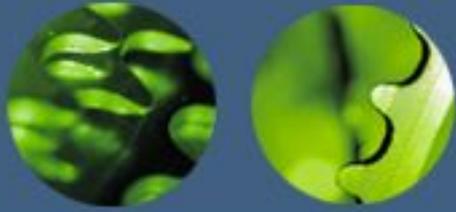




# Технология изготовления валов





# Классификация тел вращения

Наружные и внутренние цилиндрические поверхности и прилегающие к ним торцы образуют детали типа **тел вращения**.

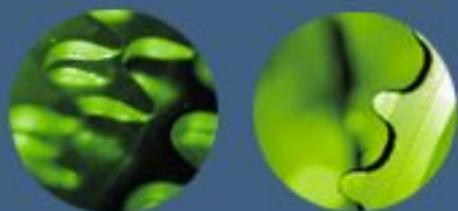
Детали – тела вращения делят на **три** типа в зависимости от соотношения длины детали  $L$  к наибольшему наружному диаметру  $D$ .

При  $L/D > 2$  — это валы, шпиндели, штоки, шестерни, гильзы, стержни и т. П.

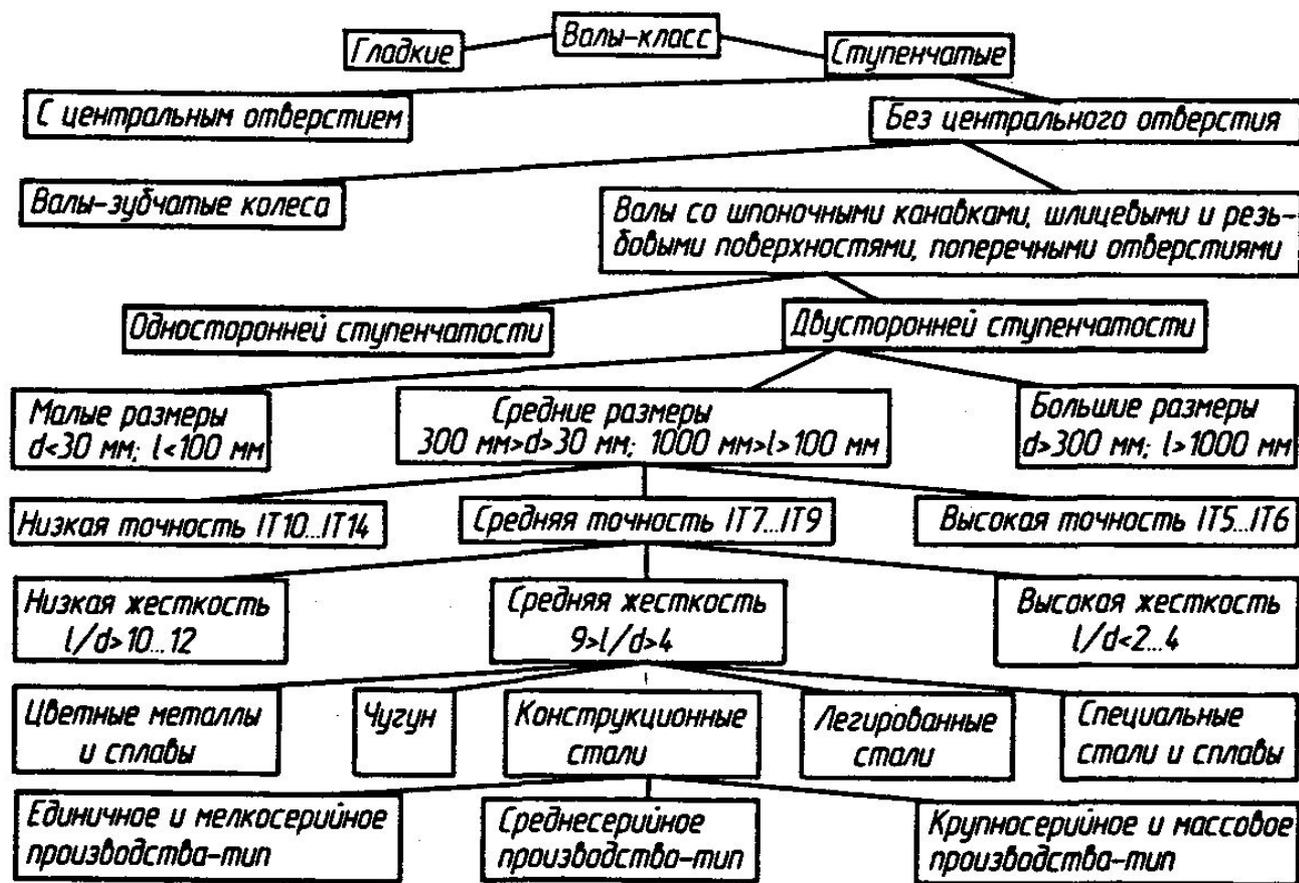
При  $2 > L/D > 0,5$  включительно — втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др.

При  $L/D < 0,5$  включительно — диски, кольца, фланцы, шкивы и т. п.

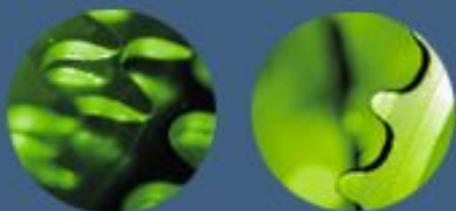
Детали, имеющие поверхности вращения (цилиндрические, наружные, фасонные, цилиндрические внутренние и др.) обрабатывают на различных станках: токарной группы (токарно-винторезные, токарно-карусельные, токарно-револьверные, одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы и автоматы, станки для тонкого точения и др.); шлифовальной группы (круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, притирочные, полировальные и т.п.). Станки этих групп применяют как обычные, так и с числовым программным управлением (ЧПУ).



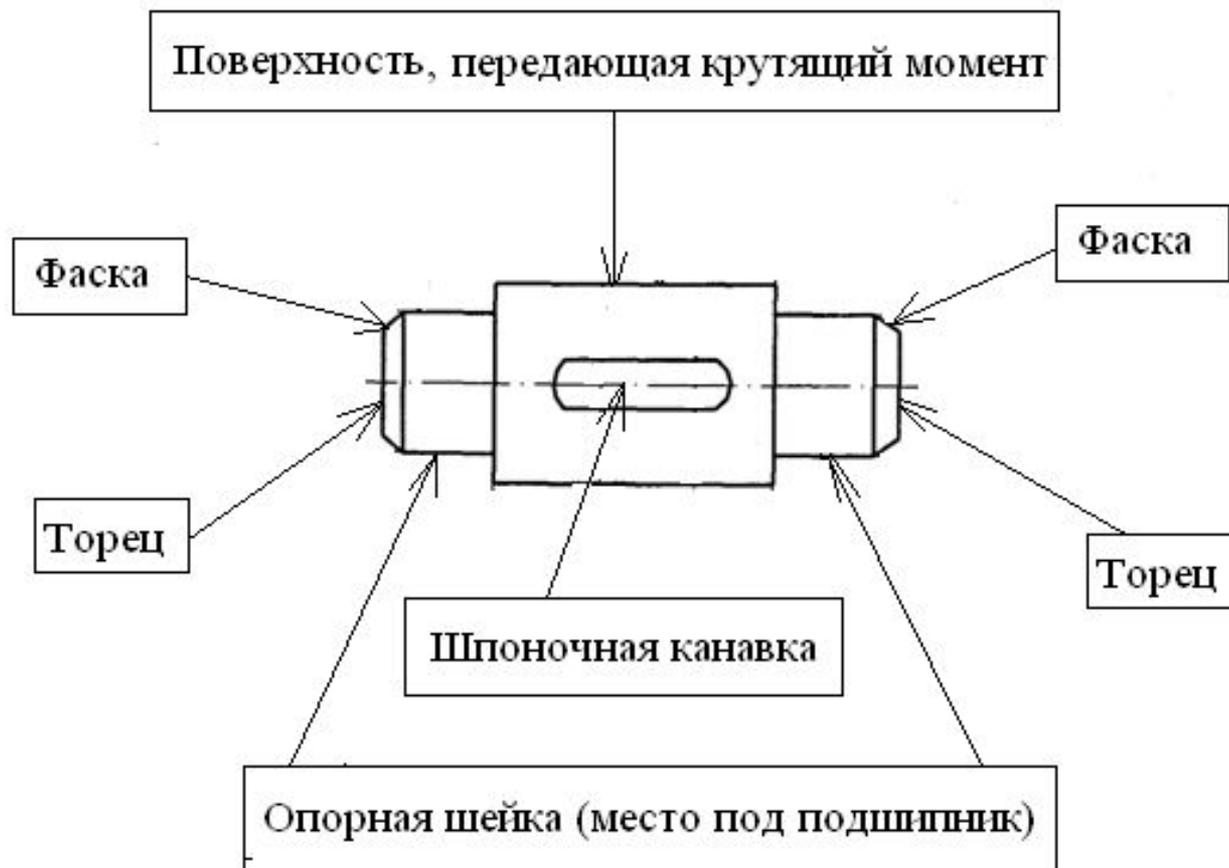
# Классификация валов



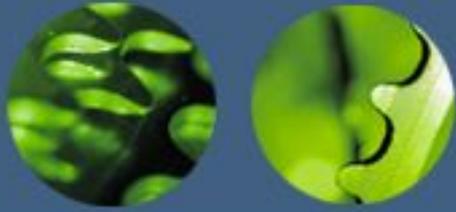
В технологии машиностроения в понятие валы принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки колонны и другие подобные детали машин. Конструктивное разнообразие валов вызвано различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия.



# ВАЛ



Некоторые конструктивные элементы вала



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

*Точность размеров.* Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. (6...7-ой квалитет).

*Точность формы.* Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должны превышать 0,25...0,5 допуски на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

*Точность взаимного расположения поверхностей.* Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. (V...VII степень точности).

*Качество поверхностного слоя.* Шероховатость базовых поверхностей -  $Ra = 3,2...0,4$  мкм, рабочих торцов -  $Ra = 3,2...1,6$  мкм, остальных несоответственных поверхностей  $Ra = 12,5...6,3$  мкм.

Валы могут быть сырыми и термообработанными.

Твердость меньше HB 200...230 – вал подвергается нормализации, отжигу или термически не обрабатывают.

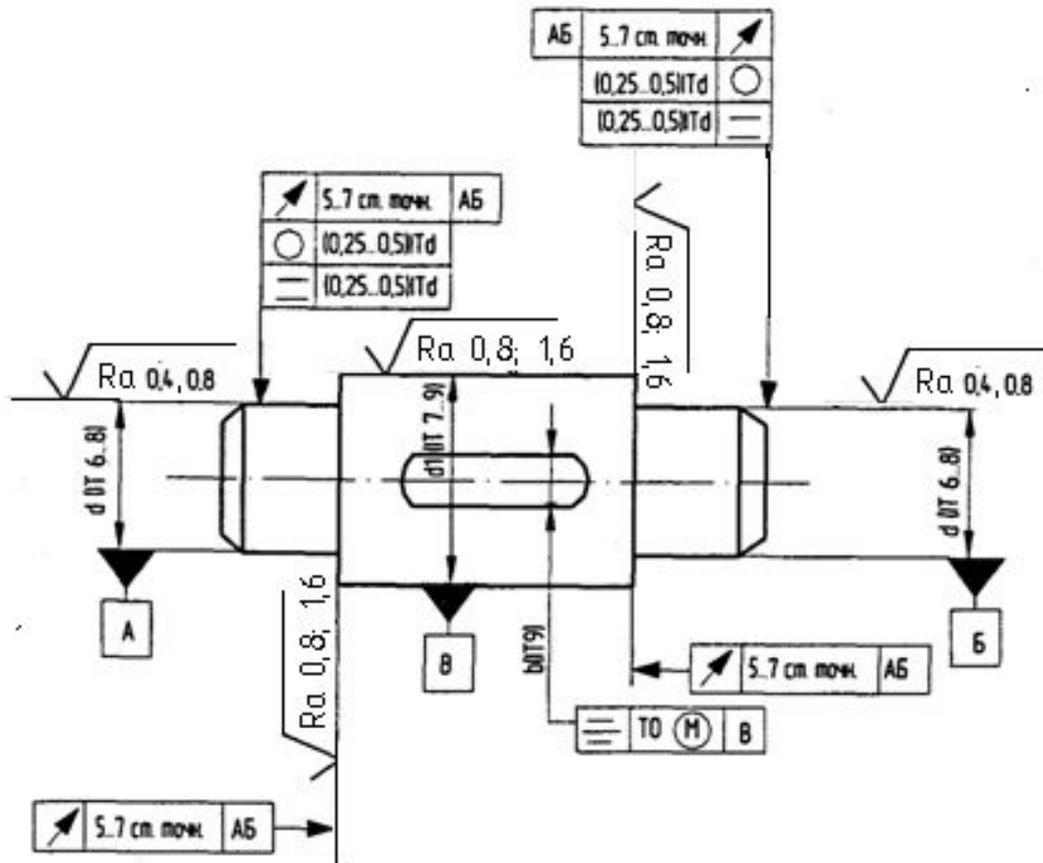
Твердость HRC<sub>3</sub> 48...55 – поверхностная закалка токами высокой частоты.

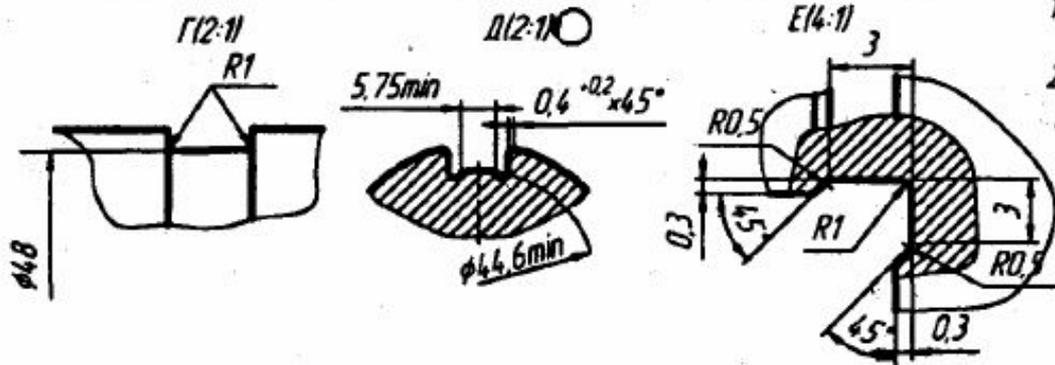
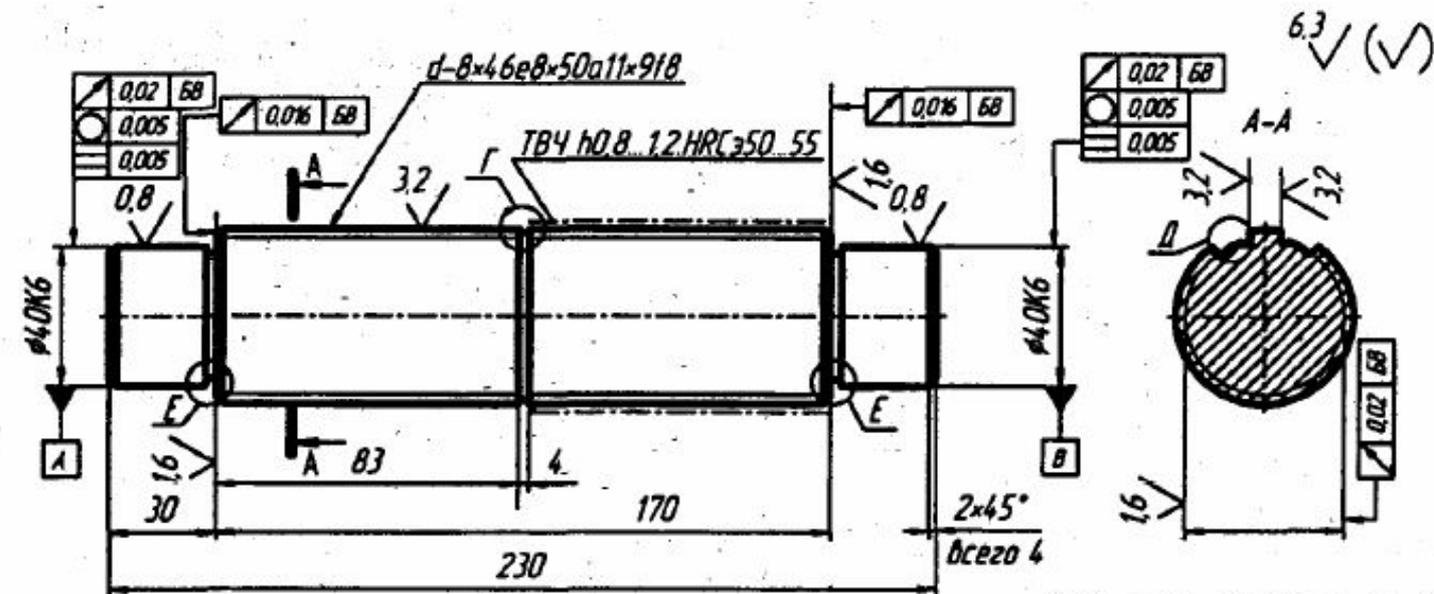
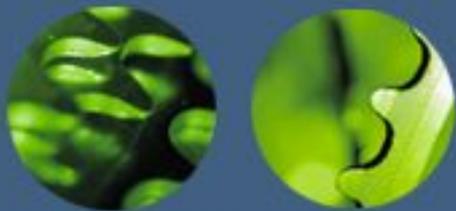
Твердость HRC<sub>3</sub> 55...60 – цементация на глубину 0,7... 1,5 мм с последующей закалкой и отпуском.

Конструктивные элементы вала

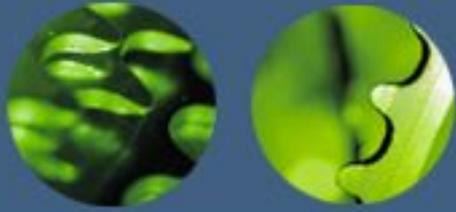


# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ





1. Контроль твердости по внутреннему диаметру шлицев
2. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$

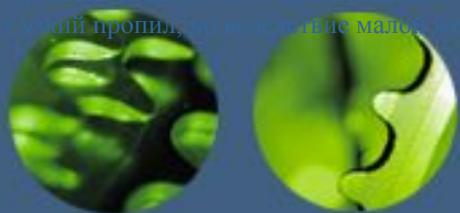


## ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ВАЛОВ

- Перепады диаметров ступенчатых валов должны быть **минимальными**. Это позволяет уменьшить объем механической обработки при их изготовлении и сократить отходы металла. По этой причине конструкция вала с канавками и пружинными кольцами более технологична конструкции вала с буртами.
- Длины ступеней валов желательно проектировать **равными** или **кратными** длине короткой ступени, если токарная обработка валов будет осуществляться на многорезцовых станках. Такая конструкция позволяет упростить настройку резцов и сократить их холостые перемещения.
- Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать **открытыми** или заканчивать канавками для выхода инструмента. Канавки на валу необходимо задавать одной ширины, что позволит прорезать их одним резцом.
- Валы **должны иметь центровые отверстия**. Запись в технических требованиях о недопустимости центровых отверстий резко снижает технологичность вала. В таких случаях заметно удлиняют заготовку для нанесения временных центров, которые срезают в конце обработки.

режущего инструмента в них применяются пильные диски, оснащенные сегментами из быстрорежущей стали. Таким диском можно резать прокат диаметром до 240 мм или пакет прутков меньшего диаметра. Торцы заготовок после отрезки имеют шероховатость  $Ra = 25$  мкм.

В мелкосерийном и единичном производствах применяются более простые, но менее производительные отрезные ножовочные станки. Тонкие ножовочные полотна дают узкий пропил, но вследствие малой жесткости в процессе резки могут возникнуть вибрации, что приводит к образованию фаски.



# МАТЕРИАЛЫ И ЗАГОТОВКИ ВАЛОВ

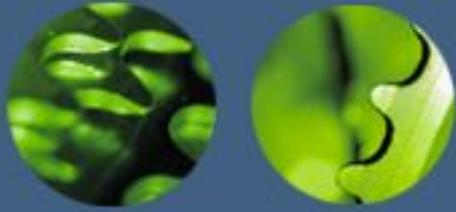
Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холоднотянутых нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке.

Для отрезки заготовок в серийном и массовом производствах применяют круглопильные станки (режущий инструмент - пильные диски, оснащенные сегментами из быстрорежущей стали, прокат или пакет прутков диаметром до 240 мм). Торцы заготовок после отрезки имеют шероховатость  $Ra = 25$  мкм.

В мелкосерийном и единичном производствах применяются отрезные ножовочные станки.

Резка прутков и труб из высокотвердых, закаленных сталей наиболее эффективна на абразивно-отрезных станках, оснащенных тонкими, толщиной 3...6 мм абразивными кругами на бакелитовой или вулканитовой связках.



# Правка заготовок

На машиностроительные заводы прокат поступает с заметными отклонениями от прямолинейности оси. Для устранения кривизны прутки перед резкой подвергают правке. Для этой цели служат правильно-калибровочные станки. Нарезанные заготовки перед началом обработки, а иногда и в процессе дальнейшей обработки также приходится подвергать правке. Такую правку обычно проводят на прессах.

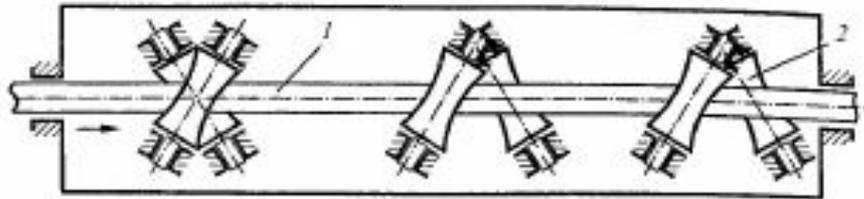
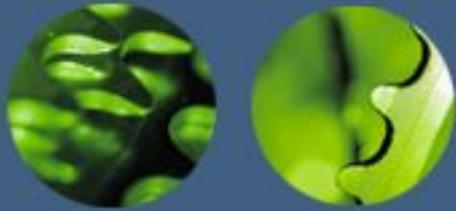


Схема правильно-рихтовочного устройства станка: 1 – пруток; 2 – ролик

Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.



## Заготовки валов в массовом производстве

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки, по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

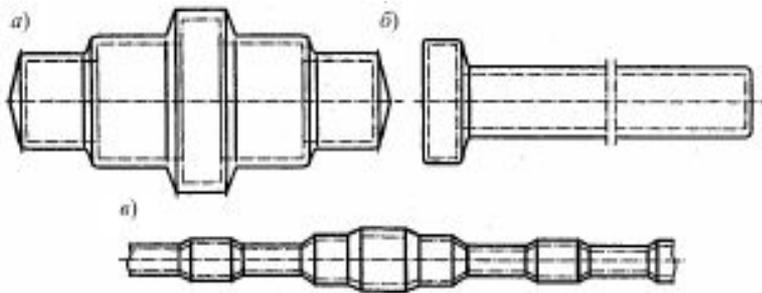
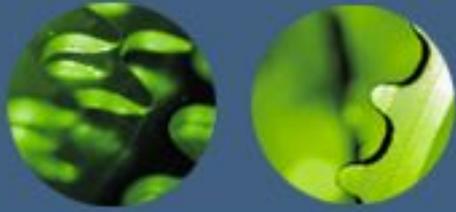


Рис. 5 Заготовки, полученные методами:  
а – штамповкой в штампах; б – штамповкой на горизонтально-ковочной машине; в – поперечно-винтовой прокаткой

**Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности.**



# Основные схемы базирования

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек.

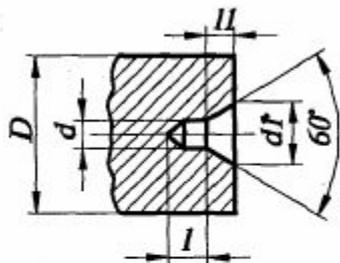
При большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах.

Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства, передающего крутящий момент заготовке. Такими устройствами являются поводковые патроны, хомутики и т.п.

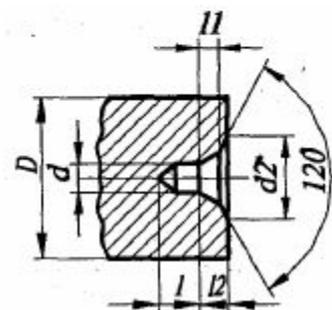


## Форма и размеры центровых отверстий валов стандартизованы.



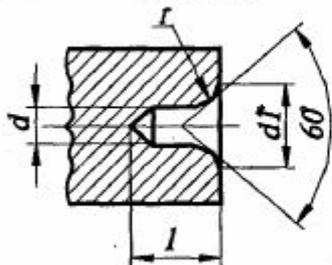
А  
без предохранительного конуса

Изделия, после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает



В  
с предохранительным конусом

Изделия, в которых центровые отверстия являются базой для повторного или многократного использования либо сохраняются в готовых изделиях

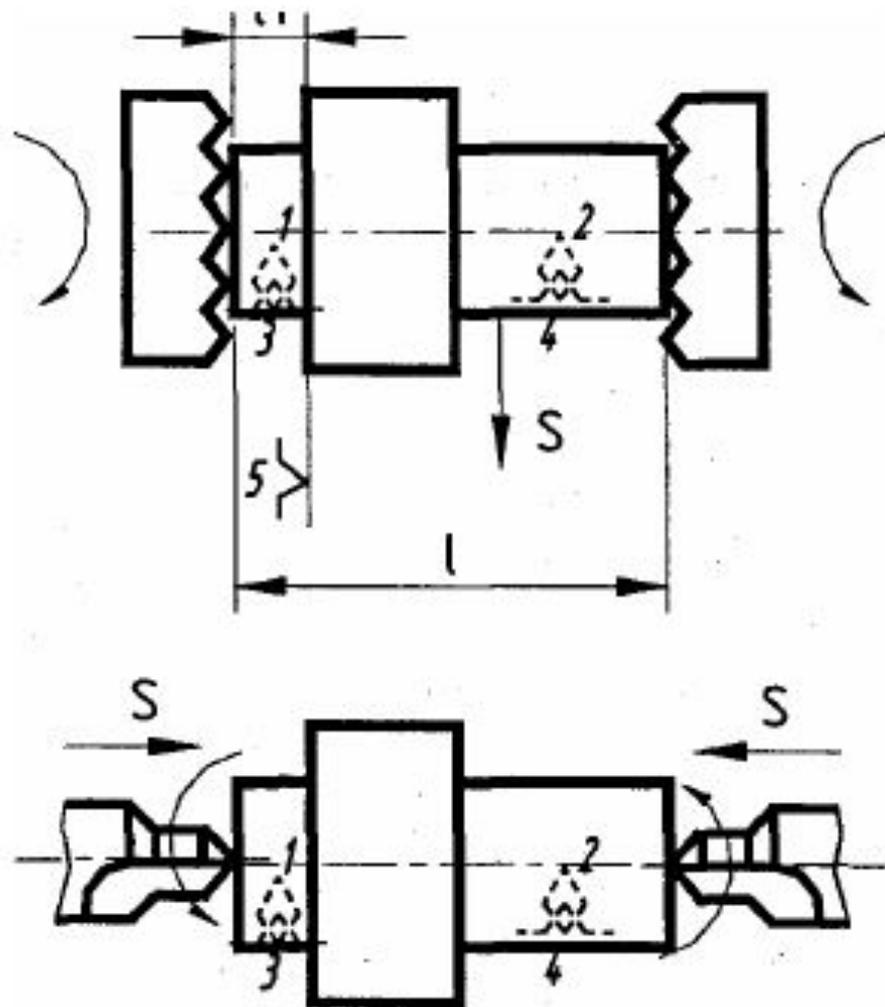


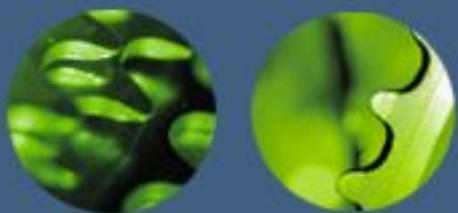
Р  
с дугообразными образующими

Изделия повышенной точности

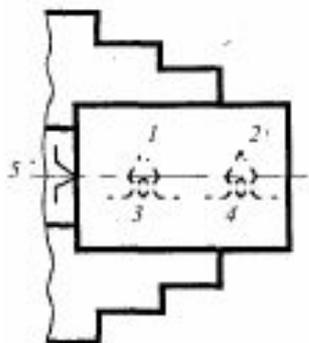


## Схема выполнения фрезерно-центральной операции

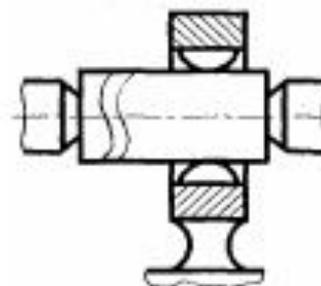




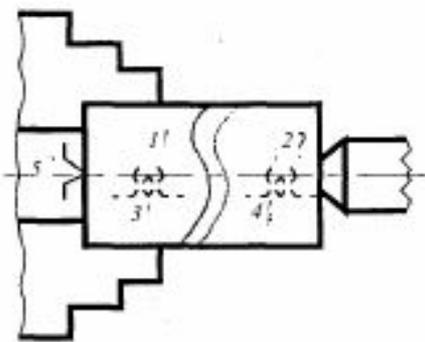
# Типовые схемы установки валов



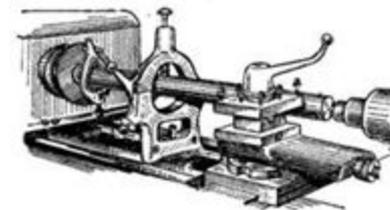
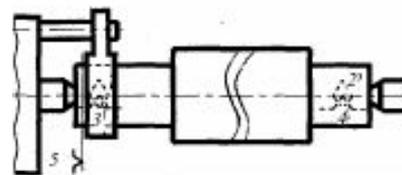
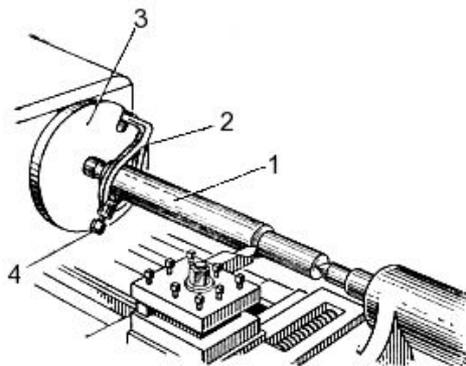
Установка вала в патроне ( $L/D < 4$ )



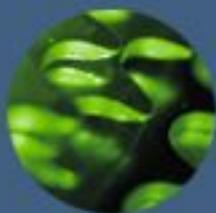
Установка вала в центрах с люнетом ( $L/D > 10$ )



Установка вала в патроне с поджимом задним центром ( $4 < L/D < 7$ )



Установка вала в центрах с люнетом ( $7 < L/D > 10$ )



## Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей

$L/D = 2$

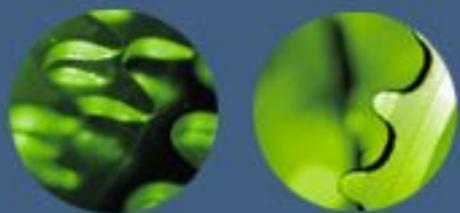
$D = 2$

$2 = L/D > 0,5$   $> 0,5$

$L/D = 0,5$   $D = 0,5$

### Основные методы и виды обработки

Точение		Шлифование			Отделочная обработка			Обработка давлением				
Черновое	Получистовое	Чистовое	Тонкое	Предварительное	Чистовое	Тонкое	Хонингованная	Доводка (тонкая Спритирка)	П/перфиниш	полирование	Обкатывание	выглаживание
IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT	IT
Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra	Ra
14...12	13...11	10...8	8...7	9...8	7...6	6...5	5...4	5...3	5...3	4...3	10...8	7...6
50 / 2,5	25...3,2	6,3...1,6	1,6...0,4	6,3...0,4	1,6...0,4	1,6...0,1	0,4...0,08	0,16...0,01	0,1...0,01	0,1...0,01	0,08...0,01	0,8...0,05



# Инструмент для токарной обработки

Для обработки наружных поверхностей применяют как центровые, так и бесцентровые станки. Широкое применение нашли универсальные токарные патронно-центровые станки горизонтальной компоновки, станки с ЧПУ.

Наиболее распространенным методом обработки цилиндрических наружных поверхностей является точение резцом (резцами).

При установке и обработке данных заготовок валов, осей, стержней и т. п. в качестве дополнительной опоры, повышающей жесткость технологической системы, применяют люнеты (подвижные и неподвижные).

Для точения цилиндрических поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним и ограничивающих их длину (торцы, уступы, канавки, радиусы и т. п.), применяют проходные, подрезные (прямые и отогнутые), отрезные, канавочные и другие резцы с напайными пластинами из быстрорежущей стали или твердых сплавов и композиционных материалов.

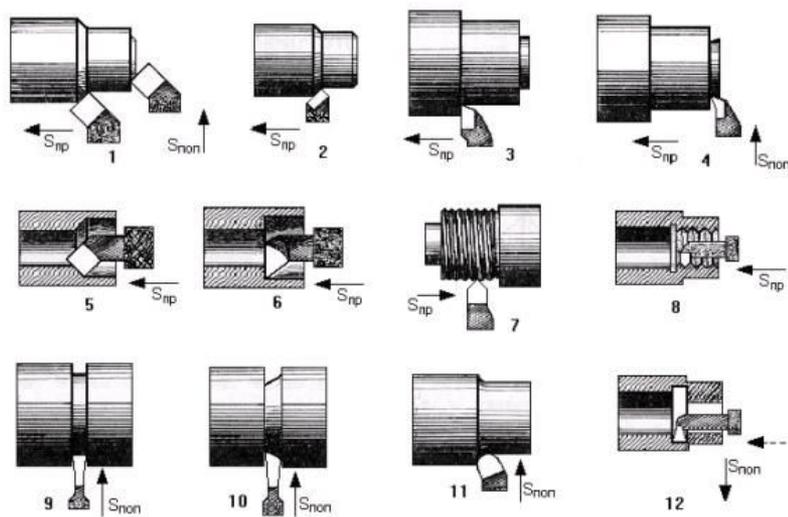
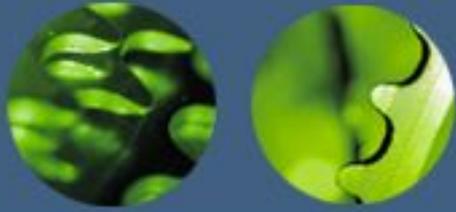


Рис. 3.3. Типы токарных резцов:  
 1 – проходной отогнутый; 2 – проходной прямой;  
 3 – проходной упорный; 4 – подрезной;  
 5 – расточной отогнутый;  
 6 – расточной подрезной; 7, 8 – резьбовые;  
 9 – прорезной (канавочный);  
 10 – отрезной; 11 – галтельный;  
 12 – расточной упорный



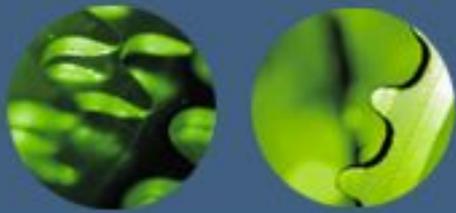
# Виды токарной обработки

При токарной обработке различают:

- а) черновое точение (или обдирочное) – с точностью обработки IT13... IT12 с шероховатостью поверхности до  $Ra = 6,3$  мкм;
- б) получистовое точение – IT12...IT11 и шероховатость до  $Ra = 1,6$  мкм;
- в) чистовое точение – IT10...IT8 и шероховатость до  $Ra = 0,4$  мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70 % припуска. При этом назначаются максимально возможные глубина резания  $t$  и подача  $S$ . На черновых операциях повышения производительности обработки добиваются увеличением глубины резания (уменьшением числа рабочих ходов), а также подачи.

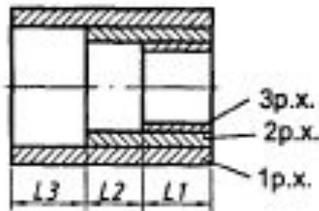
На чистовых операциях подача ограничивается заданной шероховатостью поверхности, поэтому сокращение основного времени возможно за счет увеличения скорости резания. На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы диаметром до 10 000 мм.



## Черновое обтачивание заготовки

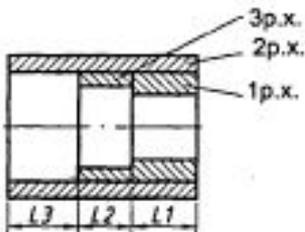
При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70 % припуска. При этом назначаются максимально возможные глубина резания  $t$  и подача  $S$ .

Черновое обтачивание заготовки из проката (штамповки) может быть выполнено по трем схемам : 3. Схема черновой обработки для смешанного варианта

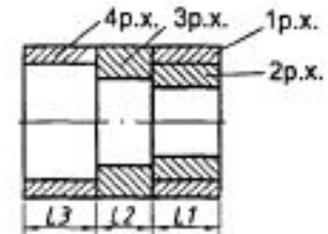


1. Схема черновой обработки от большого диаметра к меньшему, используется для валов с ослабленными конечными шейками

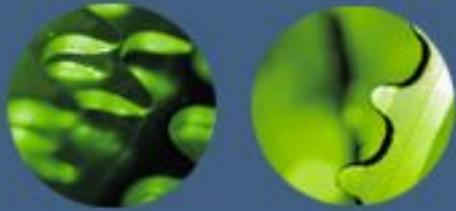
2. Схема черновой обработки от меньшего диаметра к большему, используется для жестких валов, при этом каждая ступень точится отдельно



3. Схема черновой обработки для смешанного варианта, используется для обнаружения дефектов

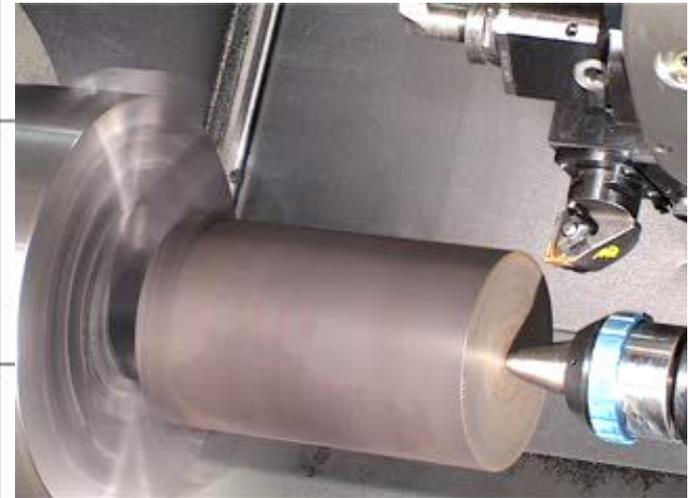


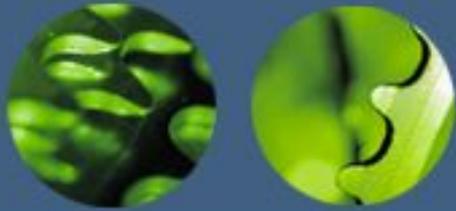
**Наиболее производительной является вторая схема**



# Точение поверхностей различными видами инструментов

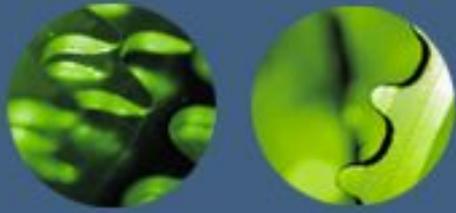
	ЦИЛИНДР	ТОРЕЦ	КОНУС	Фасонная БРАЩЕНИЯ
<b>РЕЗЕЦ ПРОХОДНОЙ ПРЯМОЙ</b> 	 открытый полуоткры- тый	 открытый	 открытый полуоткры- тый	 открытая
<b>РЕЗЕЦ ПРОХОДНОЙ ОТОГНУТЫЙ</b> 	 открытый полуоткры- тый	 открытый	 открытый полуоткры- тый	 открытая полуоткры- тая
<b>РЕЗЕЦ ПРОХОДНОЙ УПОРНЫЙ</b> 	 открытый полуоткры- тый полуоткры- тый	 открытый полуоткры- тый	 открытый полуоткры- тый полуоткры- тый	 открытая полуоткры- тая





# Точение поверхностей различными видами инструментов

	ЦИЛИНДР	ТОРЕЦ	КОНУС	Фасонная ВРАЩЕНИЯ	канавка КОЛЬЦЕВАЯ
<b>РЕЗЕЦ ПОДРЕЗНОЙ</b> 	 открытый полуоткры- тый полузакры- тый	 открытый полузакры- тый	 открытый полуоткры- тый полузакры- тый		
<b>РЕЗЕЦ КАНАВОЧНЫЙ</b>  <b>РЕЗЕЦ ОТРЕЗНОЙ</b> 	 закрытый	 открытый полузакры- тый			
<b>РЕЗЕЦ ФАСОННЫЙ</b> 			 закрытый	 открытая полузакры- тая закрытая	



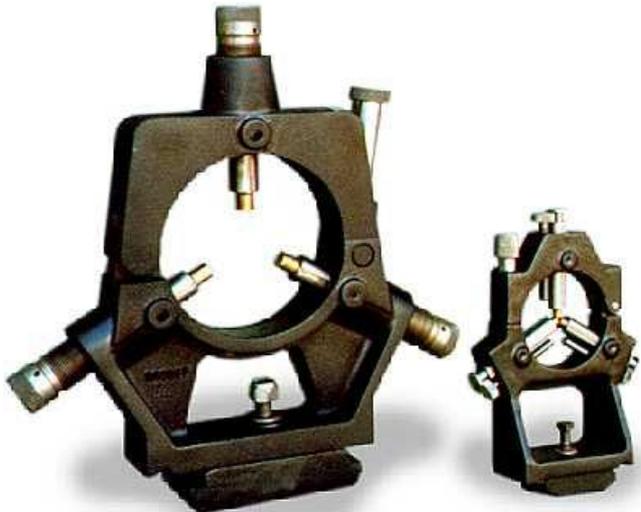
# Точение поверхностей

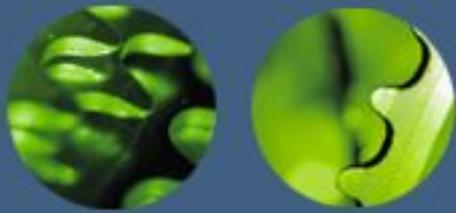
Точение цилиндра и примыкающего к нему торца выполняется обычно резцом проходным упорным.

При точении цилиндров резцом подрезным с поперечной подачей ширина резца должна быть больше длины обрабатываемой поверхности.

Точение торца в отдельную операцию выделяют редко, например, при изготовлении тонких дисков, при этом точение от центра дает лучшую точность.

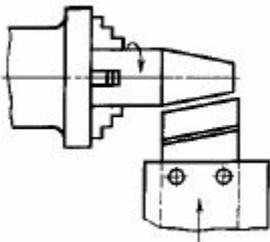
При точении в центрах длинных валов для уменьшения прогиба используют люнеты, которые должны поддерживать деталь, но не устанавливать ее (она уже установлена центрами станка). Кулачки люнета устанавливают по поверхности детали, соосной с центровочными гнездами.



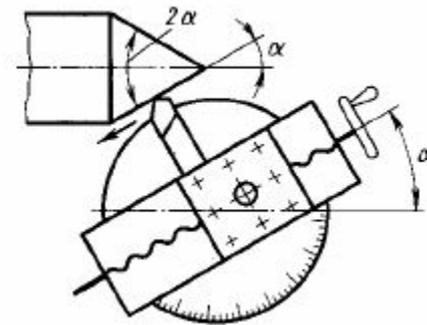


# Точение конусов

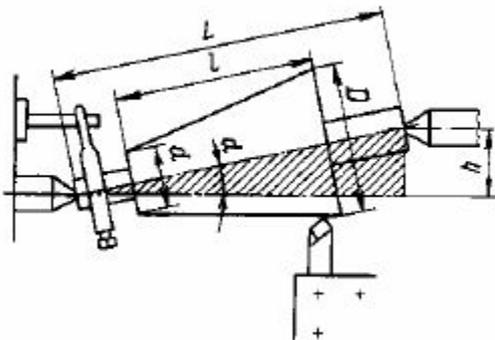
Точение конусов на универсальных станках осуществляют в отдельной операции одним из следующих способов:



1) широким резцом;

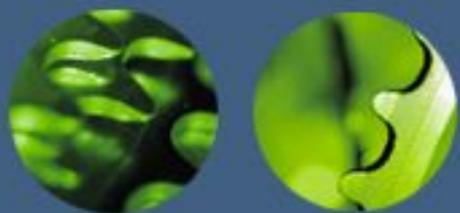


2) путем поворота верхней части суппорта;



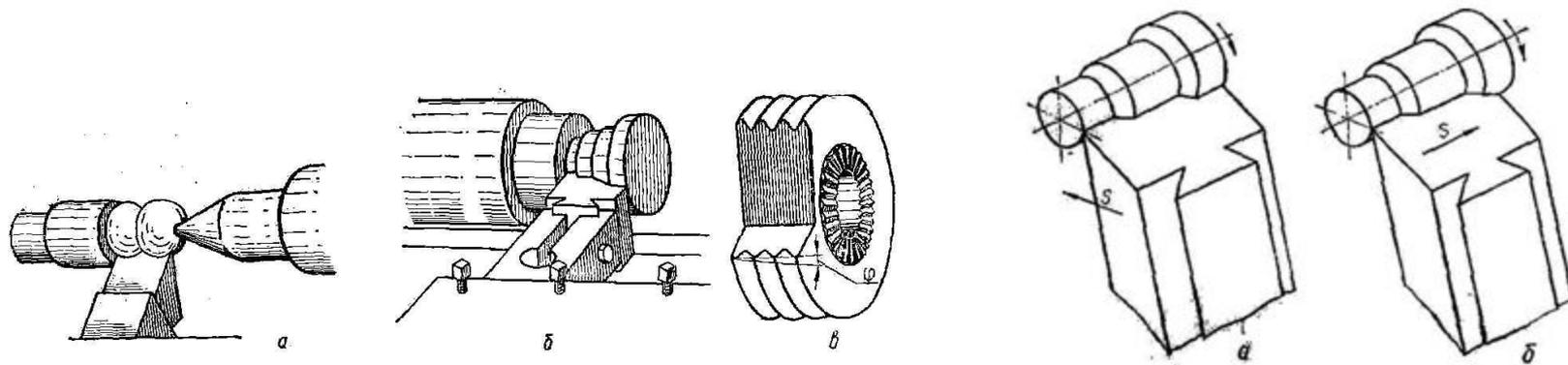
3) путем смещения корпуса задней бабки.

На станках с ПУ точение конуса выполняется как отдельный переход операции.

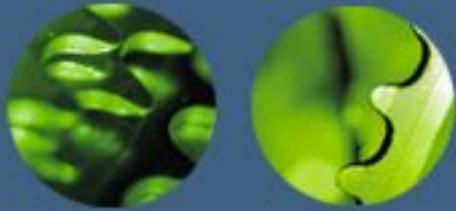


# Точение фасонной поверхности

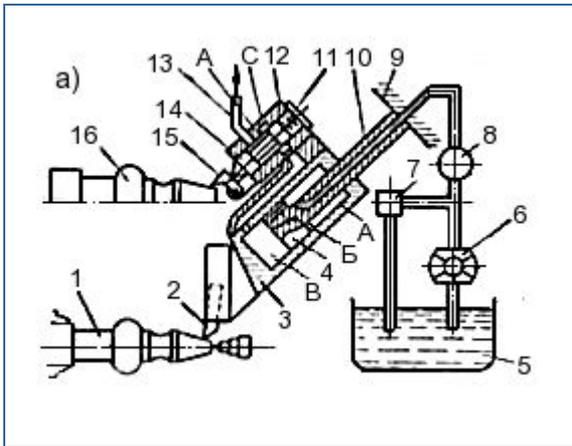
Точение фасонной поверхности вращения обычно выполняют как самостоятельную операцию либо фасонным инструментом шириной не более 40-50 мм, либо с помощью копировального устройства.



Точение канавки кольцевой большой протяженности ("карман") или закрытого цилиндра вначале производят резцом канавочным на ширину, позволяющую разместить резец проходной упорный, и далее ведут обработку резцом проходным упорным.



## Обработка фасонных поверхностей по копиру

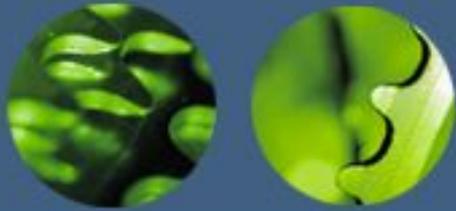


Длинные фасонные профили обрабатывают при помощи фасонного копира, установленного с задней стороны станины так же, как конусная линейка. На токарных станках применяют специальные копирующие устройства для обработки фасонных поверхностей.

Заготовку 1 обрабатывает резец 2, получающий продольную подачу вместе с суппортом станка от ходового валика. Поперечная подача под углом  $45^\circ$  осуществляется с помощью гидравлического суппорта 9, в котором цилиндр 3 перемещается относительно поршня 4, шток 10 которого закреплен неподвижно к поперечному суппорту станка. Масло от насоса 6 через фильтр 8 поступает по каналу в штоке 10 в гидравлический цилиндр, в котором полость А сообщается через отверстие Б в поршне с полостью В

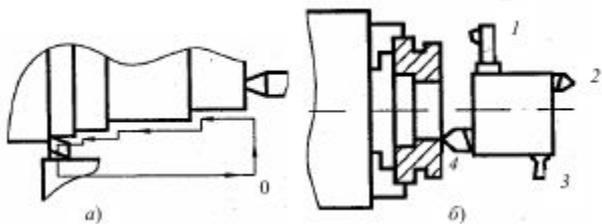
Далее масло поступает через соединяющий канал в переменное кольцевое сечение С и полость Д гидравлического шупа 12, а затем через трубопровод 13 в бак 5. В гидросистеме предусмотрен предохранительный клапан 7. Пружина 11 постоянно давит на золотник 14, который, нажимая своим наконечником на рычажный шуп 15, вводит его в соприкосновение с копиром 16.

Как только рычажный шуп 15 сойдет с прямолинейного участка копира и попадет на профильный участок копира (вогнутый, выпуклый, наклонный или перпендикулярный), изменится его положение, вследствие чего переместится золотник 14 и увеличится или уменьшится проходное сечение С в цилиндре шупа 12. В этом случае нарушится равенство давления в полостях А и В и за счет избыточного давления масла переместится гидравлический цилиндр 3 вместе с резцом к детали или от детали, следуя за профилем копира.



# Схемы обработки

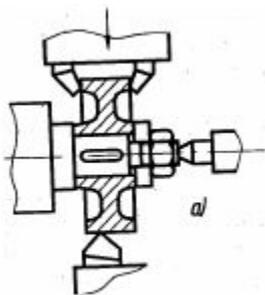
Различают несколько схем точения заготовок на станках токарной группы.



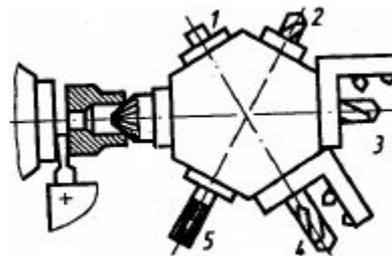
1 Одноместная последовательная и параллельная обработка

2 Параллельно-последовательные схемы имеют место при одновременной обработке нескольких поверхностей заготовки и в нескольких позициях последовательно; при этом заготовка или инструменты меняют позиции путем поворота инструментального блока

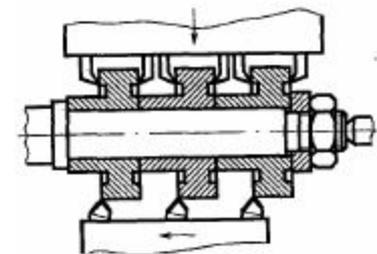
Одноместная последовательная обработка:  
а – одним; б – несколькими инструментами



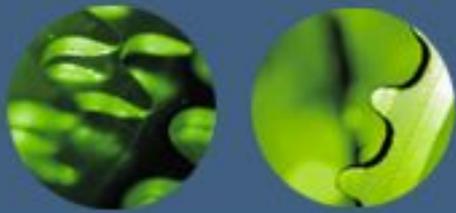
Одноместная параллельная обработка



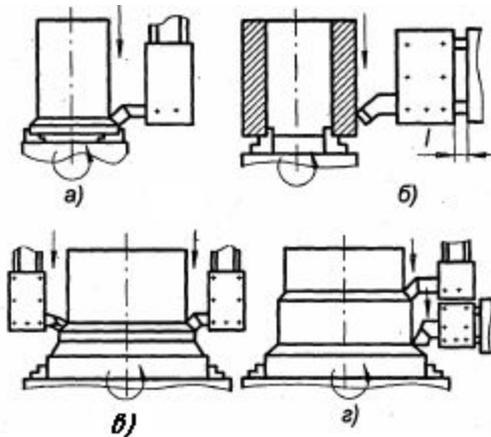
Параллельно-последовательные схемы обработки одним инструментом



Многоинструментная параллельная обработка



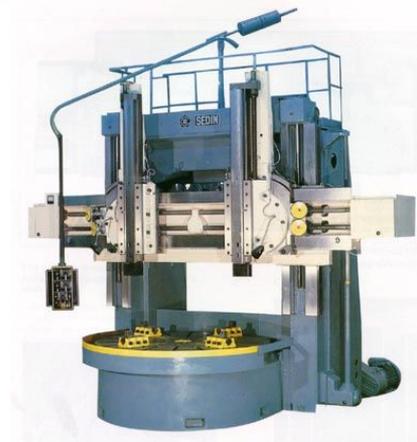
## Обработка заготовок на токарно-карусельных станках



Схемы точения цилиндрических поверхностей.



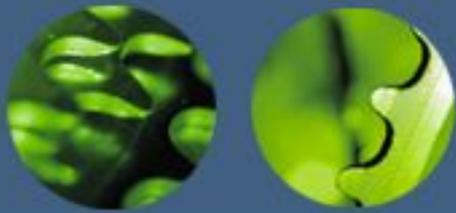
Станок токарно-карусельный вертикальный одностоечный 1516



Станок токарно-карусельный вертикальный двухстоечный 1Л532Ф2

На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы диаметром до 10 000 мм при  $L/D < 1$ . Основными типами токарно-карусельных станков, выпускаемых станкостроительной промышленностью, являются одностоечные с одним вертикальным суппортом с пятипозиционной револьверной головкой и боковым суппортом с четырехрезцовым поворотным резцедержателем; двухстоечные с двумя вертикальными и одним боковым суппортами.

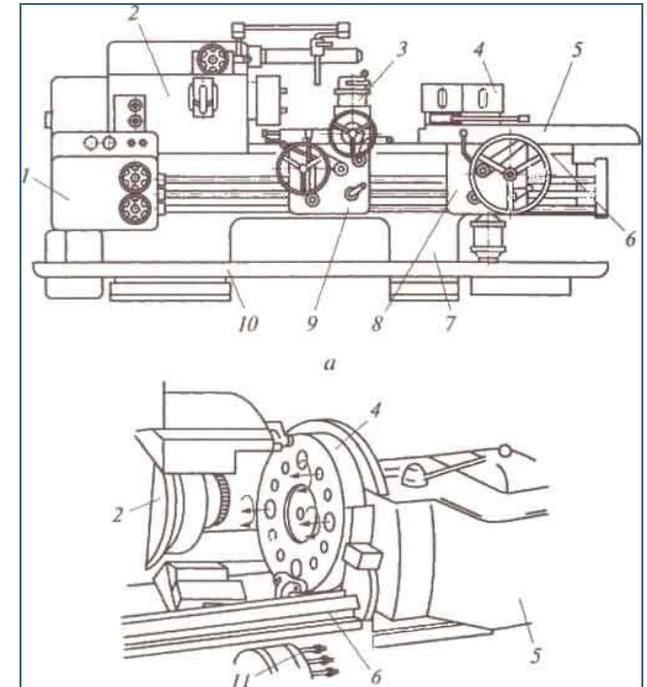
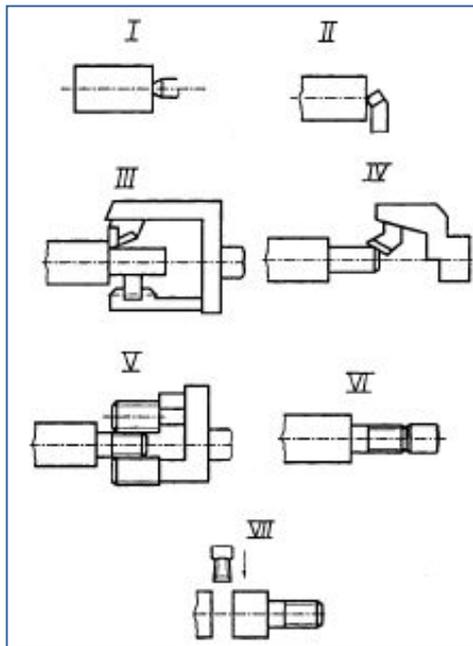
Токарно-карусельные станки с ЧПУ позволяют автоматизировать обработку и в 2...2,5 раза повысить производительность труда.



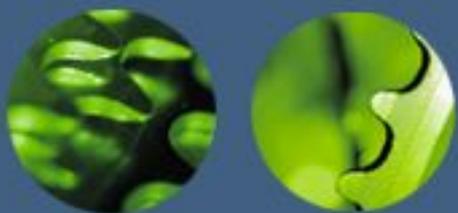
# Обработка на токарно-револьверных станках

При обработке на токарно-револьверных станках в серийном производстве производительность труда повышают путем совмещения переходов операции и применения многоинструментных наладок. На токарно-револьверных станках обрабатывают разнообразные заготовки деталей типа тел вращения из пруткового материала или из штучных заготовок.

При одностороннем расположении ступеней и длине вала до 120 мм обработку производят из прутка, выполняя до отрезки детали, все черновые и чистовые переходы. Уменьшение отжима прутка при обработке обеспечивается использованием люнетов и многолезцовых державок для уравнивания силы резания.



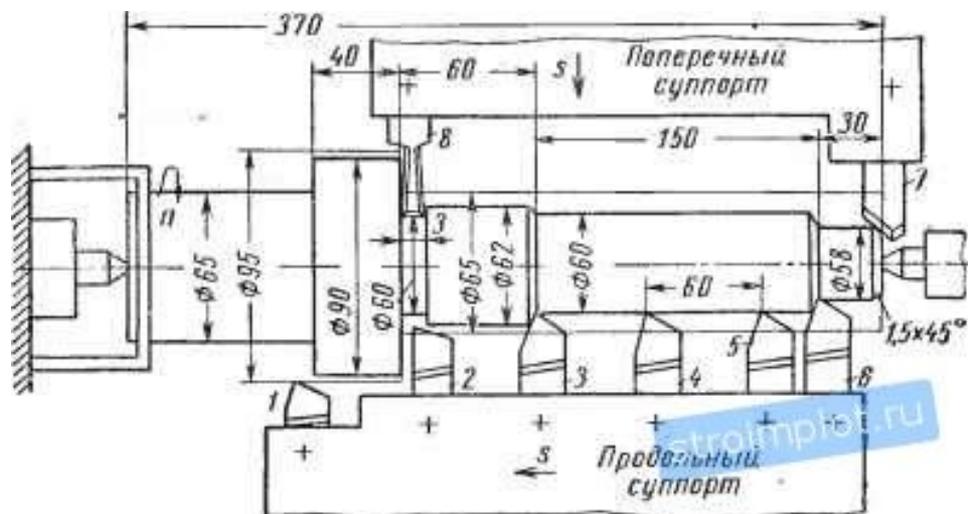
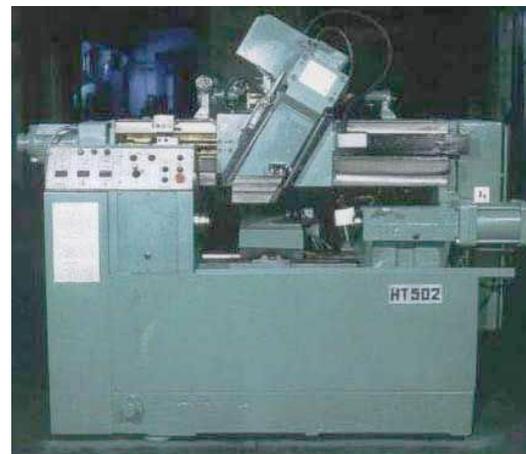
Токарно-револьверный станок с вертикальной (а) и горизонтальной (б) осью вращения револьверной головки:  
 1 — коробка подач; 2 — шпиндельная бабка;  
 3 — поперечный суппорт; 4 — револьверная головка;  
 5 — продольный суппорт; 6 — направляющая; 7 — станина;  
 8, 9 — фартуки продольного и поперечного суппортов соответственно; 10 — поддон; 11 — упор



## Обработка на токарных многолезцовых станках

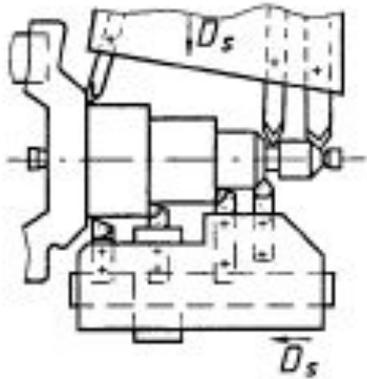
Токарно-многолезцовые станки рассчитаны (так же, как и револьверные станки) на повышение производительности труда путем совмещения переходов операций и автоматического получения операционных размеров. Эти станки предназначены для обработки (в патроне или в центрах) заготовок деталей типа ступенчатых валов, блоков шестерен, валов-шестерен, фланцев, шкивов и т. п. в условиях среднесерийного и крупносерийного производства.

Токарные многолезцовые станки и копировальные полуавтоматы имеют два суппорта, работают в полуавтоматическом цикле. Они, как правило, одношпиндельные с горизонтальной и вертикальной компоновками. Обычно на многолезцовых станках обрабатывают заготовки диаметром до 500 мм, длиной до 1500 мм.





## Технология обработки на много-резцовых станках - автоматах и копировальных станках



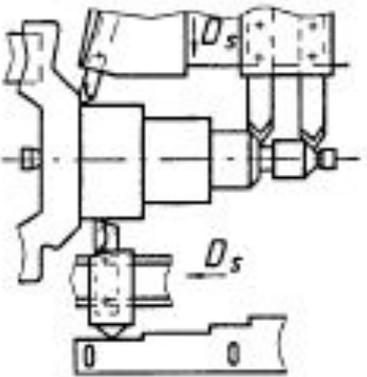
a)

Схемы наладок для обработки ступенчатых валов приведены на рисунке.

Настройка резцов (a) производится так, чтобы обработка всех участков вала заканчивалась одновременно.

Основное время рассчитывают для резца, который обтачивает наиболее длинную поверхность (или в совокупности по двум и более поверхностям, образующим общую длину обработки).

(б) - обработка заготовки детали по копиру.



б)

Точность обработки на многорезцовых станках обеспечивается в пределах 13... 14 квалитетов. Для повышения производительности при обработке ступенчатых жестких заготовок в крупносерийном и массовом производствах применяют точение широкими резцами с поперечной подачей

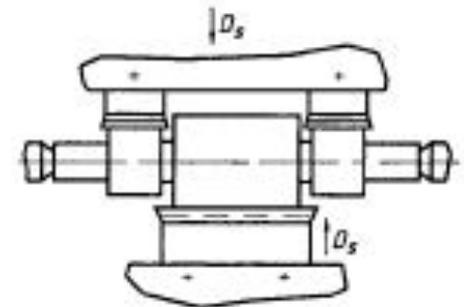
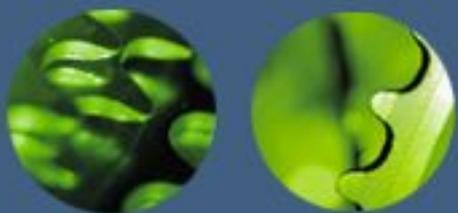
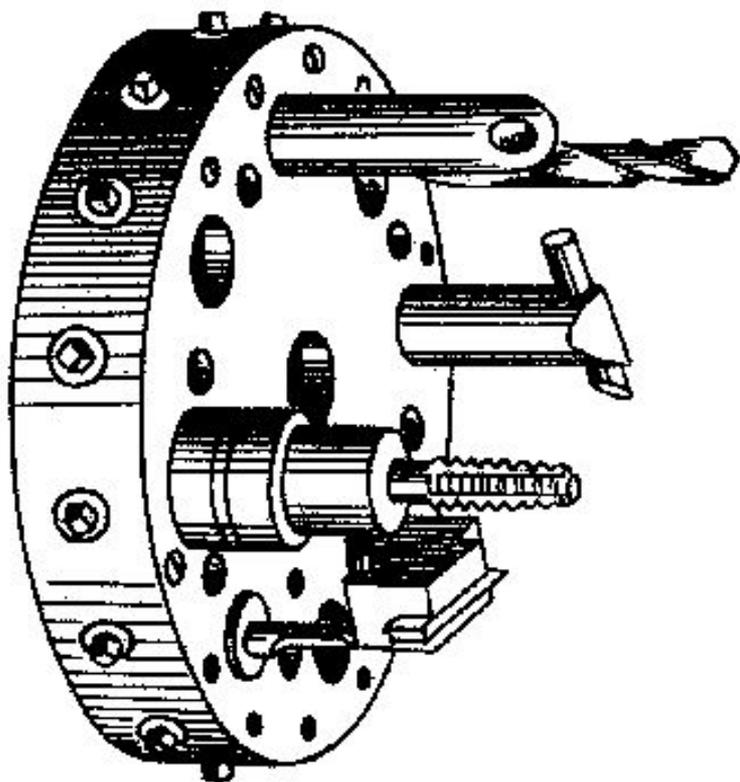


Схема многорезцовой обработки широкими резцами



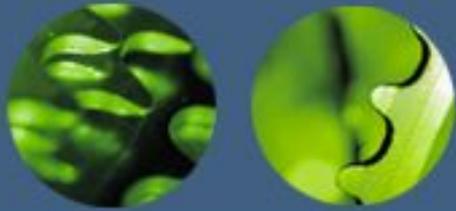
# Револьверные головки



Характерной особенностью токарно-револьверных станков является наличие револьверной головки, в которой размещается режущий инструмент. Подвод инструмента в рабочую зону осуществляется поворотом револьверной головки.

Различают токарно-револьверные станки с вертикальной осью вращения револьверной головки и с горизонтальной осью вращения. Револьверные головки имеют возвратно-поступательное движение, а с горизонтальной осью — еще и поперечное перемещение. Совмещение переходов обработки в операции типично для револьверных станков.

Токарно-револьверные станки при обработке наружных поверхностей обеспечивают точность по 12...9 квалитетам и параметр шероховатости поверхности  $Ra_{12,5...6,3}$  мкм.

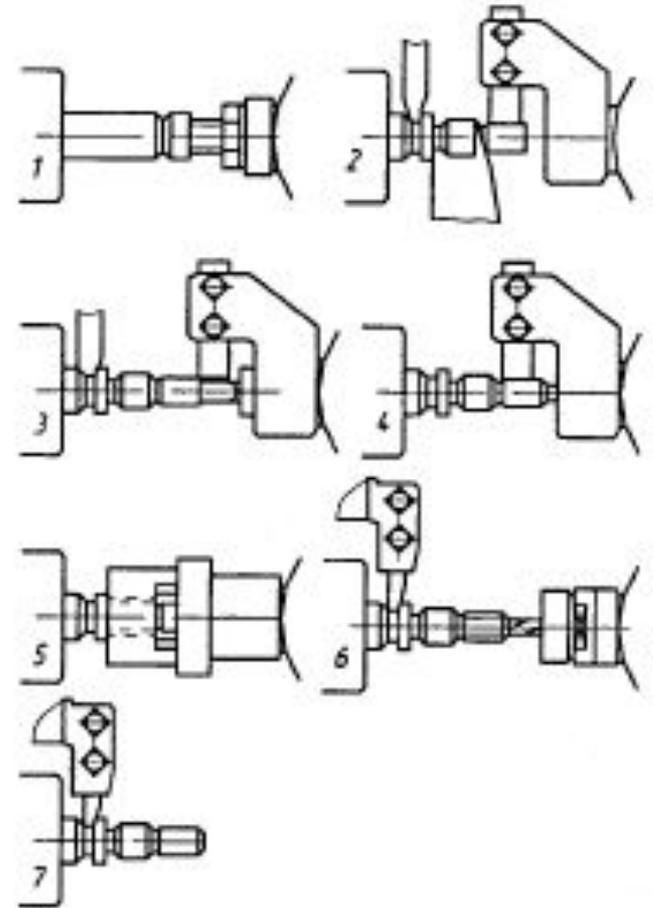


## Обработка на токарно-револьверных станках автоматах

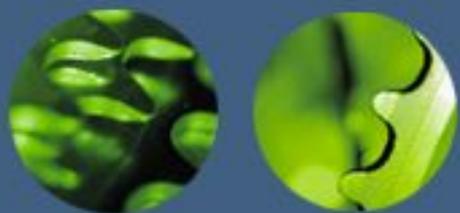
В крупносерийном и массовом производстве наружные цилиндрические поверхности заготовок деталей типа тел вращения в основном обрабатывают на автоматах и полуавтоматах.

Автоматы и полуавтоматы, в зависимости от компоновок, делятся на горизонтальные и вертикальные, а по числу шпинделей — на одношпиндельные и многошпиндельные.

Горизонтальные одношпиндельные автоматы подразделяют на автоматы продольного точения и токарно-револьверные. На автоматах продольного точения изготавливают детали из прутка диаметром до 30 мм и длиной до 100 мм, при этом обеспечивается точность по 7...6 квалитетам и  $Ra = 0,63...0,16$  мкм. Такие автоматы чаще всего применяют в часовой, радио- и приборостроительной промышленности. На токарно-револьверных автоматах изготавливают детали сложной формы из прутков диаметром 10...63 мм, точность обработки соответствует 10...8-му квалитетам,  $Ra = 2,5...0,63$  мкм.



Последовательность изготовления детали на автомате



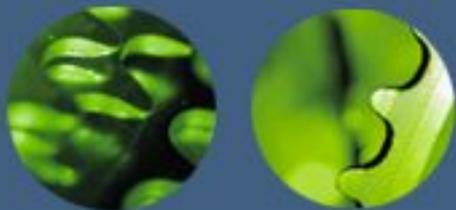
# Обработка на токарных многошпиндельных станках - автоматах

Автоматы и полуавтоматы, в зависимости от компоновок, делятся на горизонтальные и вертикальные, а по числу шпинделей — на одношпиндельные и многошпиндельные.

Многошпиндельные горизонтальные автоматы и полуавтоматы подразделяют на горизонтальные прутковые автоматы и патронные полуавтоматы. Токарные многошпиндельные прутковые автоматы (четырёх-, шести- и восьмишпиндельные) применяют для обработки заготовок из прутков диаметром 12... 100 мм и длиной до 160 мм. Точность обработки обеспечивается в пределах 7... 10-го квалитетов,  $Ra = 2,5...0,63$  мкм.

В массовом и крупносерийном производстве для обработки наружных цилиндрических поверхностей заготовок деталей типа тел вращения широкое применение нашли многошпиндельные токарные вертикальные полуавтоматы последовательного и непрерывного (параллельного) действия.



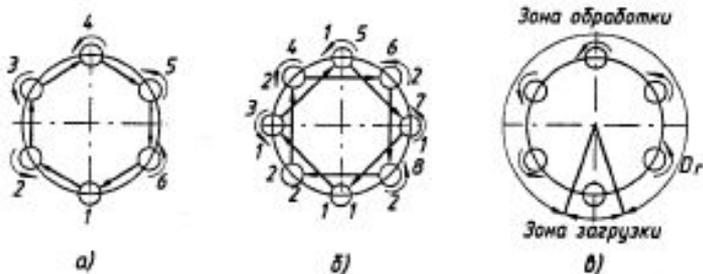


## Принципиальные схемы работы полуавтоматов

Многошпиндельные полуавтоматы последовательного действия предназначены для обработки заготовок в патронах и могут работать как по последовательной, так и по параллельно-последовательной схемам.

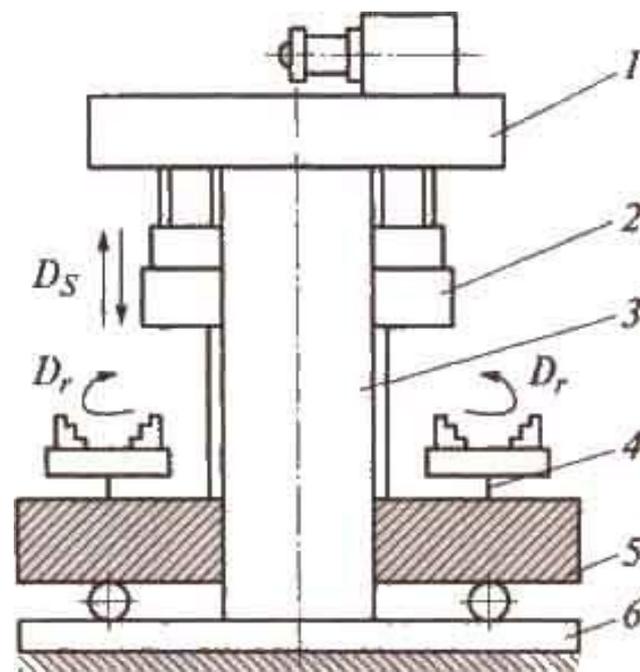
Шпиндель, имеющий одну загрузочную позицию (первую), последовательно перемещается с позиции на позицию (7...б). На каждой позиции производится обработка одной или нескольких поверхностей заготовки в соответствии с циклом обработки. На этих станках можно производить предварительное и окончательное точение различных поверхностей с точностью по 9...8-му квалитетам. Установку и снятие заготовки выполняют при остановленном шпинделе (позиция 1). На рисунке (б) показано перемещение шпинделей по параллельно-последовательной схеме: позиции 1-3-5-7-1 и 2-4-6-8-2.

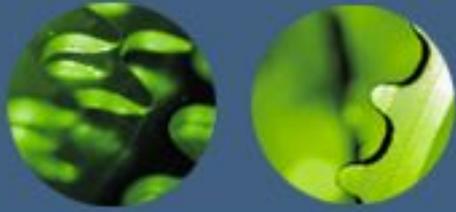
Полуавтоматы непрерывного действия предназначены для обработки заготовки в центрах и патронах. Они служат для обработки поковок и отливок сравнительно несложной формы. Точность обеспечивается по 11...10-му квалитетам. Принципиальная схема работы шестишпиндельного полуавтомата непрерывного действия приведена на (в).



*а - с одной загрузочной позицией, б - с двумя загрузочными позициями, в - непрерывного действия*

Схема работы вертикального многошпиндельного токарного полуавтомата:  
 1 — корпус;  
 2 — суппорт;  
 3 — колонна;  
 4 — шпиндель;  
 5 — стол;  
 6 — основание



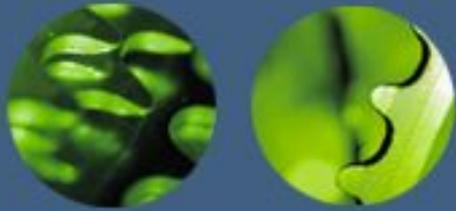


# Шлифование

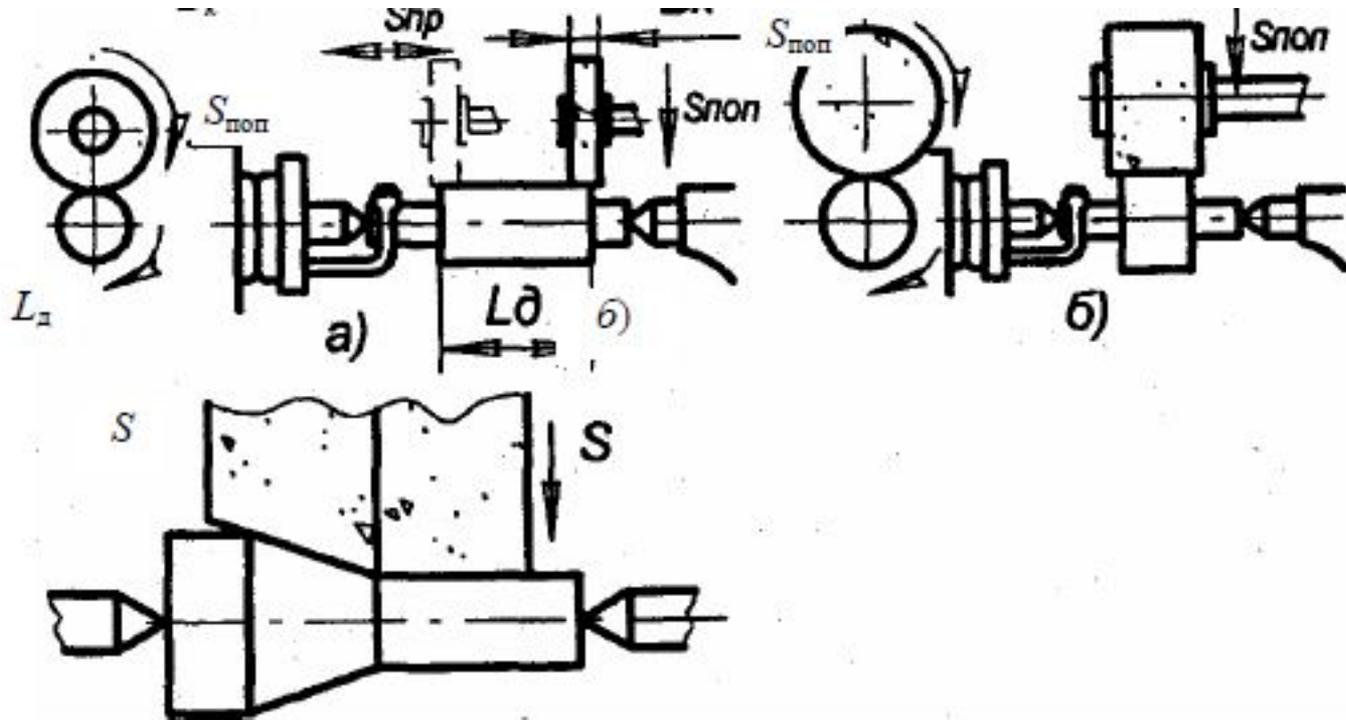
Шлифование наружных поверхностей деталей типа тел вращения производят на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных станках, бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах как высокой, так и особо высокой точности. Шлифование – основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей. Шейки валов шлифуют в две операции: предварительное и чистовое шлифование. После чистового шлифования точность размера IT6, а шероховатость  $Ra = 1,6...0,4$  мкм.

Как правило, все наружные цилиндрические поверхности с точностью выше IT8 и шероховатостью  $Ra = 1,6...0,4$  мкм подвергают после чистового точения шлифованию. При обработке на круглошлифовальных и торцекруглошлифовальных станках заготовки устанавливают в центрах, патроне, цанге или в специальном приспособлении.

Заготовке сообщается вращение с окружной скоростью  $v_{зг} = 10...50$  м/мин; она зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость резания)  $v = 30...60$  м/с. Подача  $S$  и глубина резания  $t$  варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования: продольное (с продольным движением подачи) и врезное (с поперечным движением подачи).

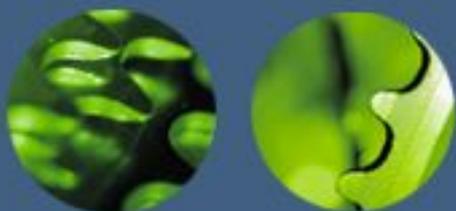


## Схемы круглого наружного шлифования

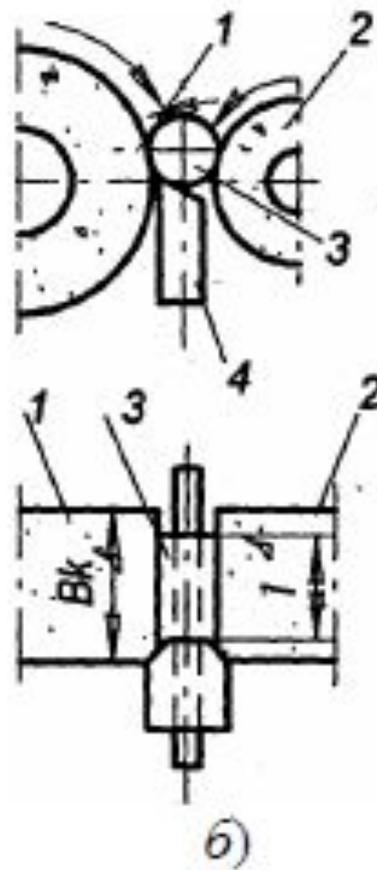
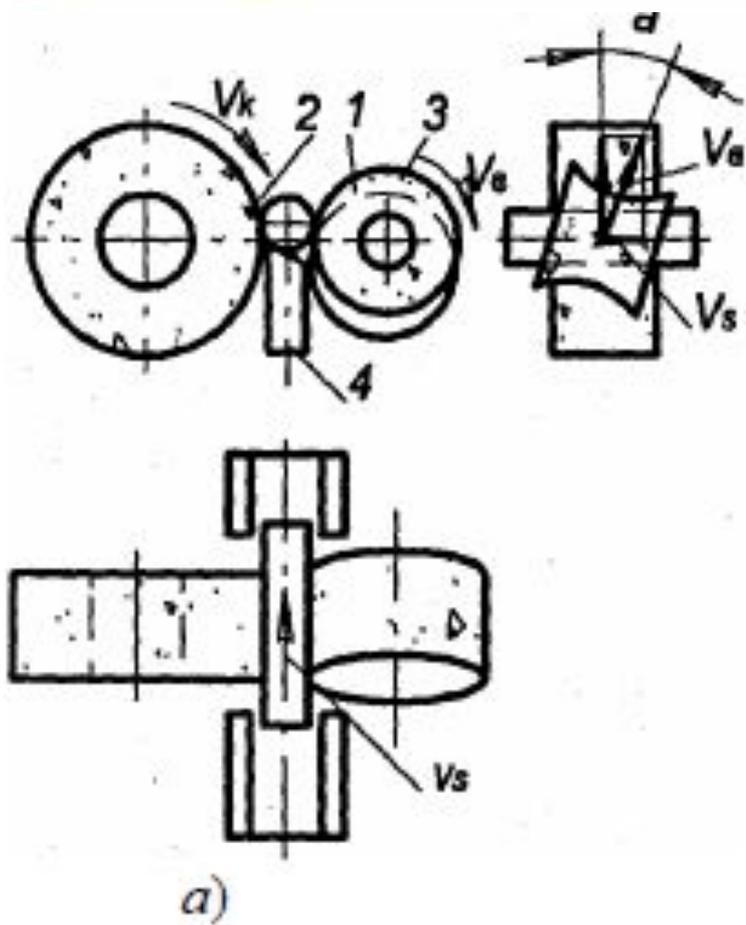


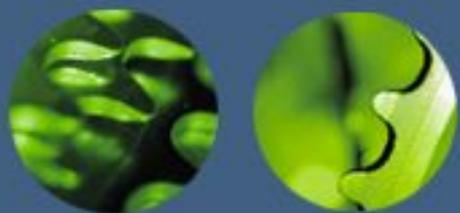
Шлифование с продольным движением подачи (рис. а) осуществляется за четыре этапа: врезание, чистовое шлифование, выхаживание и отвод.

Глубинное шлифование (рис. б) применяют для обработки заготовок без предварительной лезвийной обработки



## Схемы круглого бесцентрового шлифования





# Фрезерование и протягивание

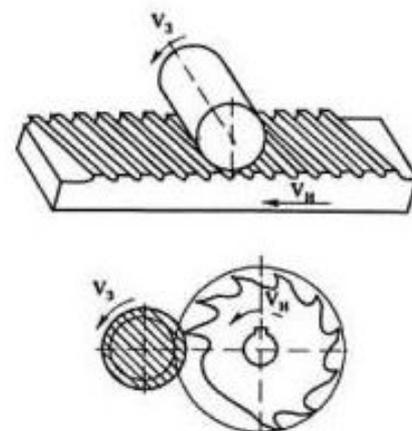
Одним из производительных методов обработки наружных поверхностей вращения является фрезерование.

Процесс реализуют на специальных фрезерных станках при обработке заготовок ступенчатых валов, коленчатых и т. п. Его можно выполнять на вертикально-фрезерных станках и станках с ЧПУ концевыми фрезами. Точность обработки по контуру обеспечивается по 10...9 квалитетам,  $Ra = 12,5...6,3$  мкм.

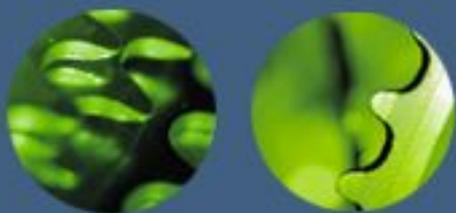
Протягивание наружных цилиндрических и других поверхностей применяют в массовом производстве и выполняют на станках специального назначения, например станках для протягивания шеек коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания.

При протягивании заготовка вращается, а плоская протяжка прямолинейно перемещается. Ширина протяжки соответствует ширине обрабатываемой поверхности. При этом каждый зуб протяжки работает как резец.

Протягивание является высокопроизводительным методом обработки и обеспечивает точность по 8...7 квалитетам и  $Ra = 6,3...0,2$  мкм.



Обработка цилиндрической поверхности плоской и круглой протяжками

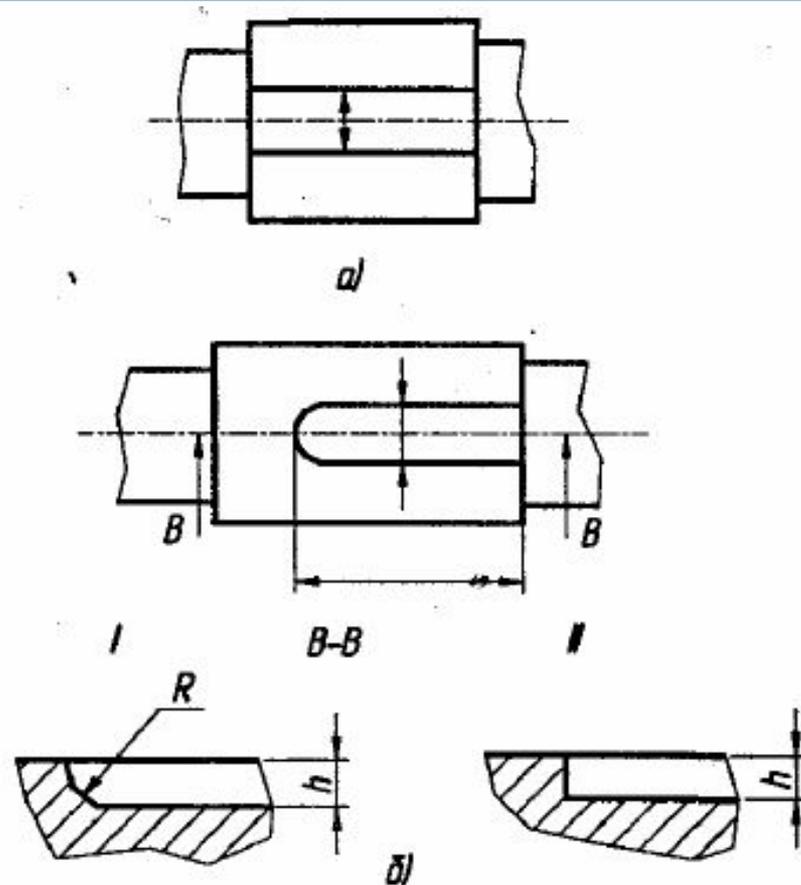


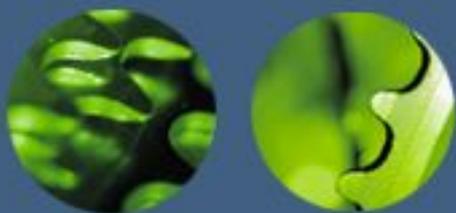
Шпоночные пазы для призматических шпонок могут быть сквозными, закрытыми с одной стороны, закрытыми с двух сторон, т.е. глухими. Наименее технологичными являются глухие шпоночные пазы.

Предпочтительнее применение сквозных пазов и пазов, закрытых с одной стороны, но с радиусным выходом.

К технологическим задачам, стоящим при обработке шпоночных пазов относятся требования по точности ширины паза (по IT9), глубины паза (с рядом отклонений: +0,1; +0,2; +0,3), длины (по IT11...IT12). Требуется обеспечить также симметричность расположения паза относительно оси шейки, на которой он расположен.

Установка валов при обработке пазов обычно производится на призме или в центрах.

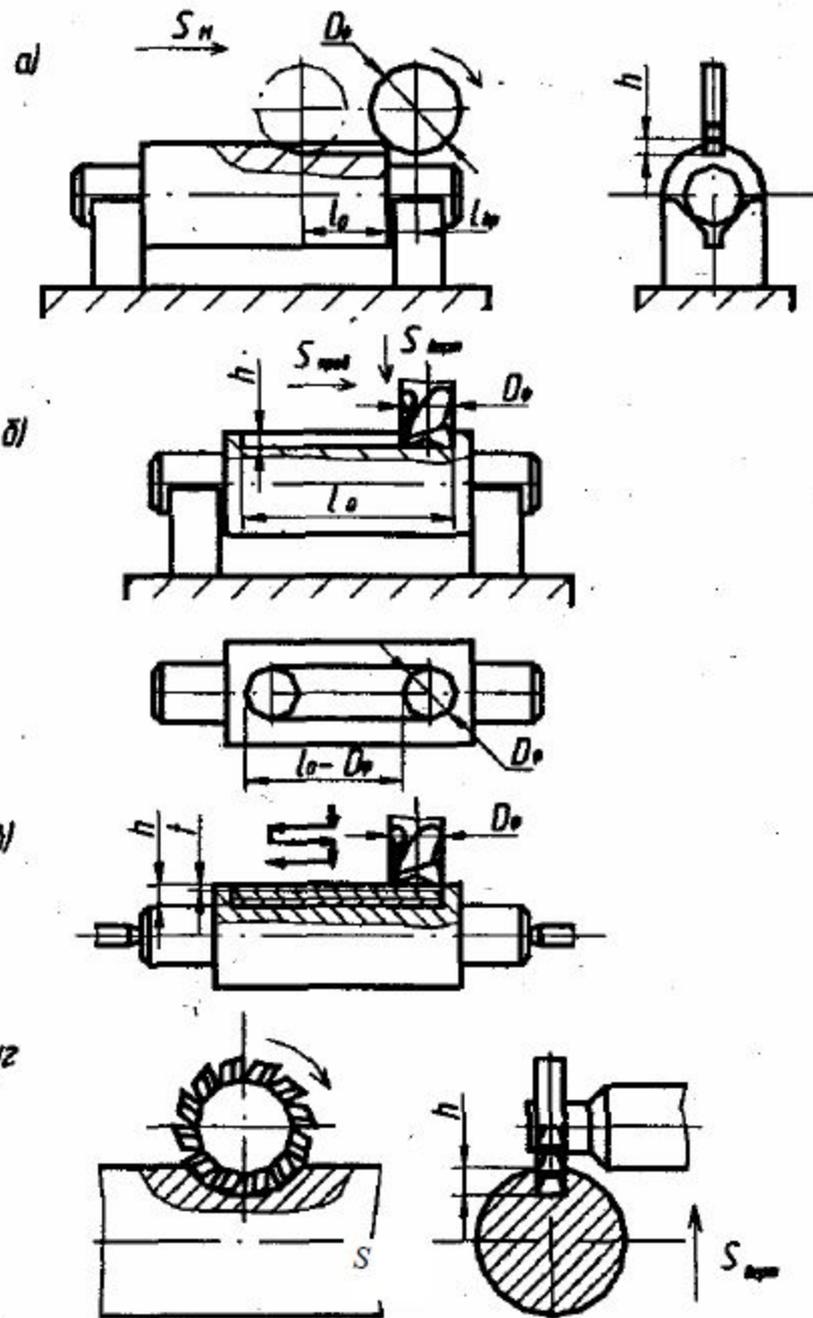




Для получения по ширине точных пазов применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с маятниковой подачей, работающие концевыми двуспиральными фрезами с торцовыми режущими кромками. При этом способе фреза врезается на 0,1...0,3 мм и фрезерует паз на всю длину

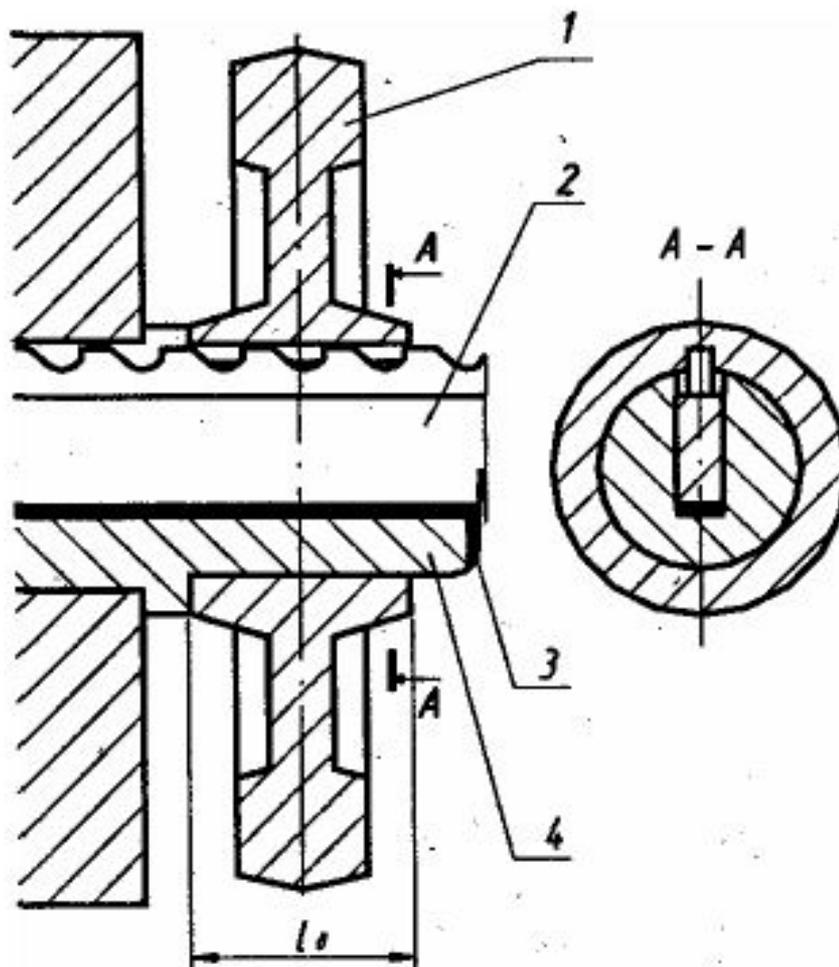
### Методы фрезерования шпоночных пазов:

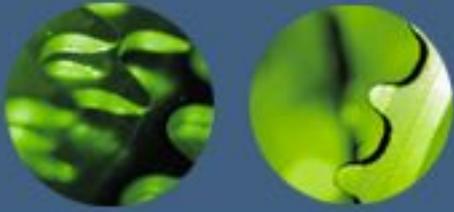
*а – дисковой фрезой с продольной подачей; б – концевой фрезой с продольной подачей; в – шпоночной фрезой с маятниковой подачей; г – дисковой фрезой с вертикальной подачей*





## Протягивание шпоночного паза в отверстии

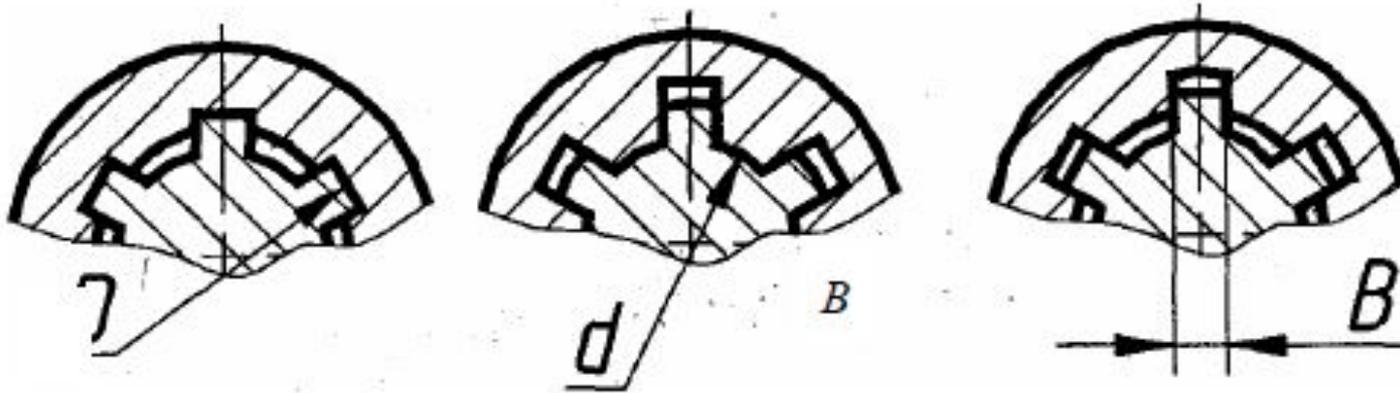




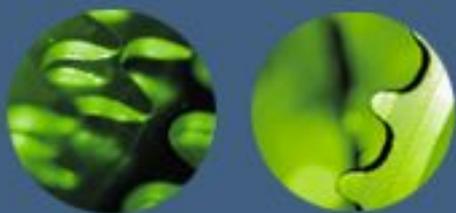
Шлицевые соединения широко применяются в машиностроении (станкостроении, автомобиле- и тракторостроении и других отраслях) для неподвижных и подвижных посадок.

Различают шлицевые соединения прямоугольного, эвольвентного и треугольного профиля.

В наиболее часто используемых шлицевых соединениях прямоугольного профиля сопряженные детали центрируются тремя способами



- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по наружному диаметру шлицевых выступов вала по ( $D$ );
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру (шлицев вала (т.е. по дну впадины) по ( $d$ );
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по боковым сторонам ( $B$ ) шлицев.



## Способы фрезерования шлицев

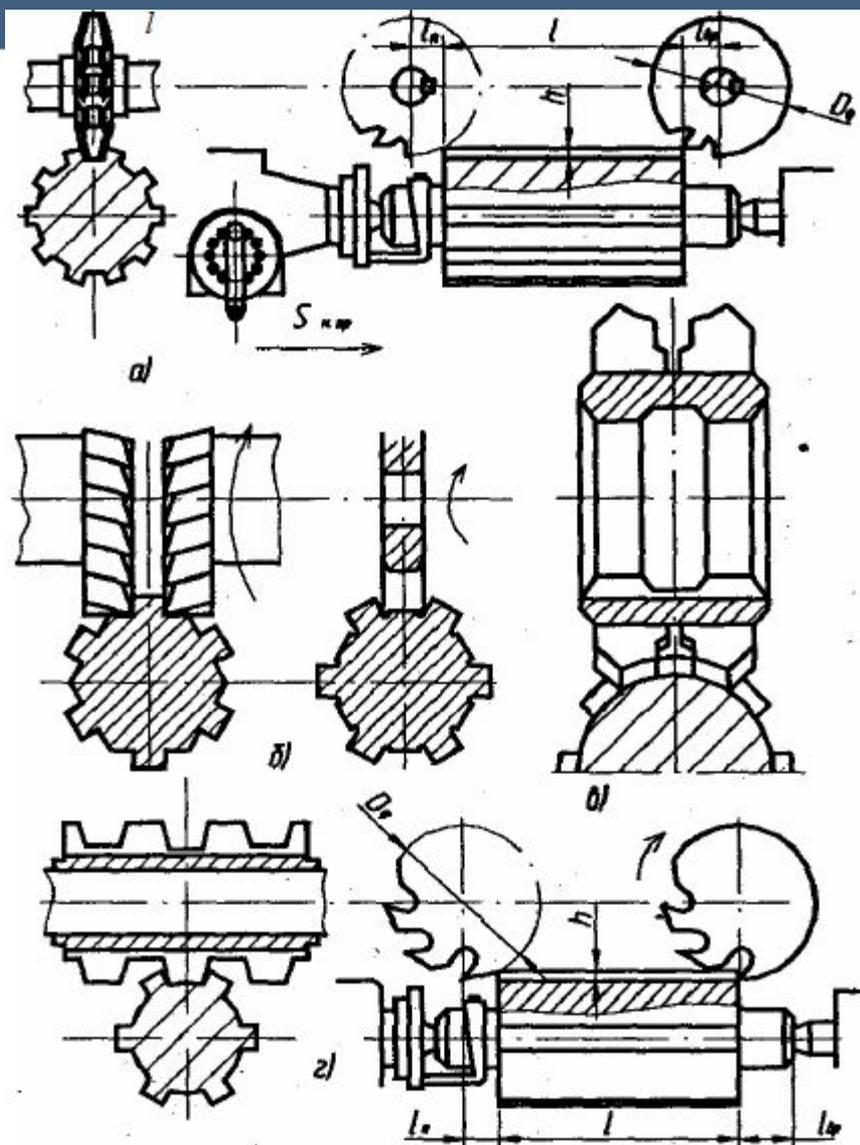
Черновое фрезерование шлицев на горизонтально-фрезерных станках, имеющих делительные механизмы (рис. 28, а, б, в).

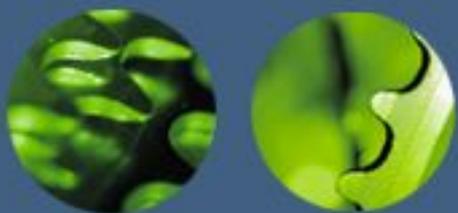
Фрезеровать шлицы способом, изображенным на рис. 28, в, позволяет применять более дешевые фрезы, чем фреза, изображенная на рис. 28, а.

Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля (рис. 28, в).

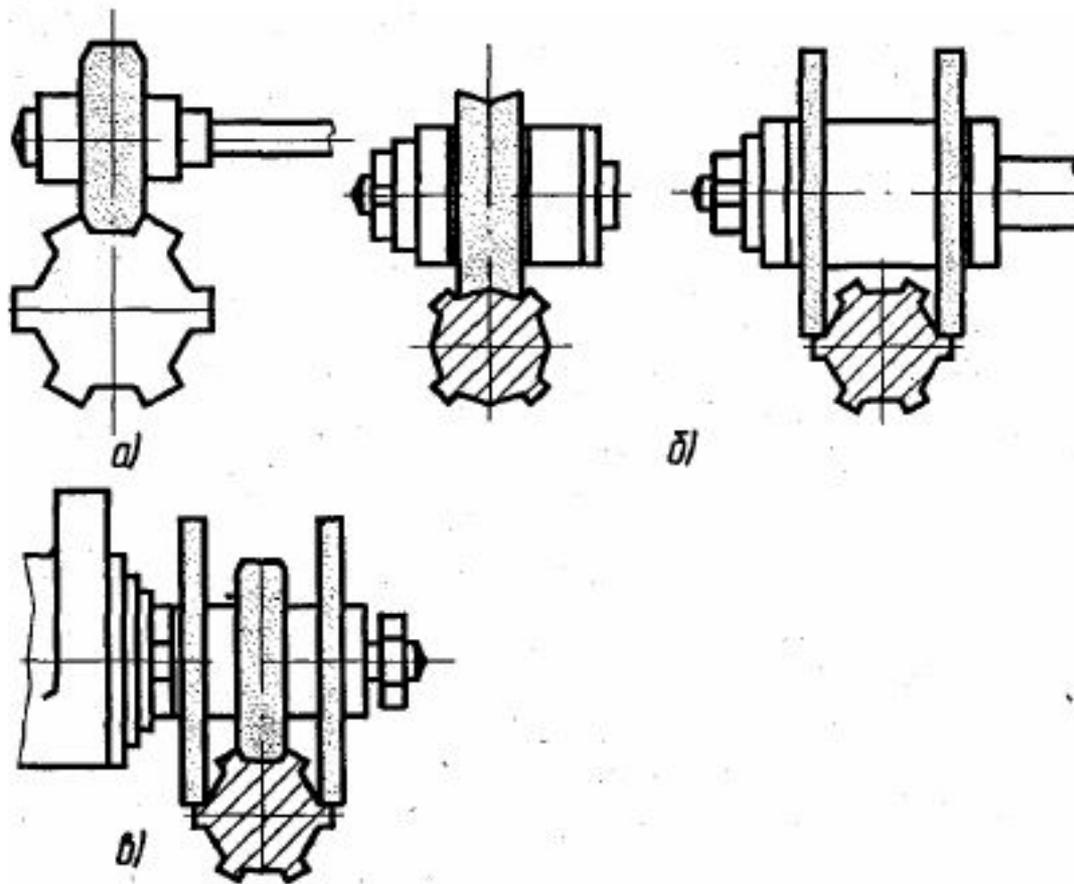
Чистовое фрезерование шлицев дисковыми фрезами производится только в случае отсутствия специального станка или инструмента, так как оно не дает достаточной точности по шагу и ширине шлицев.

Более точное фрезерование шлицев производится методом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы



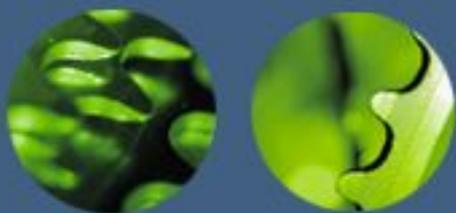


## Схема шлифования шлицев на валах



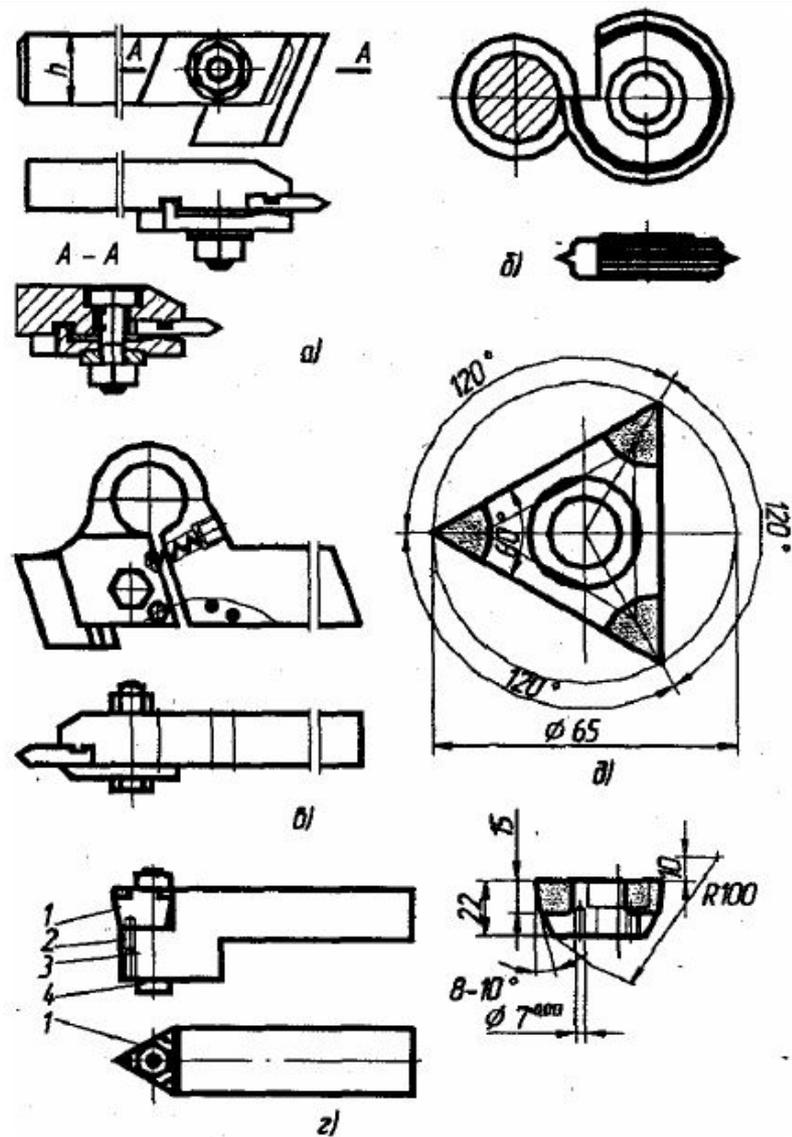
*а – фасонным кругом; б – в две операции одним и двумя кругами; в – тремя кругами*

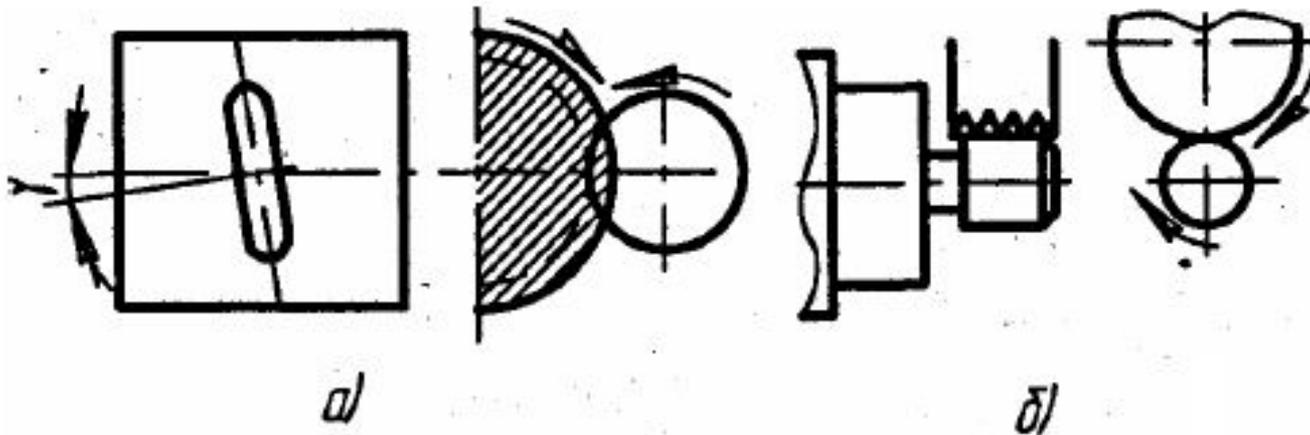
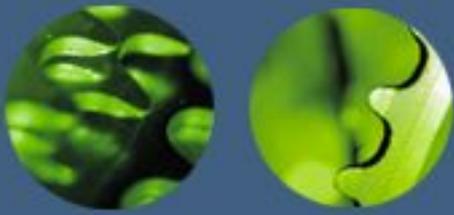




## Резцы для нарезания резьбы

*а* – призматические;  
*б* – круглые;  
*в* – с пружинной  
 державкой;  
*г* – с трехрезцовой  
 головкой;  
*д* – трехрезцовая  
 пластина





Схемы фрезерования резьбы: а –  
 дисковой фрезой; б – групповой  
 (гребенчатой) фрезой

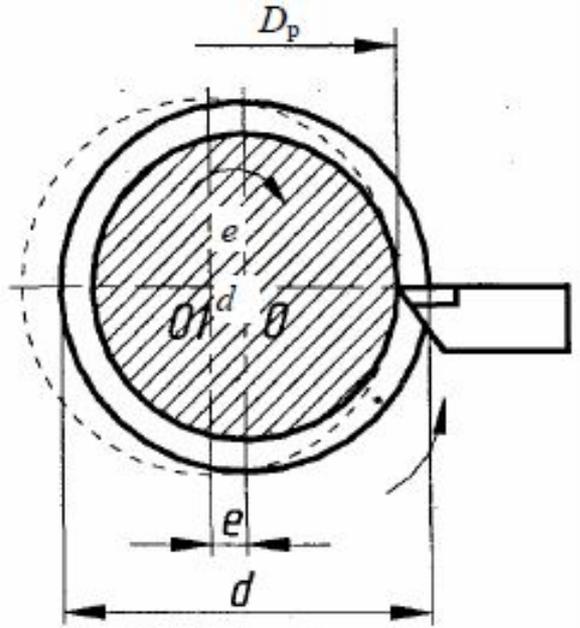
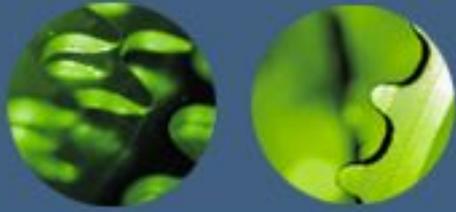


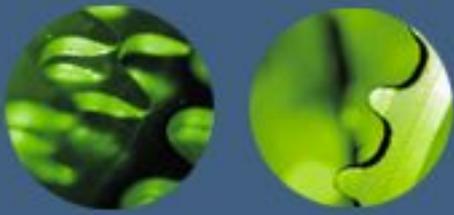
Схема вихревого нарезания



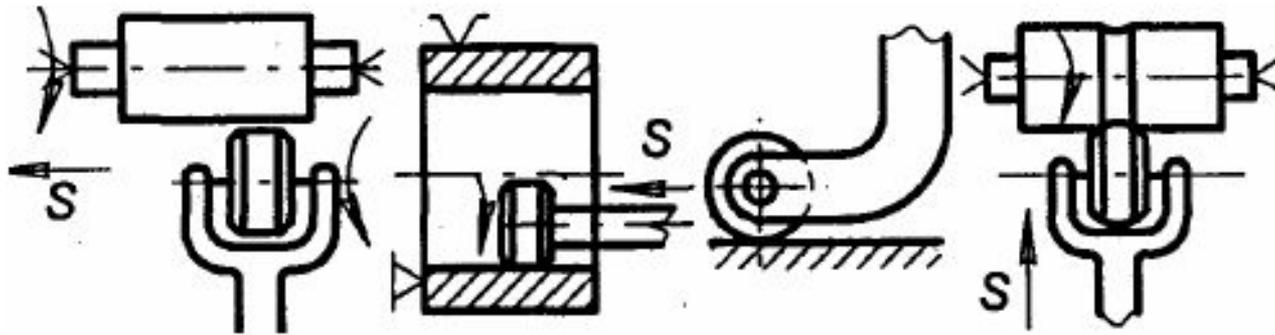
## Методы повышения качества поверхностного слоя деталей

- методы поверхностной термической обработки [обычная закалка, закалка токами высокой частоты (ТВЧ)];
- химико-термические методы (цементация, азотирование, планирование);
  - диффузионная металлизация (диффузионное алитирование, хромирование, силицирование и др.);
  - покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);
  - металлизация поверхностей (распыление расплавленным металлом);
  - поверхностно-пластическое деформирование.



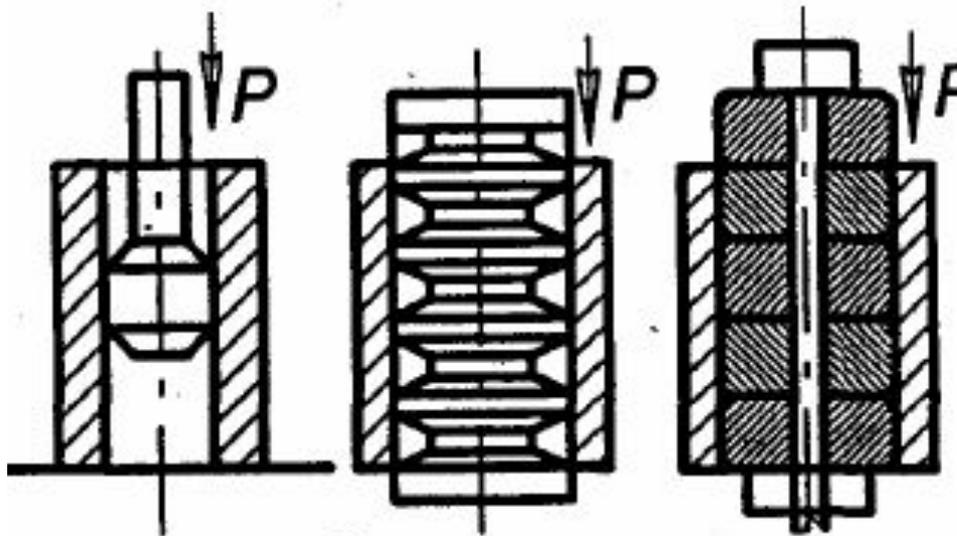


## Основные способы поверхностного пластического деформирования (ППД)



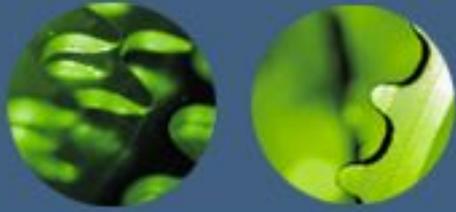
Схемы обработки роликом:

*а – наружных и внутренних цилиндрических поверхностей; б – плоских поверхностей; в – фасонных поверхностей*



Схемы дорнования отверстий:

*а – однозубым дорном; б – многозубым дорном; в – многозубым составным дорном*



## Типовые маршруты изготовления валов

### **005 Заготовительная.**

*010 Правильная (применяется для проката).*

*015 Подготовка технологических баз.*

*020 Токарная (черновая).*

*025 Токарная (чистовая).*

*030 Фрезерная.*

*035 Сверлильная.*

*040 Резьбонарезная.*

*045 Термическая.*

*050 Шлифовальная.*