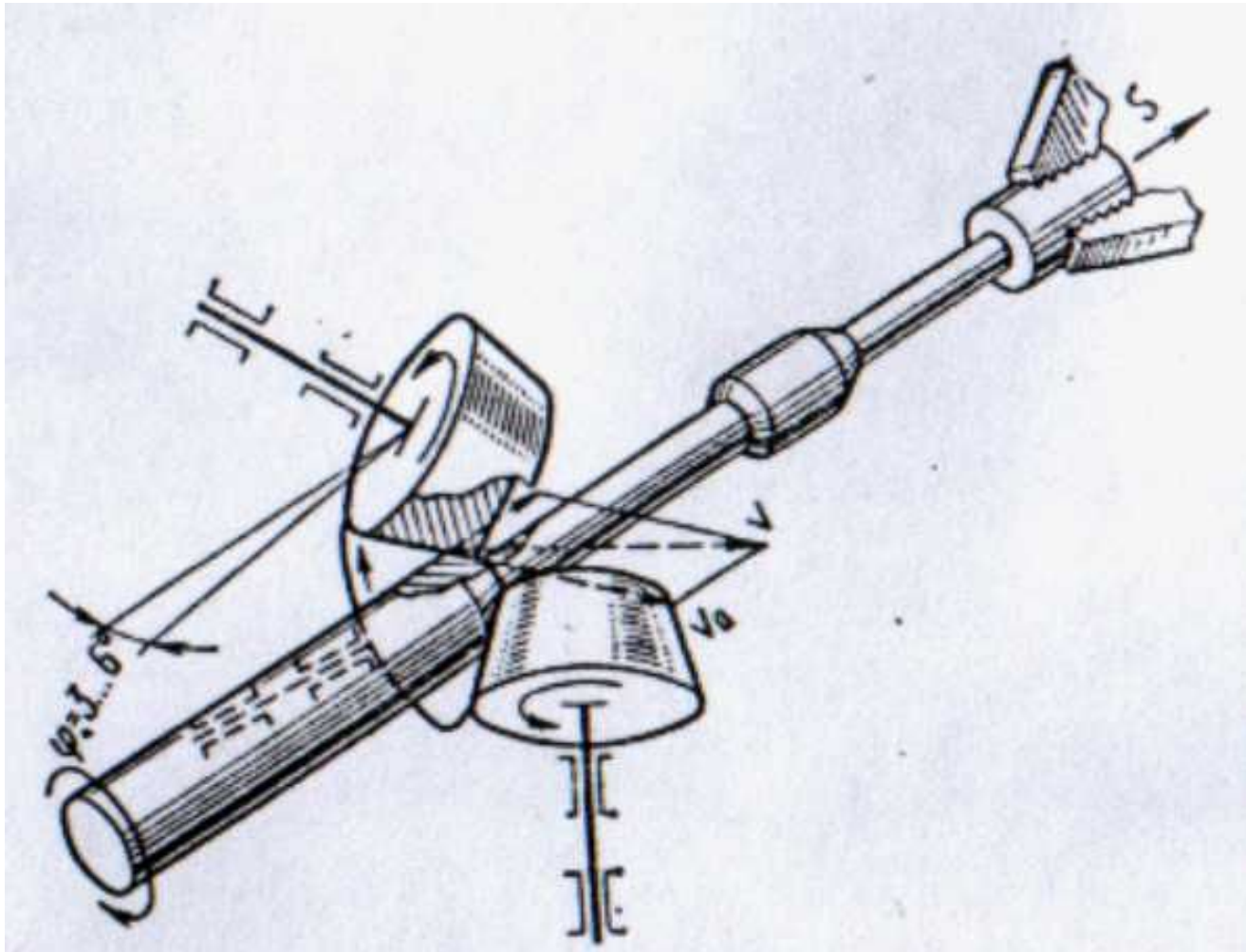
Оригинальным процессом непрерывного изготовления заготовок ступенчатых валов является прокатка их на трехвалковых станах.

Схема радиального обжатия



- 1 – ролики;
- 2 – ролики;
- 3 – шпиндель;
- 4 – обойма;
- 5 – бойки с матрицами;
- 6 – заготовка.

Схема поперечно-винтовой прокатки вдоль переменного сечения по длине на трехвалковых станах



ТП изготовления ступенчатых валов

ТП зависит от масштаба выпуска и конструкции вала, необходимости проведения термической обработки и ее вида.

Из конструктивных элементов существенное влияние на структуру ТП оказывают:

- шлицы;
- зубчатые зацепления.

Типовые технологические процессы механической обработки ступенчатых валов в серийном производстве

Вал		Термическая обработка	Операции. Рекомендуемые станки									
Наименование	Обозначение		Фрезерование торцов и зацентровка. Фре- зерно-центровальные станки МР37, МР71, МР78.	Черновая токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Термическая обработка – улучшение	Чистовая токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Предварительное шлифование. Кругло-шлифовальные станки 3М151, 3А152, 3М151Ф2	Фрезерование шпоночных пазов. Кон- сольно-фрезерные станки 6М81Г, 6М11	Фрезерование шлицев. Шлицефрезер- ный станок 5350А	Фрезерование зубьев. Зубофрезерный станок 5350	Закругление зубьев. Зубозакругляющий станок 5580
Валы без шлицев и шестерен	1 – 1 – 1	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X	X	X	X		
Валы со шлицами	1 – 1 – 2	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X	X	X	X		
Валы-шес- терни без шлицев	1 – 1 – 3	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X	X	X		X	X
Валы-шес- терни цилин- дрические со шлицами	1 – 1 – 4	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X	X X	X	X	X	X

Типовые технологические процессы механической обработки ступенчатых валов в серийном производстве

Вал		Термическая обработка	Операции. Рекомендуемые станки								
Наименование	Обозначение		Шевингование зубьев. Шевинговальные станки 5М714, 5702.	Нарезание резьбы. Токарно-винторезные станки 1А616, 16К20	Термическая обработка – закалка	Окончательное шлифование поверхностей. Круглошлифовальные станки 3М151, 3М153А	Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350А	Шлифование шлицев. Шлицешлифовальные станки 3Б451П, 3451	Шлифование зубьев. Зубошлифовальный станок 5831	Калибровка резьбы, зачистка заусенцев	Промывка
Валы без шлицев и шестерен	1 – 1 – 1	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение			X	X X				X X	X X
Валы со шлицами	1 – 1 – 2	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение		X X	X	X X	X	X	X	X X	X X
Валы-шестерни без шлицев	1 – 1 – 3	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение	X X		X	X X			X	X X	X X
Валы-шестерни цилиндрические со шлицами	1 – 1 – 4	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение	X X X	X X	X	X X X	X	X	X	X X X	X X X

Основными базами большинства валов являются поверхности его опорных шеек.

Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз, что очень важно при автоматизации ТП.

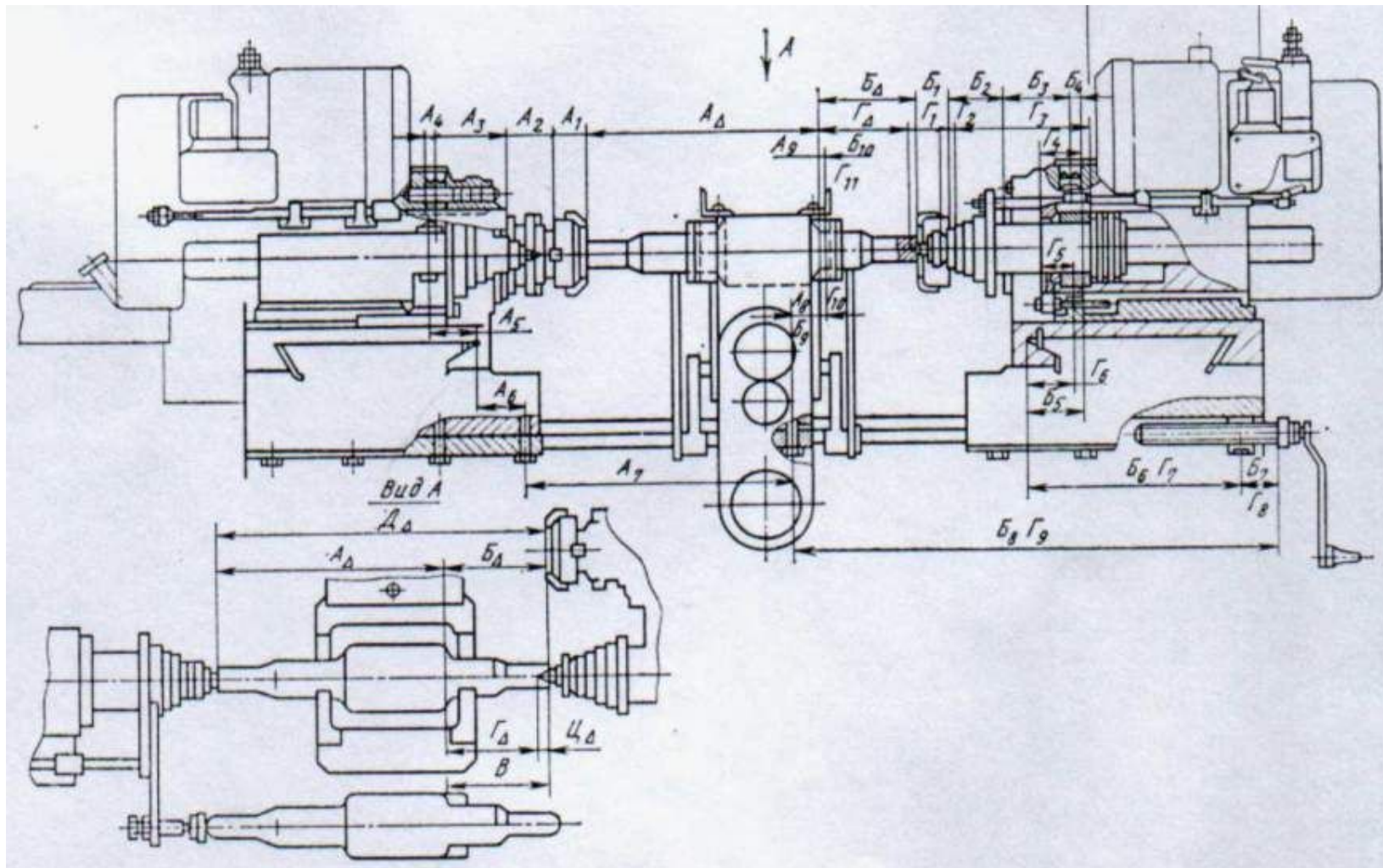
Поэтому на большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки.

Это позволяет обработать почти все наружные поверхности вала на единых базах с установкой его в центрах.

В связи с этим механическую обработку валов начинают с операции подготовки технологических баз – подрезания (фрезерования) торцов и их зацентровки.

В зависимости от типа производства (единичное, серийное, крупносерийное) эту операцию можно производить как на токарных и револьверных станках, так и на центровальных и фрезерно-центровальных станках.

Схема размерных цепей, с помощью которых обеспечивается точность линейных размеров вала при торцовке и зацентровке заготовки на фрезерно-центровальном станке



Наружные поверхности ступенчатых валов
обтачивают на:

- токарных станках;
 - токарно-копировальных полуавтоматах;
 - горизонтальных многорезцовых полуавтоматах;
 - вертикальных автоматах;
 - токарных станках с ЧПУ.
-

Обработка вала на горизонтальном многорезцовом станке

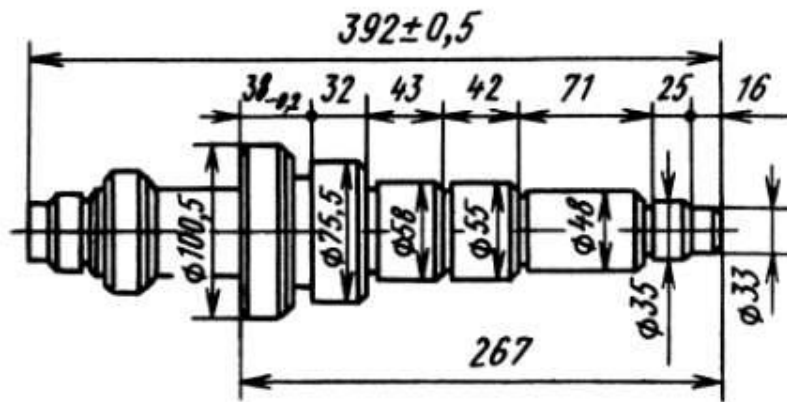


Схема размеров,
выдерживаемых при
обработке заготовки

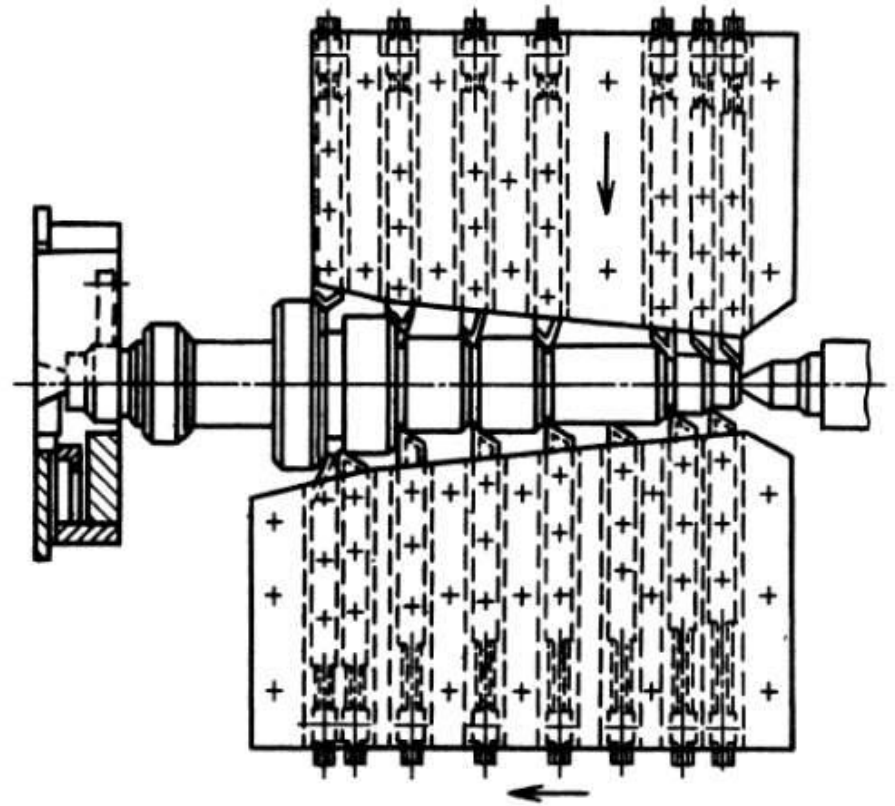
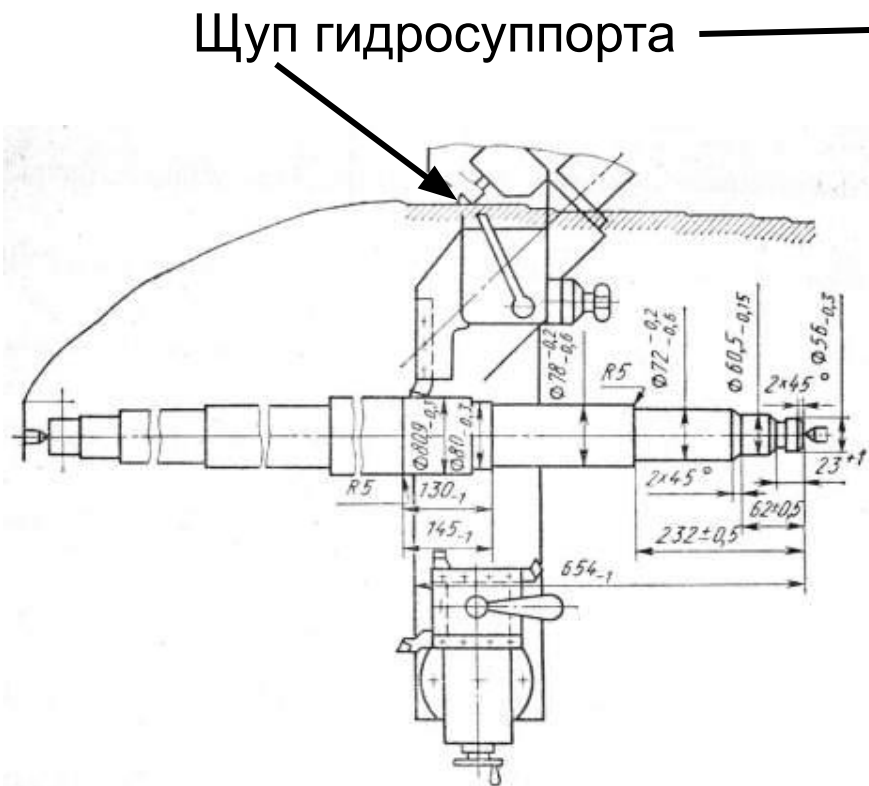


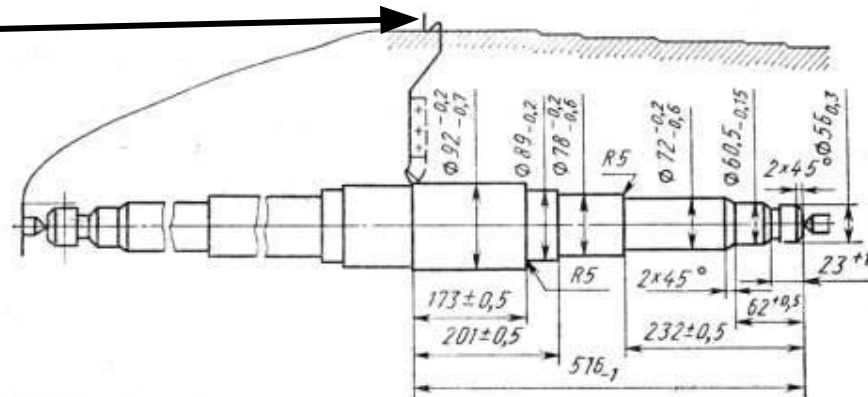
Схема обработки заготовки

Схема наладки токарно-копировального полуавтомата с гидрокопировальным суппортом

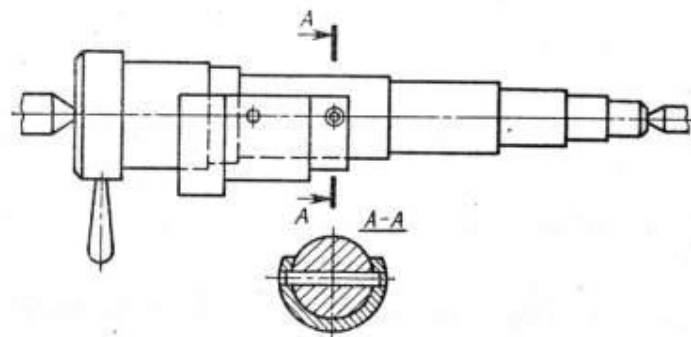
Щуп гидросуппорта



Обработка заготовки на первом установе

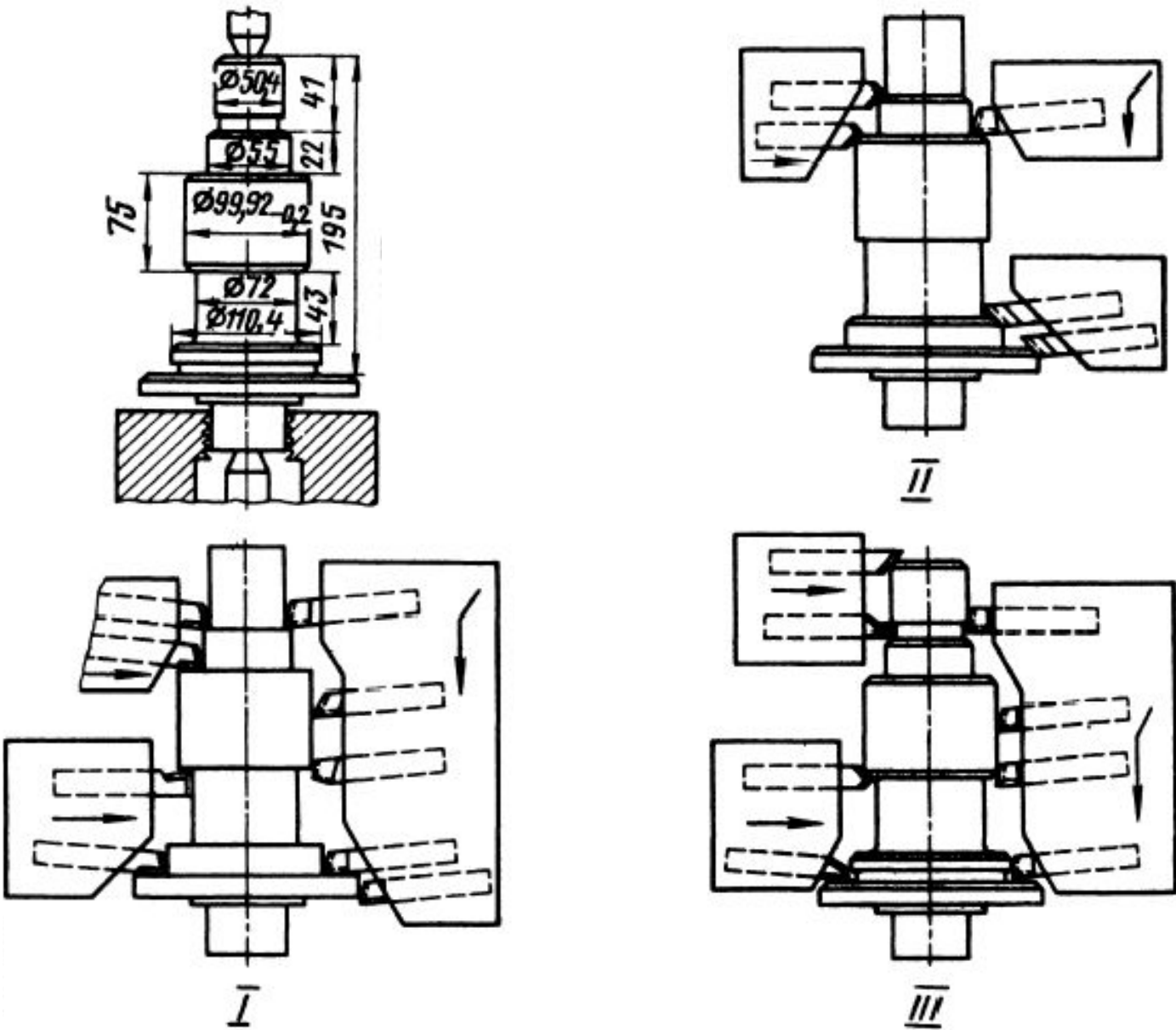


Обработка заготовки на втором установе



Комбинированный поворотный копир

Обработка вала на вертикальном автомате

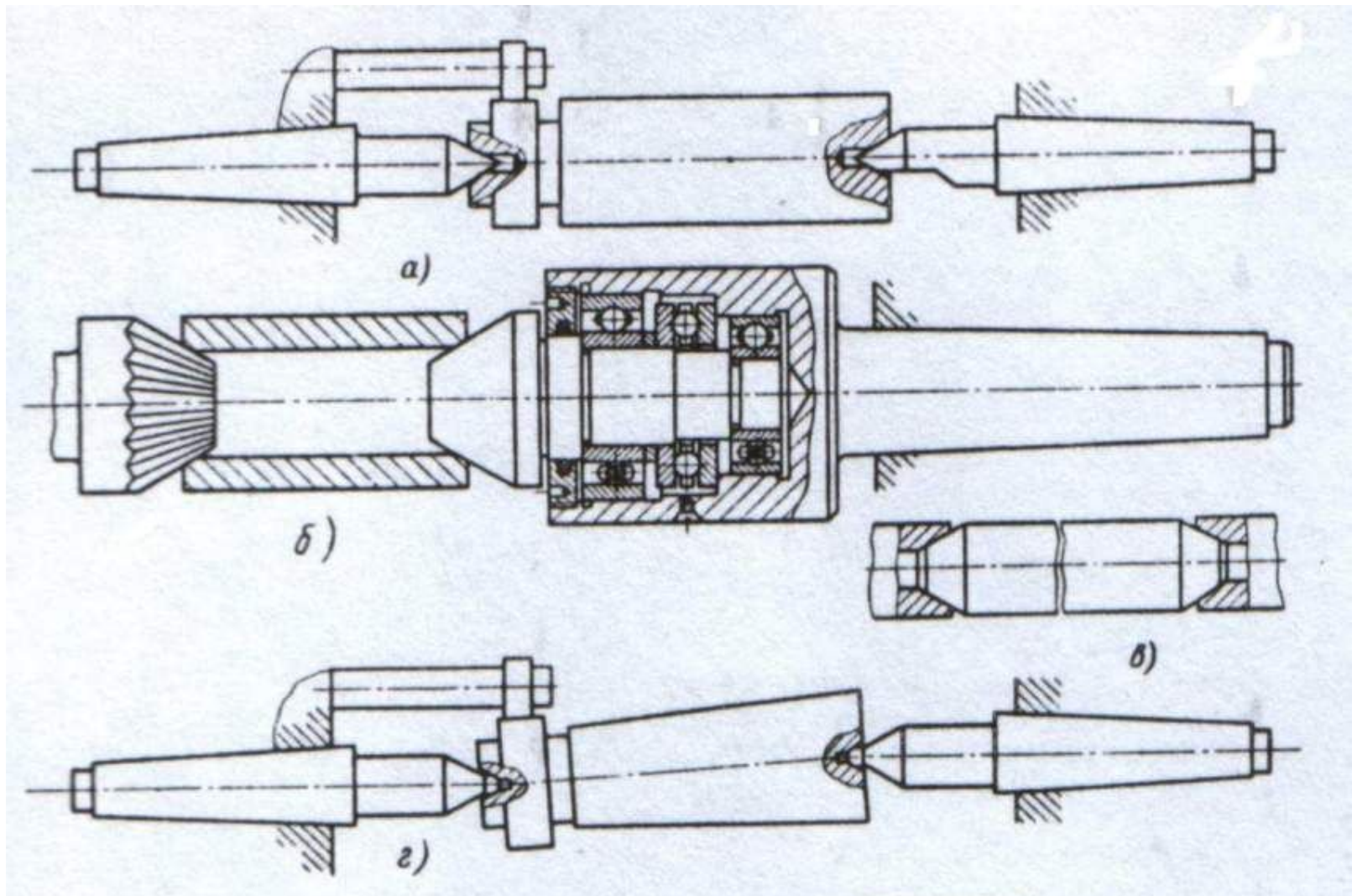


Обработку валов наиболее часто ведут при установке заготовок в центрах.

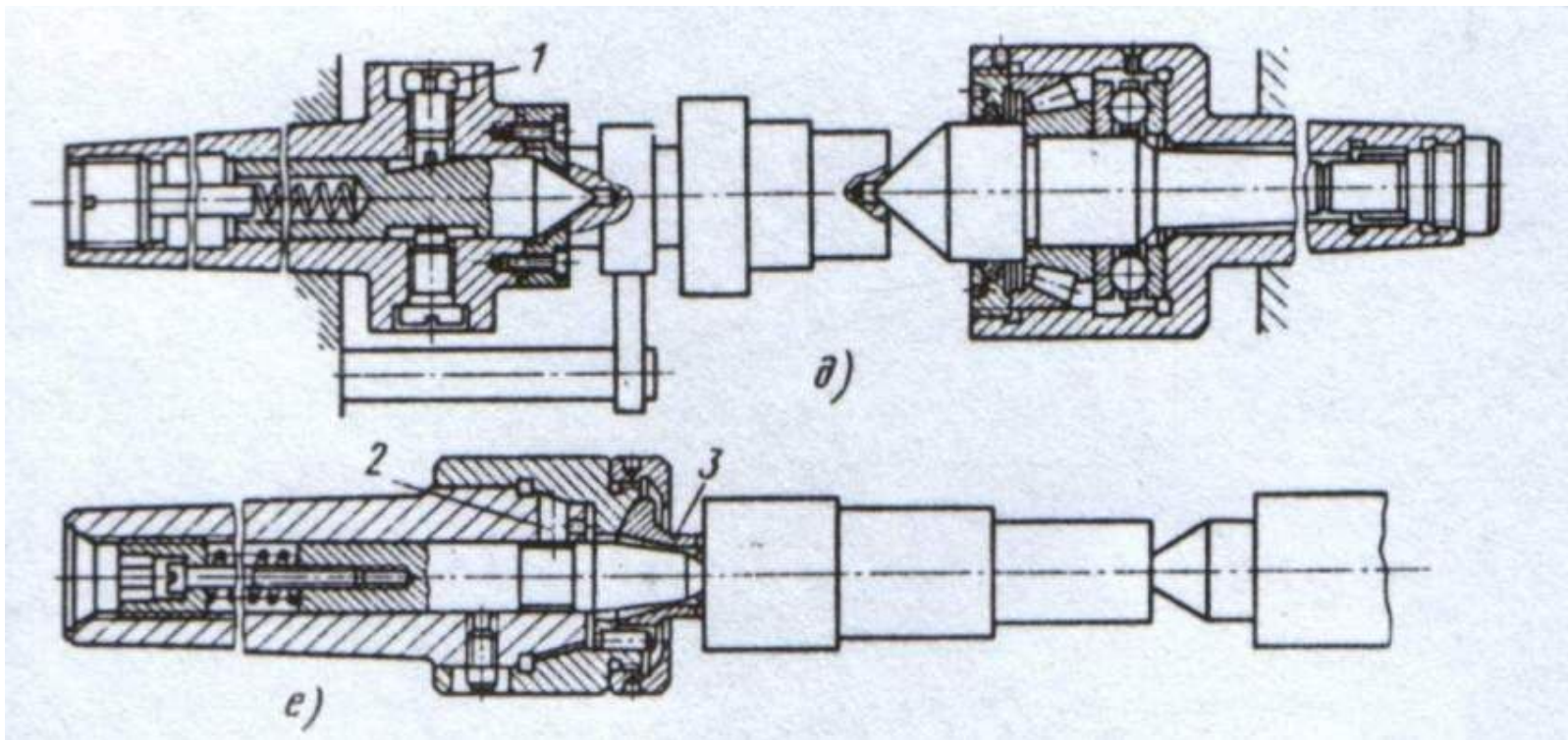
При обработке валов в центрах для выдерживания линейных размеров от постоянной базы рекомендуется применять плавающие передние центра с упором торца заготовки в упорное кольцо. Это позволит предотвращать погрешности по глубине зацентровки.

При обработке валиков с одной установки напроход по всей длине заготовки применяют специальные торцовые поводковые центра.

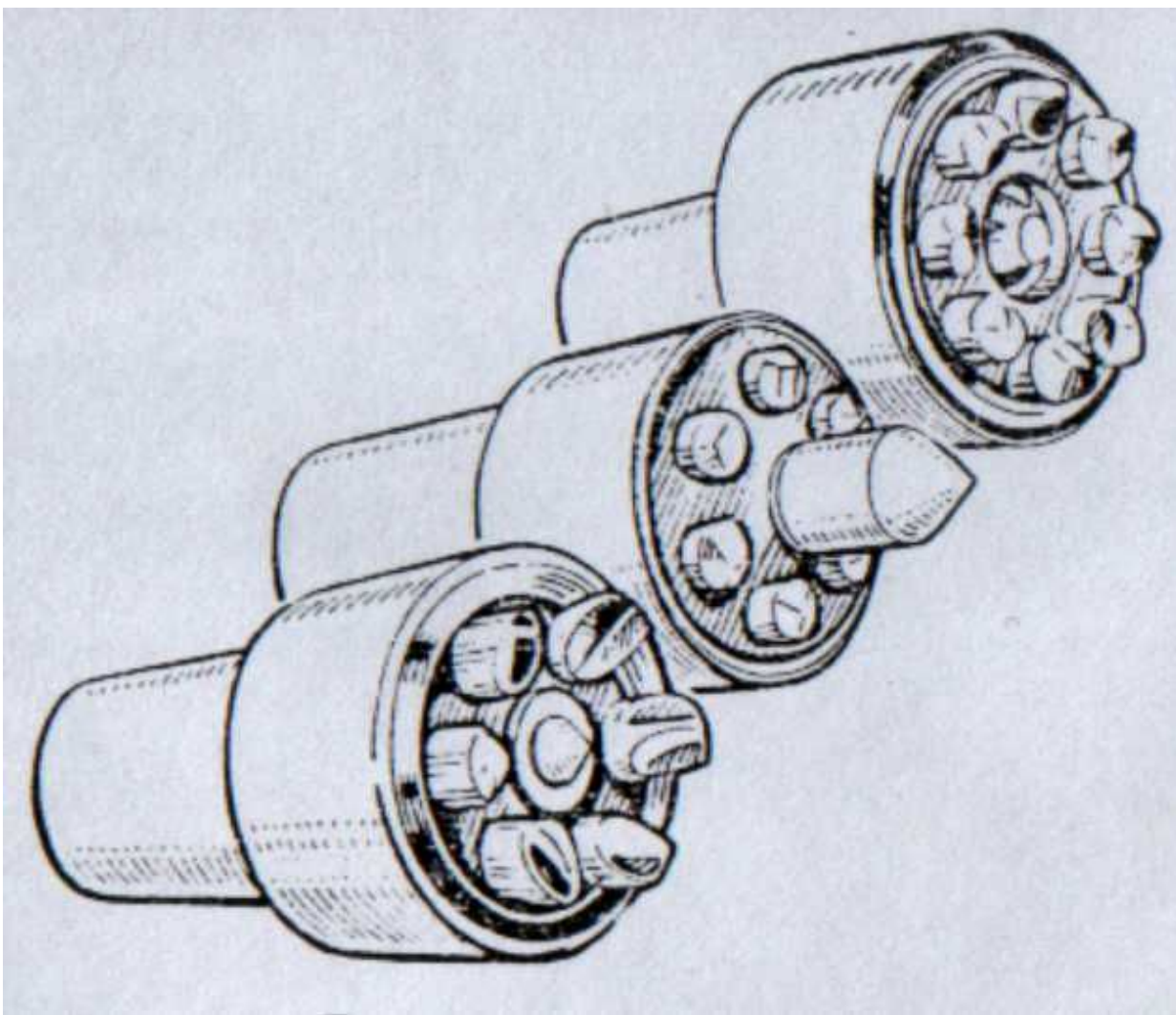
Схемы установки заготовок в центрах с передним жестким центром



Схемы установки заготовок в центрах с передним плавающим центром



Торцовые поводковые центры



Обработка шлицев на валах

Шлицевые соединения валов и втулок представляют собой многошпоночные соединения, у которых шпонки, называемые шлицами, или зубьями, выполнены за одно целое с валом и служат для передачи вращательных движений и крутящих моментов.

По конструкции шлицы могут быть:

- прямоугольными;
- эвольвентными.

Шлицевое соединение с прямобочными шлицами можно выполнить с центрированием втулки:

- по наружному диаметру вала;
- по внутреннему диаметру вала.

Соединение с эвольвентными шлицами центрируют по профилю.

Шлицы нарезают:

- фрезерованием;
- строганием;
- протягиванием;
- холодным накатыванием.

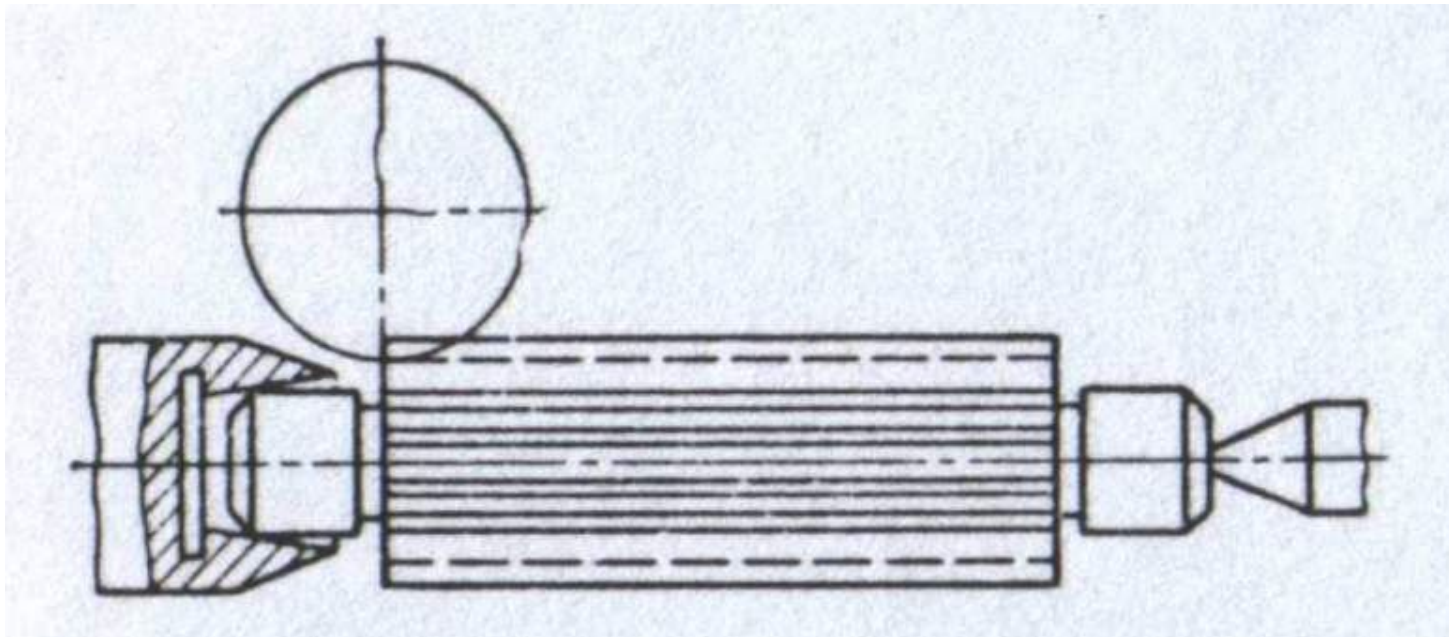
Технологический процесс обработки шлицев зависит от метода центрирования шлицевого соединения и термической обработки.

В качестве технологических баз обычно используют поверхности центровых отверстий.

Однако валы с короткими опорными шейками, к которым непосредственно выходят шлицы, нельзя устанавливать в центрах с хомутами, так как он не дает выхода червячной фрезе.

В этом случае шлицевой валик со стороны шпинделя базируется по шлифованной опорной шейке в специальной оправке с обратным корпусом.

Схема сквозного фрезерования шлицев с применением оправки с обратным конусом



У закаливаемых валов шлицы рекомендуется фрезеровать после предварительного шлифования, а у незакаливаемых – после чистового шлифования наружной поверхности.

Шлицы закаливаемых валов и центрируемые по наружной поверхности обрабатывают в такой последовательности:

- фрезерование шлицев с припуском под шлифование боковых поверхностей;
- чистовое шлифование боковых поверхностей шлицев после ТО и чистового наружного шлифования.

Обработка шлицев таких же валов, но незакаливаемых, ограничивается только чистовым фрезерованием после чистового шлифования наружной поверхности.

Шлицы валов, центрируемых по поверхности внутреннего диаметра, обрабатывают в такой последовательности:

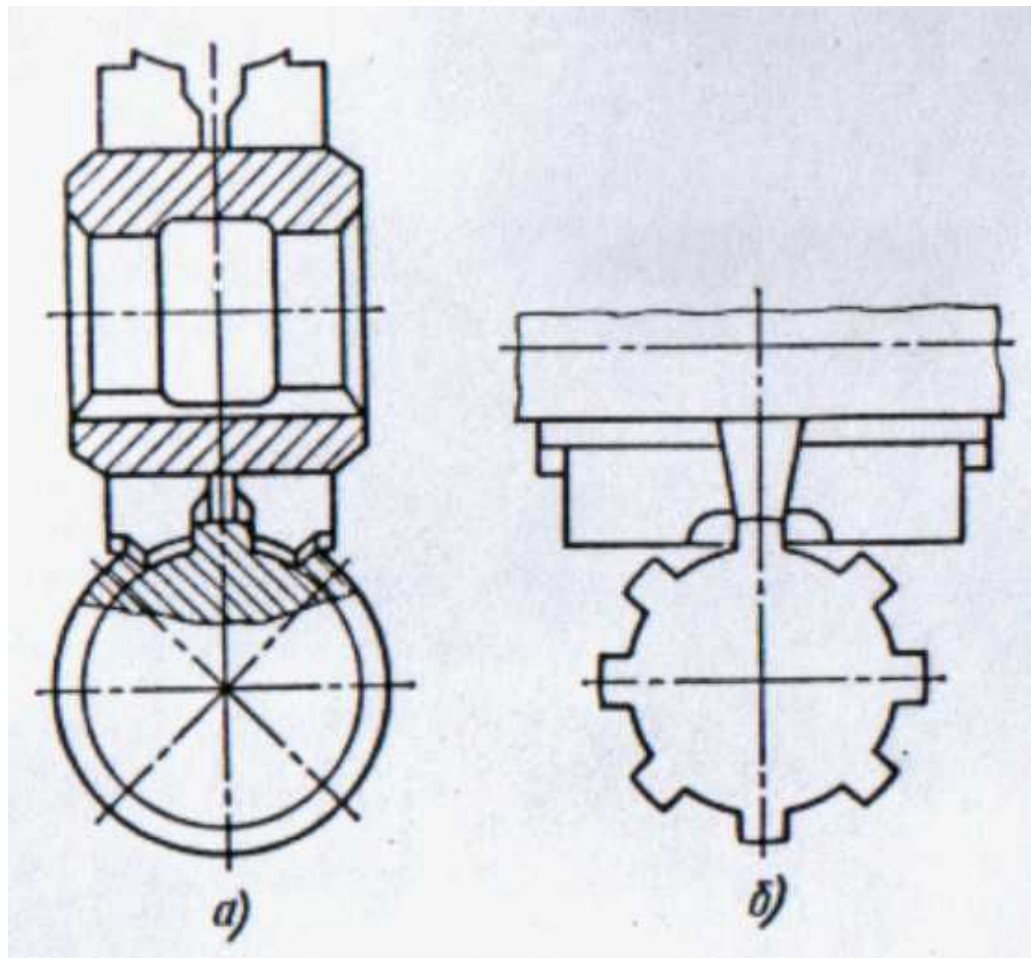
- фрезерование шлицев с припуском под шлифование;
- фрезерование канавок для выхода круга при шлифовании центрирующей поверхности по внутреннему диаметру (в случае, если канавки не обработаны на первой операции фрезой совместно со шлицами);
- чистовое шлифование боковых поверхностей и центрирующей поверхности по внутреннему диаметру после термической обработки.

Прогрессивные методы образования прямоугольных шлицев

Предварительное фрезерование фасонными дисковыми фрезами и чистовое фрезерование боковых поверхностей шлицев торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава

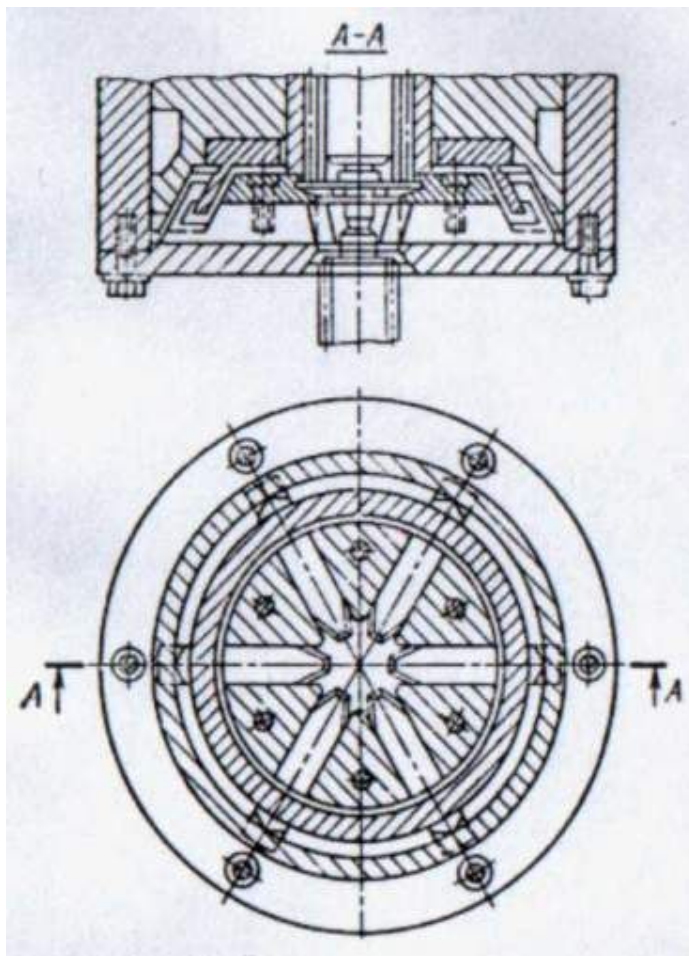
а – предварительная обработка

б – чистовая обработка

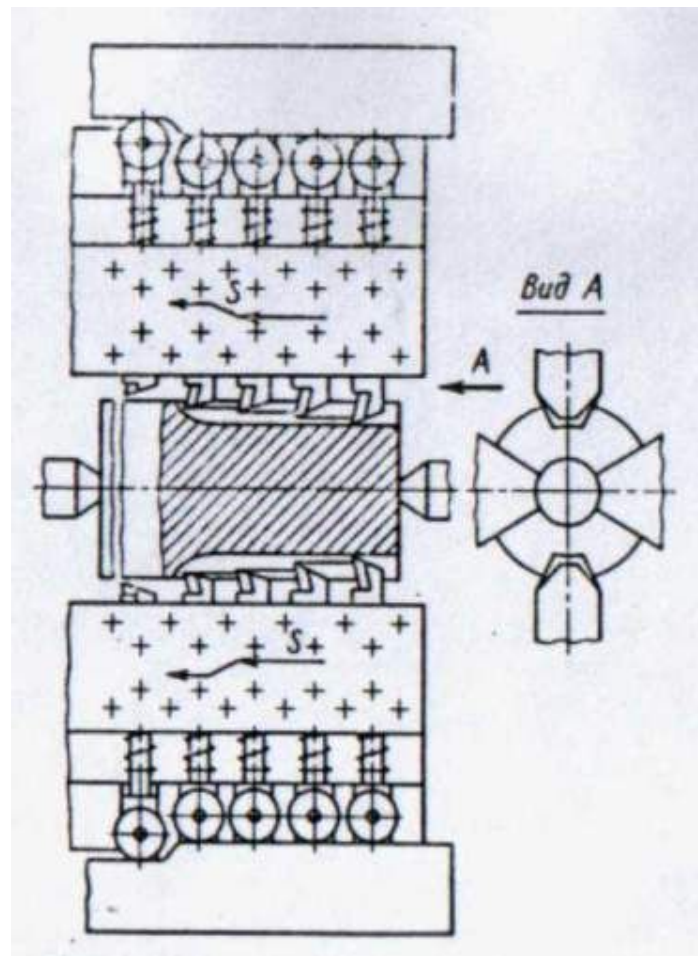


Прогрессивные методы образования прямобочных шлицев (продолжение)

Контурное
шлицестрогание

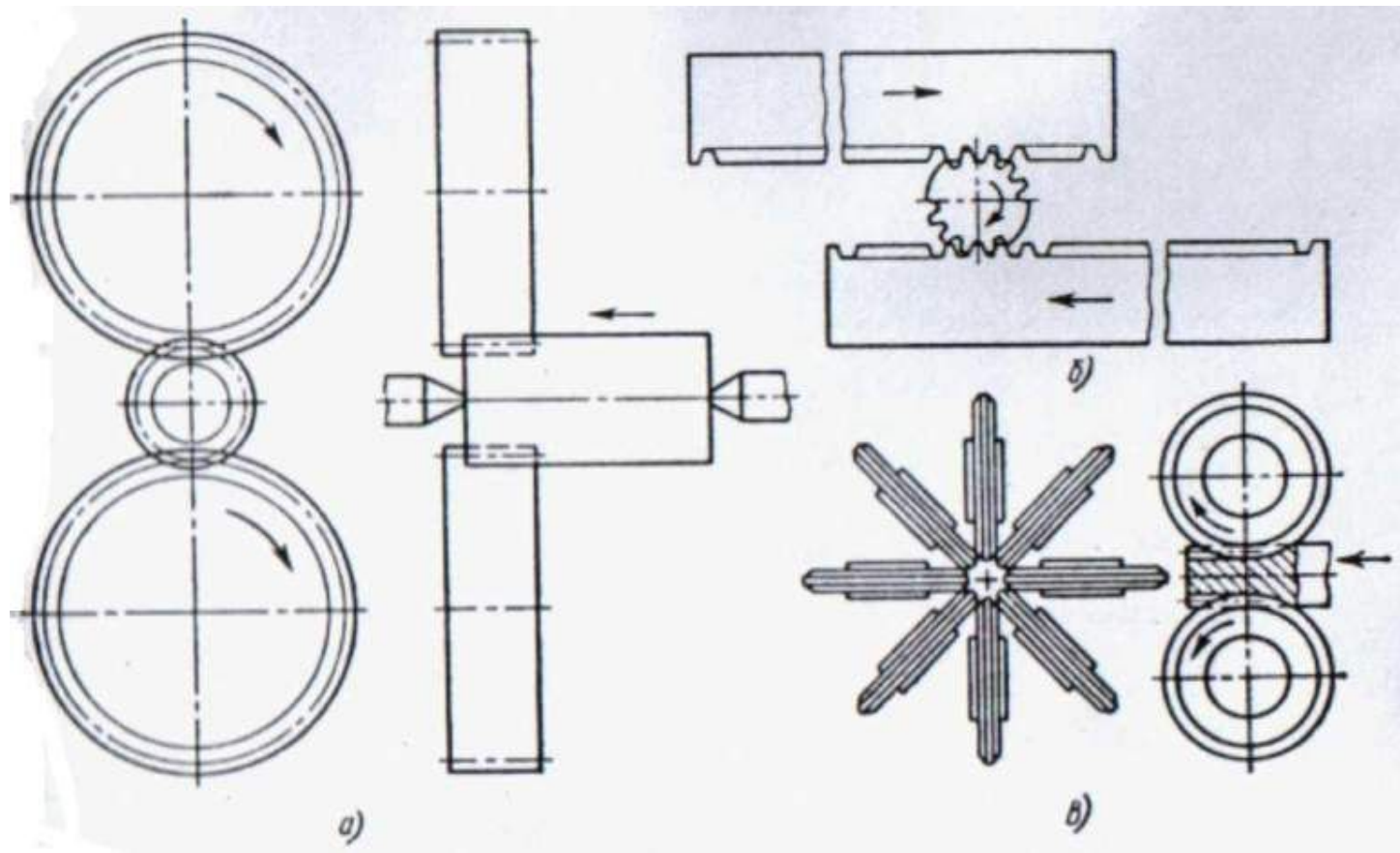


Контурное
шлицепротягивание



Прогрессивные методы образования прямобочных шлицев (окончание)

Накатывание пластическим деформированием без снятия стружки



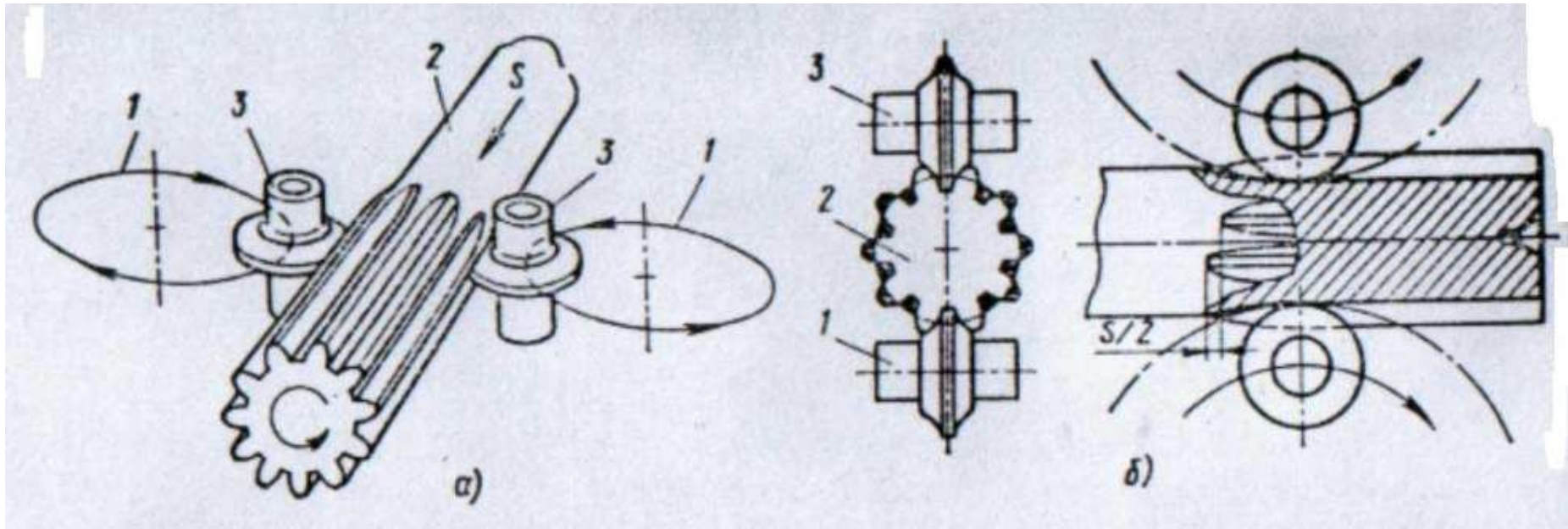
а – круглыми роликами; б – рейками; в – многороликовой головкой

Уплотнение слоя металла при накатывании повышает прочность шлицевых валов.

Холодной накаткой в основном делают эвольвентные шлицы, так как для прямобочных шлицев значительно усложняется профиль рабочих поверхностей накатных роликов, что требует специального оборудования для их изготовления.

Диаметр заготовки при накатывании меньше наружного диаметра детали и точность диаметра под накатку значительно выше точности диаметра под шлицефрезерование.

Схема накатывания шлицев планетарным методом



а – схема движения роликов и заготовки

б – схема формирования шлицев при накатке

1 – траектория движения роликов;

2 – заготовка; 3 – ролики

Обработка шпоночных пазов на валах

Шпоночные пазы в зависимости от их формы в основном обрабатывают:

- пальцевыми фрезами;
- дисковыми фрезами.

Точность глубины шпоночных пазов и параллельность образующих их поверхностей относительно оси вала во многом зависят от выбора технологических баз для установки вала на станке.

Максимальная точность обработки получается, если в качестве технологических баз используют поверхности центровых отверстий при установке вала в центрах.

Если в качестве технологических баз используют наружные цилиндрические поверхности вала с установкой его на призмы, то добавляются погрешности установки, связанные с колебаниями диаметра вала.

Использование самоцентрирующих тисков до минимума уменьшает погрешность установки.

Схема базирования вала в неподвижной призме

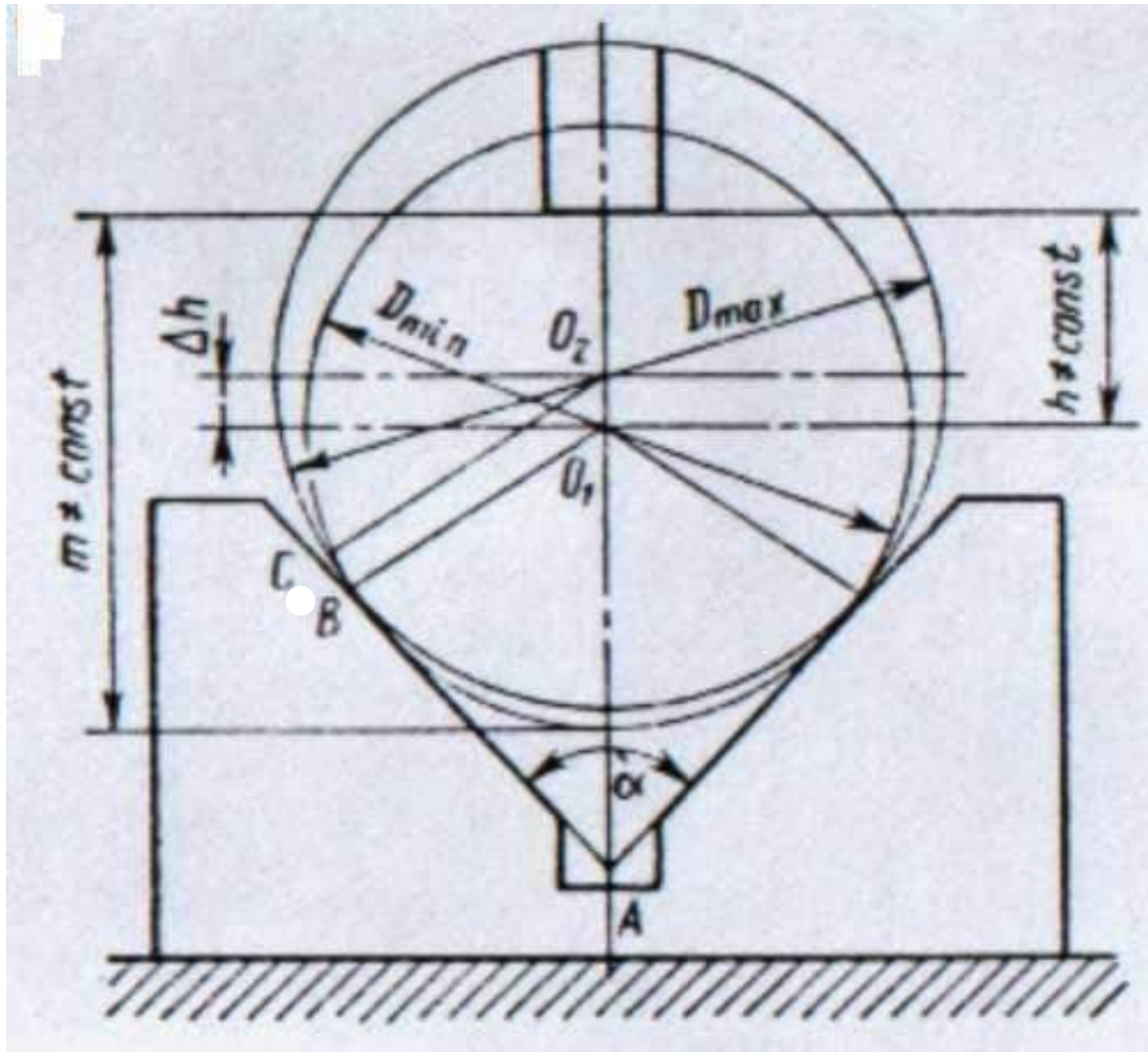
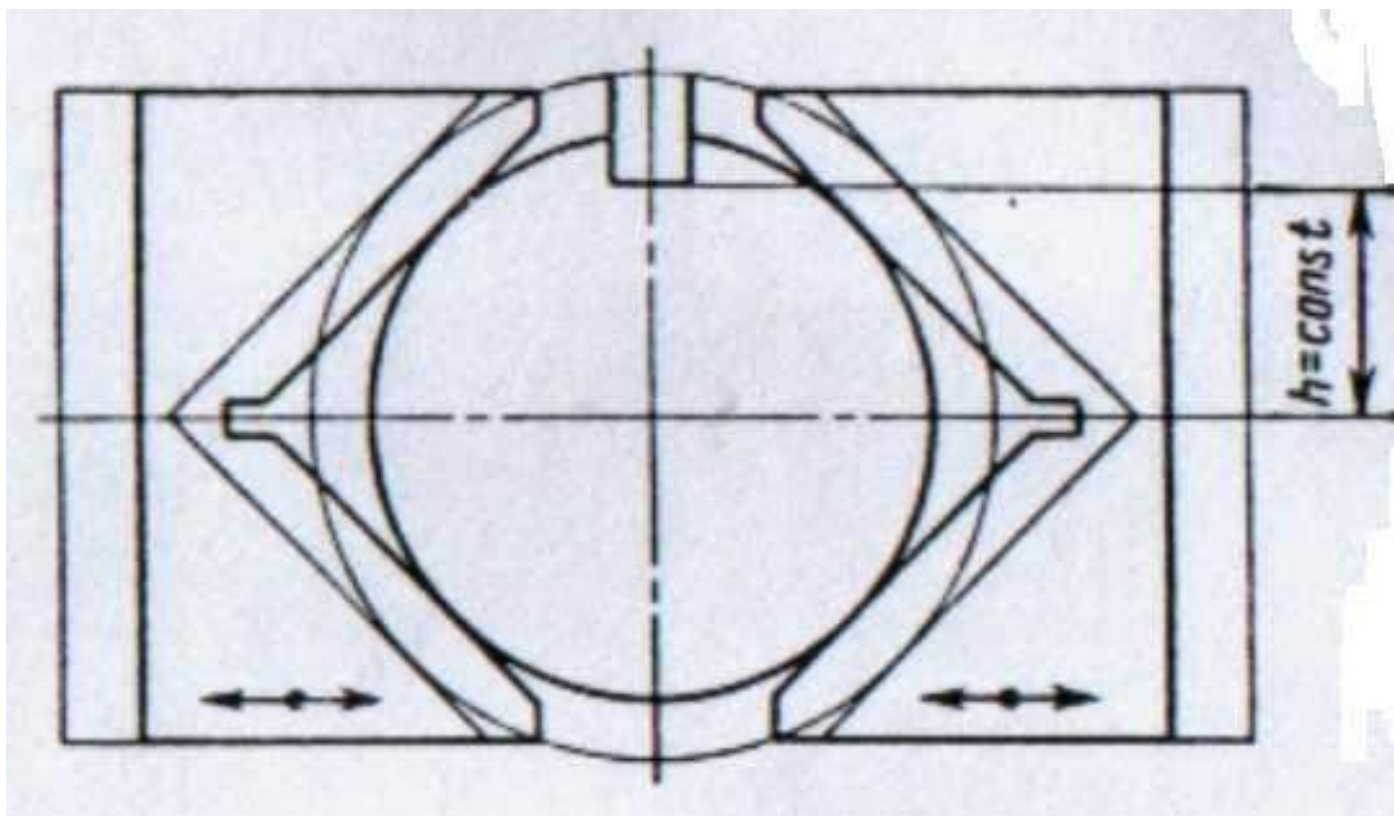


Схема установки вала в самоцентрирующих тисках с подвижными призмами



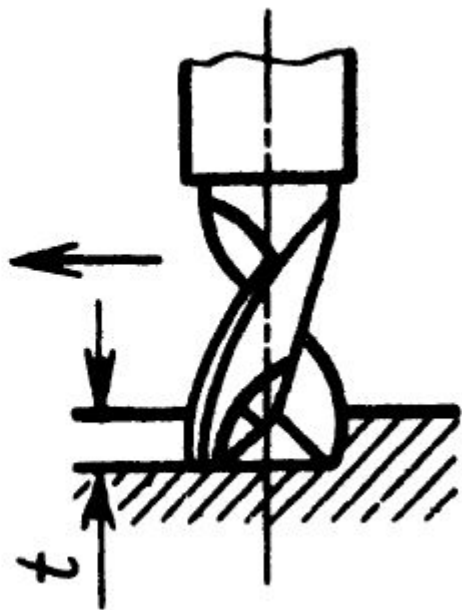
Шпоночные пазы обрабатывают:

- либо на обычных горизонтальных или вертикальных фрезерных станках;
- либо на специальных станках, работающих по маятниковому методу, снятием специальными двухзубыми пальцевыми фрезами небольших слоев металла за каждый рабочий ход.

В последнем случае шпоночные пазы получаются высокого качества.

Схемы фрезерования шпоночных пазов

На вертикально-фрезерных станках
(в один проход)



На специальных
фрезерных станках с
маятниковой подачей

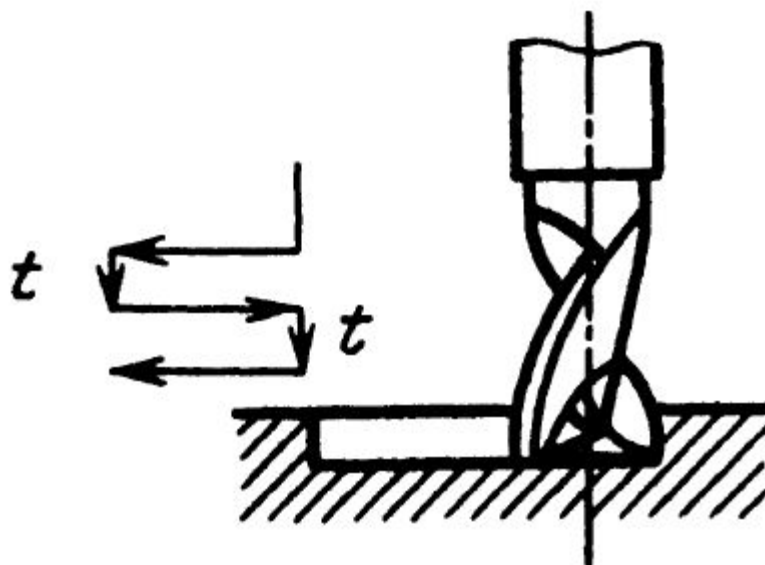
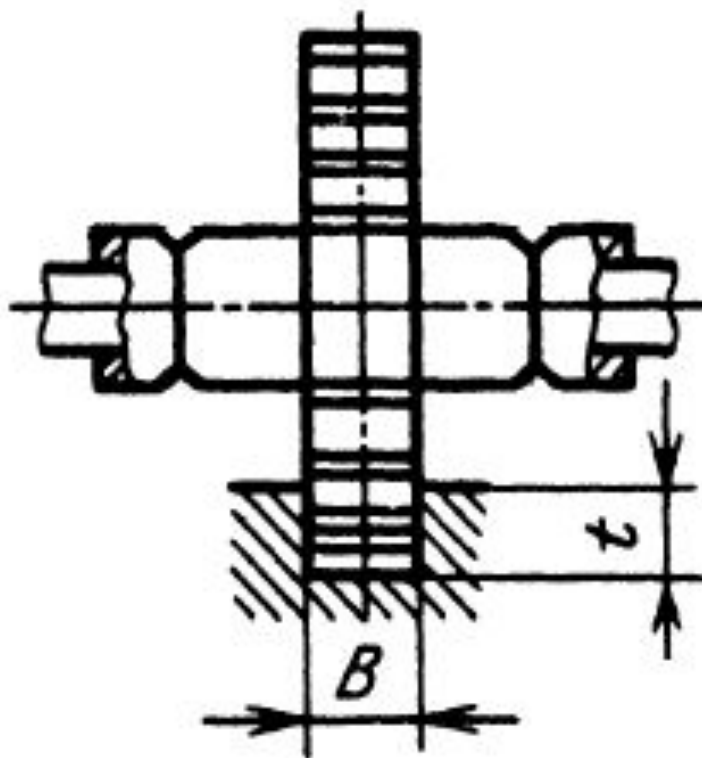


Схема фрезерования сквозного шпоночного паза дисковой фрезой на проход



Это наиболее производительный метод