

***Кафедра
«ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
МАШИН»***

К.т.н., доц. каф. ОКМ

Партко Светлана Анатольевна

К.т.н., доц. каф. ОКМ

Сиротенко Андрей Николаевич

Технологические основы конструирования

***ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ
КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ***

Лекция 5,6

Конструирование механически обрабатываемых деталей

Механическая обработка принадлежит к числу наиболее трудоемких и дорогих способов изготовления и составляет до 70% стоимости изделия.

В конструкции механически обрабатываемых деталей должно быть предусмотрено максимальное сокращение трудоемкости обработки при одновременном обеспечении высокого качества и надежности машин.

При конструировании механически обрабатываемых деталей необходимо соблюдать следующие правила:

Конструирование механически обрабатываемых деталей

- сокращать протяженность механически обрабатываемых поверхностей до конструктивно необходимого минимума;
- уменьшать количество металла, снимаемого при обработке;
- предусматривать изготовление деталей наиболее производительными методами обработки без снятия стружки (штамповкой, холодной высадкой, чеканкой и т. д.);
- шире применять профильный и сортовой прокат с сохранением наибольшего числа черных поверхностей;
- предусматривать изготовление деталей из заготовок с формой, возможно близкой к форме окончательного изделия;
- облегчать изготовление трудоемких деталей путем применения составных конструкций;

Конструирование механически обрабатываемых деталей

- избегать излишне точной механической обработки. Применять в каждом отдельном случае наиболее низкую точность, обеспечивающую правильную работу узла и удовлетворяющую условию взаимозаменяемости;
- обеспечивать возможность применения наиболее производительных способов механической обработки (обработка мерным многолезвийным инструментом и т. д.);
- предусматривать возможность обработки напроход, являющейся главным условием повышения производительности, получения высокой точности и малой шероховатости обрабатываемых поверхностей;

Конструирование механически обрабатываемых деталей

- при невозможности обработки напроход обеспечивать выход обрабатывающего инструмента на расстояние, достаточное для получения точных поверхностей;
- обеспечивать удобный подход режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям; предусматривать возможность обработки максимального числа поверхностей при одной операции на одном станке, с одного установа, одним и тем же инструментом;
- деталям многократного и массового применения придавать формы, допускающие групповую обработку с применением комбинированного инструмента;

Конструирование механически обрабатываемых деталей

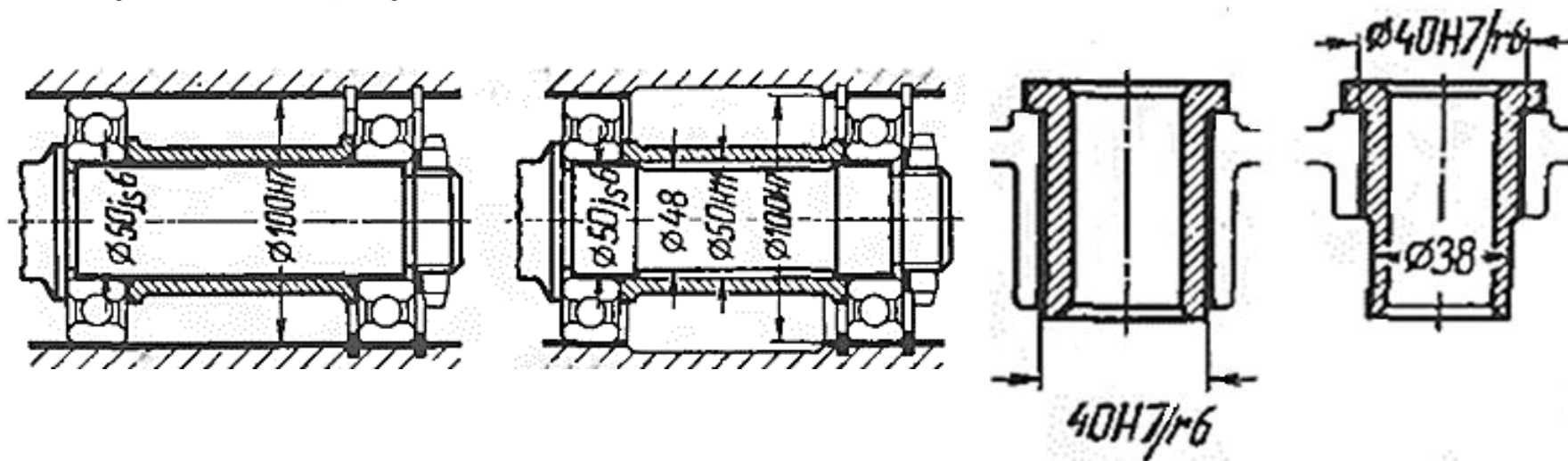
- обеспечивать возможность обработки точных соосных и параллельных отверстий с одного станка, облегчающей получение соосности и точных межосевых расстояний;
- предусматривать четкое разделение поверхностей, обрабатываемых на различных операциях, различным инструментом и с различной степенью точности;
- между обрабатываемыми и ближайшими необрабатываемыми поверхностями предусматривать расстояния, обеспечивающие обработку при наибольших возможных по производственным условиям колебаниях размеров заготовки;
- избегать совместной обработки деталей в сборе, нарушающей непрерывность производственного потока, снижающей взаимозаменяемость и затрудняющей смену деталей в эксплуатации;

Конструирование механически обрабатываемых деталей

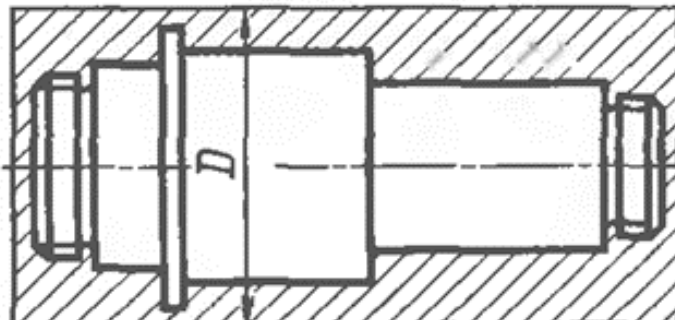
- сокращать номенклатуру обрабатывающего инструмента путем унификации размеров и формы обрабатываемых элементов;
- придавать обрабатываемым поверхностям форму, обеспечивающую равномерную и безударную работу инструмента;
- разгружать цилиндрический многолезвийный инструмент (сверла, развертки, зенкеры и т. д.) от одностороннего давления при обработке;
- придавать обрабатываемым участкам высокую и равномерную жесткость, обеспечивающую точную обработку и способствующую применению производительных способов обработки;
- предусматривать удобные базы для контроля размеров по возможности с применением универсального измерительного инструмента.

Сокращение объема механической обработки

В узле установки подшипников качения точной механической обработке следует подвергать строго ограниченные участки рабочих поверхностей. На виде м показано сокращение протяженности пояса запрессовки втулок в корпусе.



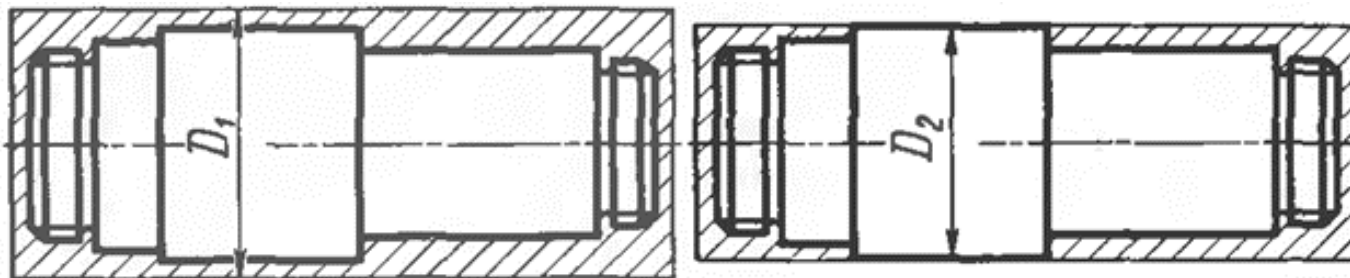
Сокращение объема механической обработки



a

В ступенчатом валу (рис. а) из-за наличия заплечика увеличивается диаметр D заготовки и резко повышается объем снимаемой стружки. Большой перепад диаметром ступенек, в свою очередь, вызывает увеличение объема механической обработки.

Сокращение объема механической обработки



б

в

В конструкции вала без заплечика и с уменьшенным перепадом диаметров ступенек (вид б) объем снимаемой стружки вследствие уменьшения диаметра D заготовки сокращается в 3 раза по сравнению с предыдущим вариантом.

На виде в показано дальнейшее сокращение объема снимаемой стружки, достигнутое при изготовлении детали из чистотянутого прутка диаметром, равным максимальному диаметру D_2 валика.

Сокращение объема механической обработки

Диаметр изделия, изготовляемых из круглого проката, нужно согласовать со стандартными диаметрами круглого проката. Максимальный диаметр изделия должен быть меньше ближайшего стандартного диаметра прутка на диаметральный припуск ***a*** на обработку.

Значение ***a*** можно определять из соотношения

$$a = b \sqrt[6]{DL}$$

где ***D*** — диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

L — длина заготовки, мм;

b — коэффициент, равный для различных видов обработки (см. таблицу):

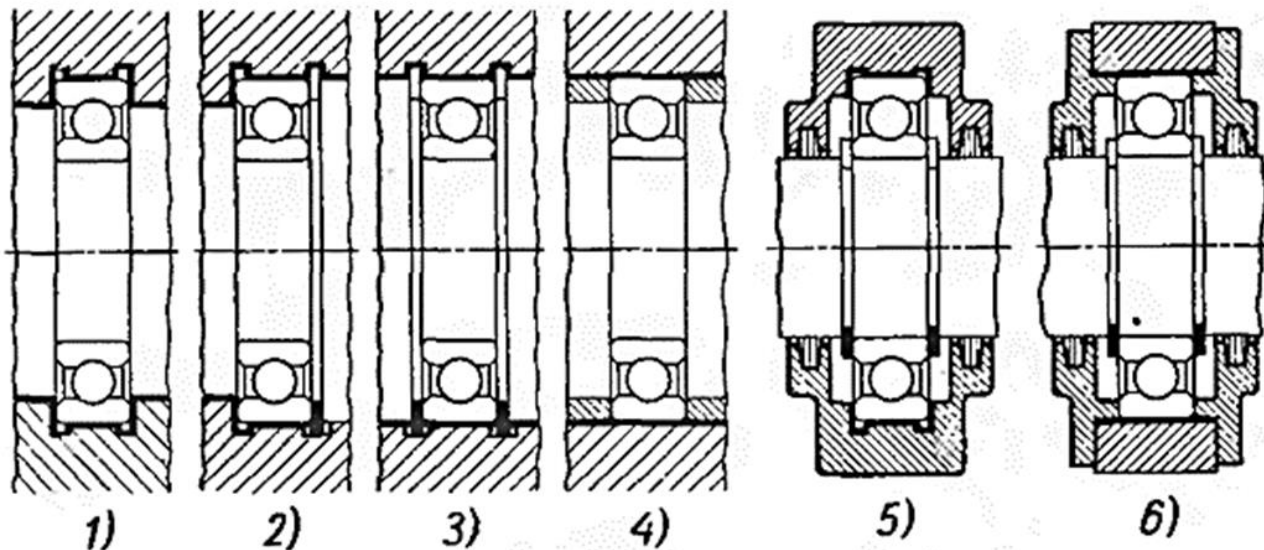
Сокращение объема механической обработки

Операция	Обработка		Общий припуск
	черновая	чистовая	
Точение	0,5	0,4	0,9
Шлифование	0,2	0,1	0,3

Крепежные детали массового производства целесообразно изготавливать из калиброванного проката с сохранением возможно большей части необработанной поверхности заготовки.

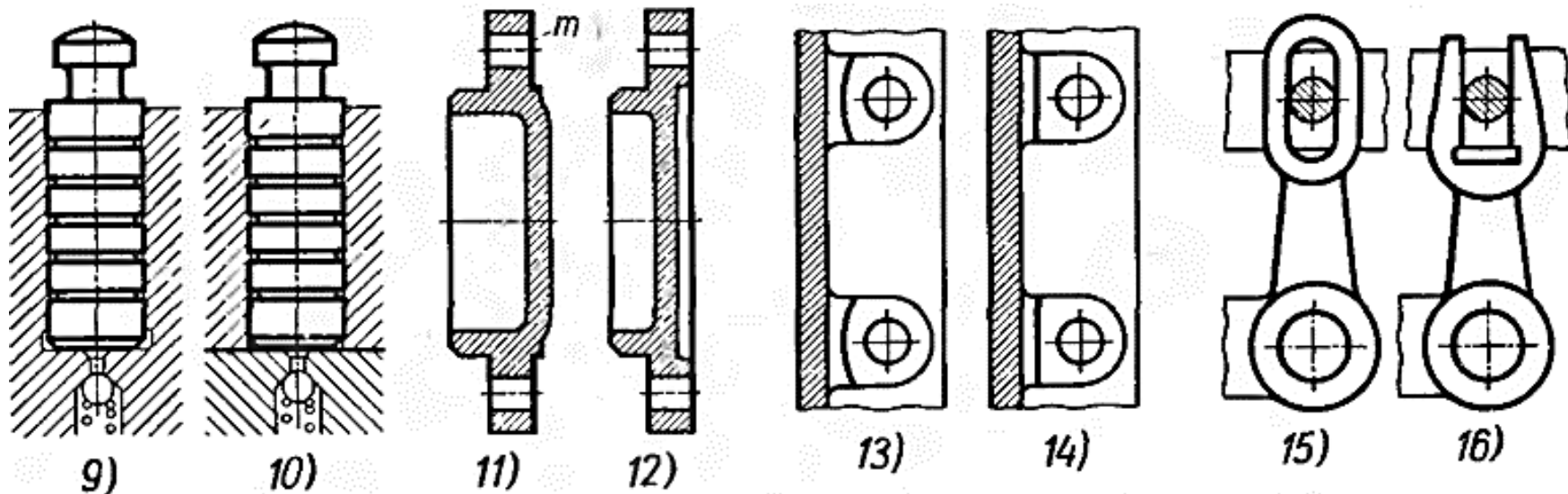
ОБРАБОТКА НАПРОХОД

Для увеличения производительности механической обработки и повышения чистоты и точности ее большое значение имеет обработка напроход со свободным входом и выходом режущего инструмента за пределы обрабатываемой поверхности.



Правильны конструкции с обработкой посадочной поверхности напроход (вид 3,4,6).

ОБРАБОТКА НАПРОХОД



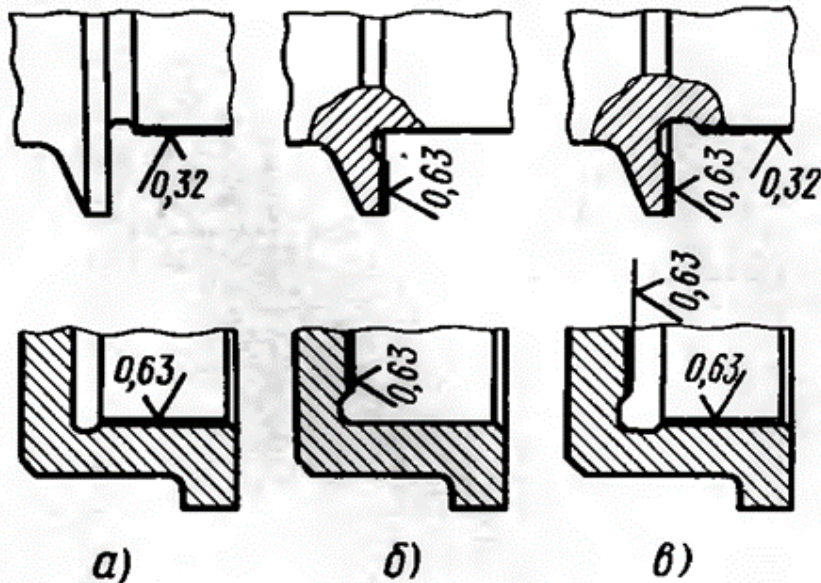
В конструкциях (вид 10,12,14,16) можно проводить обработку напроход.

Выход обрабатывающего инструмента

Обработка напроход не всегда осуществима по конструктивным условиям. В таких случаях необходимо предусмотреть перебег режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности на расстояние, достаточное для получения заданной шероховатости и точности.

При точной обработке ступенчатых цилиндрических поверхностей выход инструмента обеспечивают введением на участках сопряжения канавок глубиной несколько десятых миллиметра.

Выход обрабатывающего инструмента

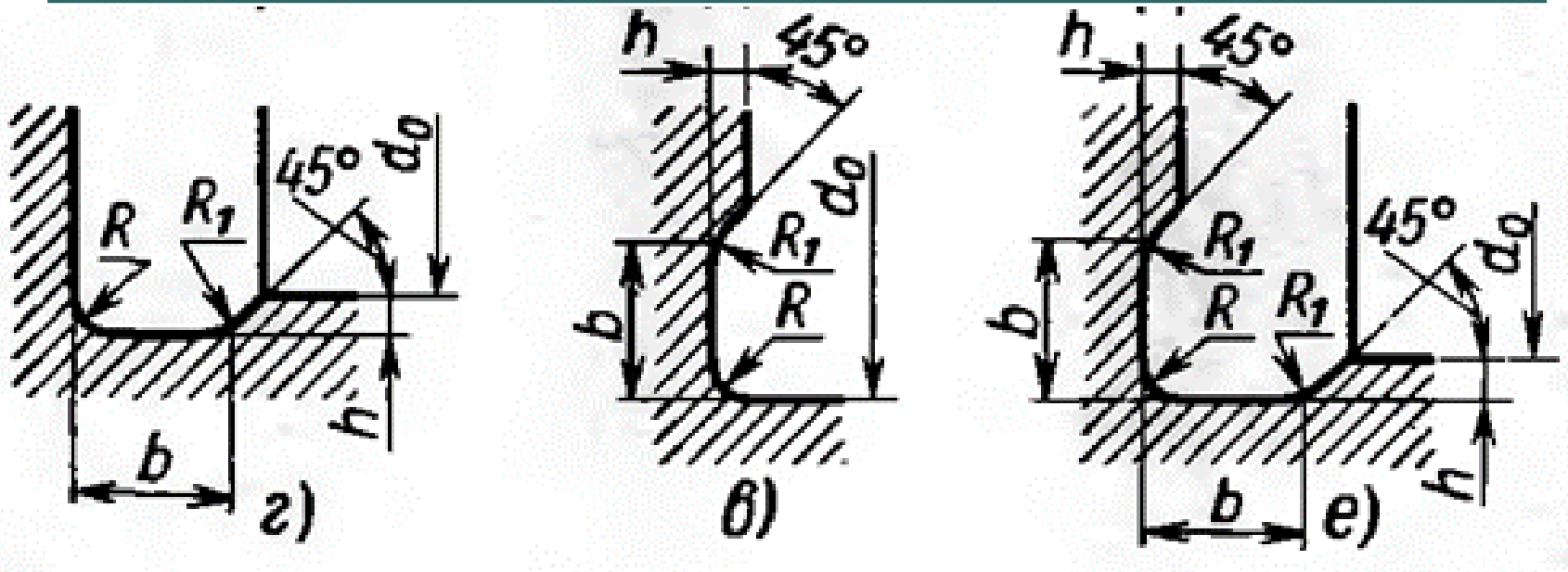


Если точной обработке подвергается только цилиндрическая поверхность, то применяют цилиндрические выточки (вид а).

При точной обработке торцовых поверхностей вводят торцовые выточки (вид б).

При одновременной точной обработке цилиндра и примыкающего к нему торца проделывают диагональные канавки (вид в).

Выход обрабатывающего инструмента

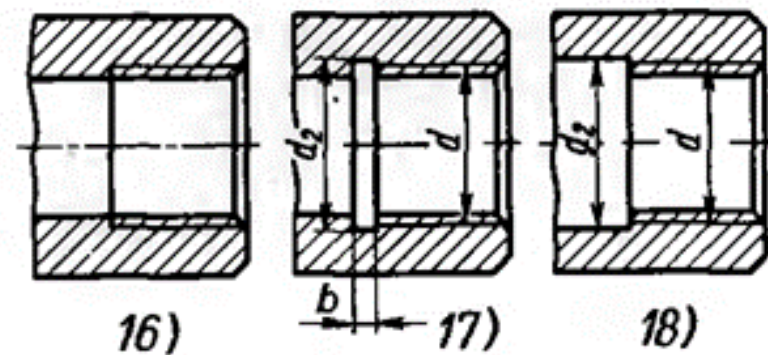
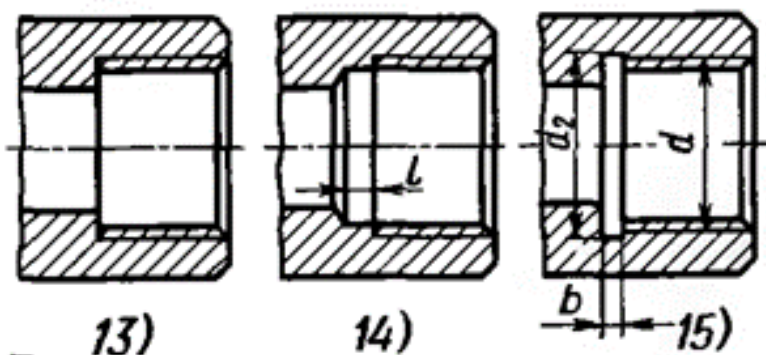
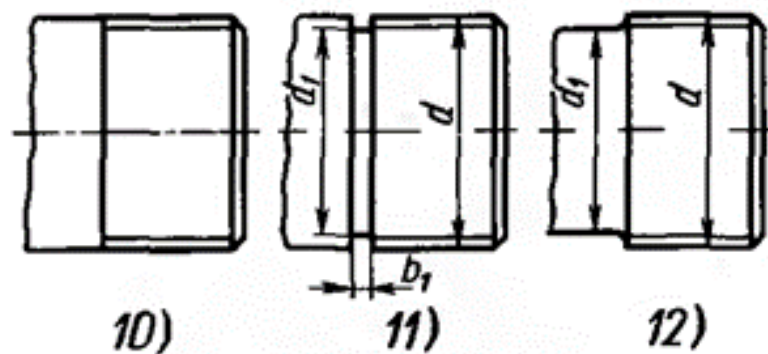
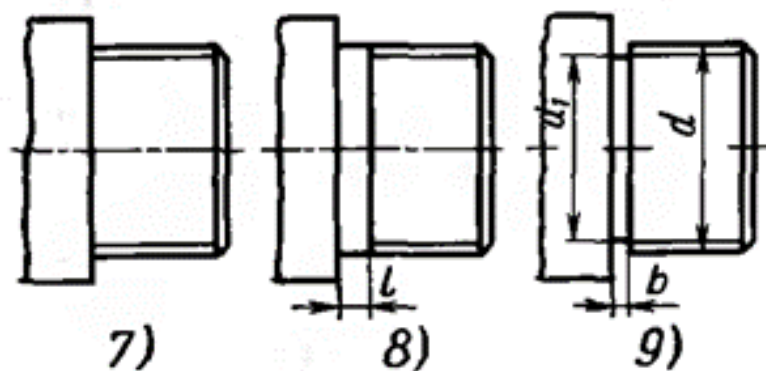
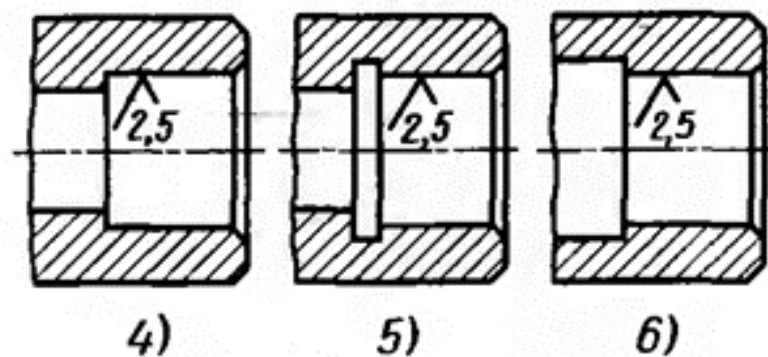
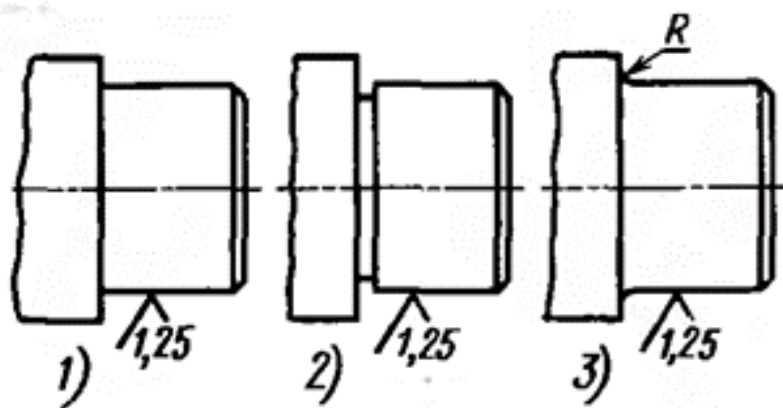


Формы канавок для выхода шлифовального круга приведены на видах з (шлифование по цилиндру), б (шлифование по торцу) и е (шлифование по цилиндру и торцу).

Выход обрабатывающего инструмента

Размеры канавок в зависимости от диаметра d_0 цилиндра указаны ниже

d_0	До 10	10-50	50-100	Более 100
b	2	3	5	8
h	0,25	0,25	0,5	0,5
R	0,5	0,5	1,5	2,0
R_1	$\sim 2h$			

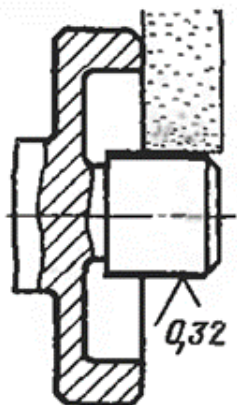


Выход обрабатывающего инструмента

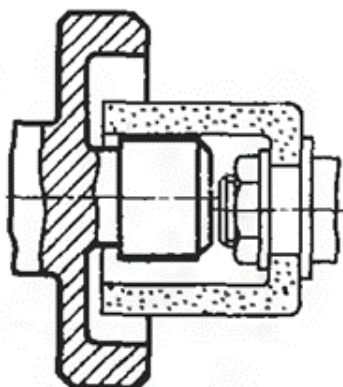
Конструкции с выводом резьбы на ступенчатый торец (виды 7, 13) практически невыполнимы. Резьбу следует заканчивать на расстоянии $l \geq 4P$ от торца (виды 8, 14), где P — шаг резьбы, или отделять от смежных поверхностей канавкой (виды 9, 15) диаметром для наружных резьб $d_1 \geq d - 1,5P$, для внутренних резьб $d_2 \geq d + 0,25P$, где d - номинальный диаметр резьбы, мм.

Ширину канавок при нарезании наружной резьбы резцами и лерками делают в среднем $b = 2P$ при нарезании внутренних резьб резцами $b = 3P$. То же правило целесообразно соблюдать для гладких валов (виды 10, 11) и отверстий (16, 17).

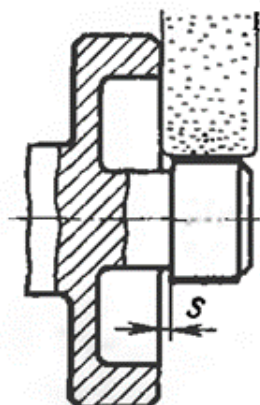
Еще лучше смежные с резьбой поверхности располагать ниже (виды 12, 18), обеспечивая обработку напроход. Диаметры d_1 , d_2 таких поверхностей определяют из приведенных ранее соотношений.



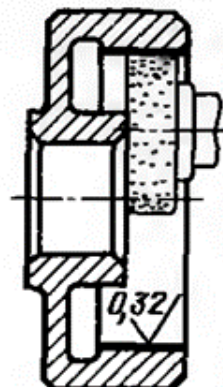
22



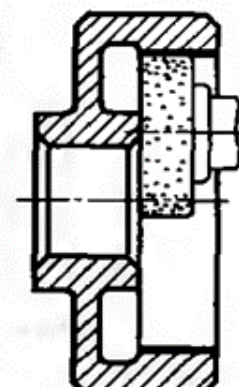
23



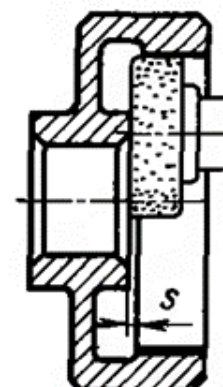
24



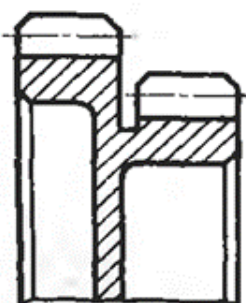
25



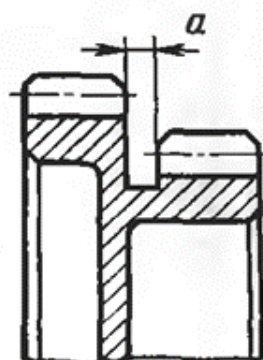
26



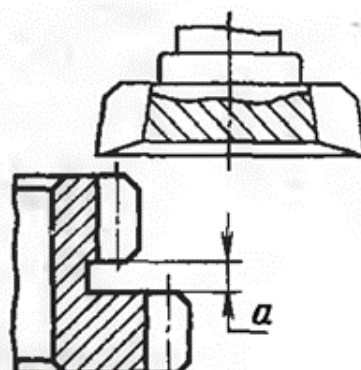
27



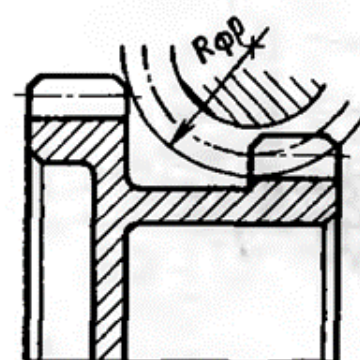
28



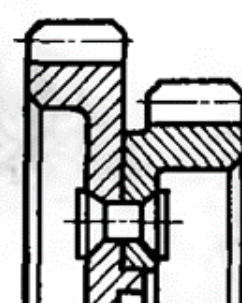
29



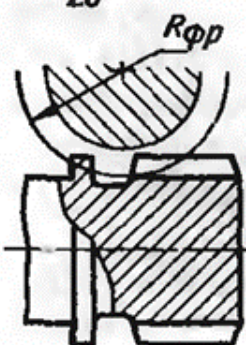
30



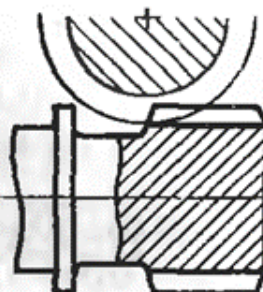
31



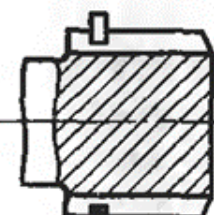
32



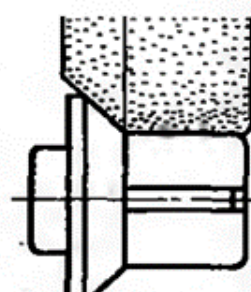
33



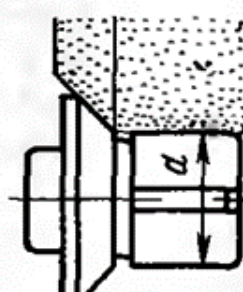
34



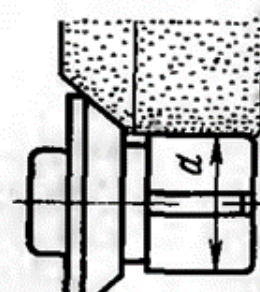
35



36



37



38

Выход обрабатывающего инструмента

В блоке зубчатых колес (вид 28) для нарезания зубьев шестерни нужно предусмотреть расстояние a (вид 29), достаточное для выхода долбяка (вид 30).
Минимальная величина a (мм) в зависимости от модуля m зуба приведена ниже.

m	1 -2	3-4	5-7	8-10	12-14
a	4-5	6-7	8-9	10	14

Выход обрабатывающего инструмента

При нарезании зубьев червячной фрезой требуются значительно большие расстояния, определяемые диаметром фрезы (вид 31) и углом (в плане) ее установки относительно оси блока. При необходимости близкого расположения венцов в этих случаях следует применять составные конструкции (вид 32).

Для того чтобы при обработке шлицев методом обкатывания червячная фреза не врезалась в упорный буртик вала (вид 33), буртик должен быть удален на расстояние 1 (вид 34):

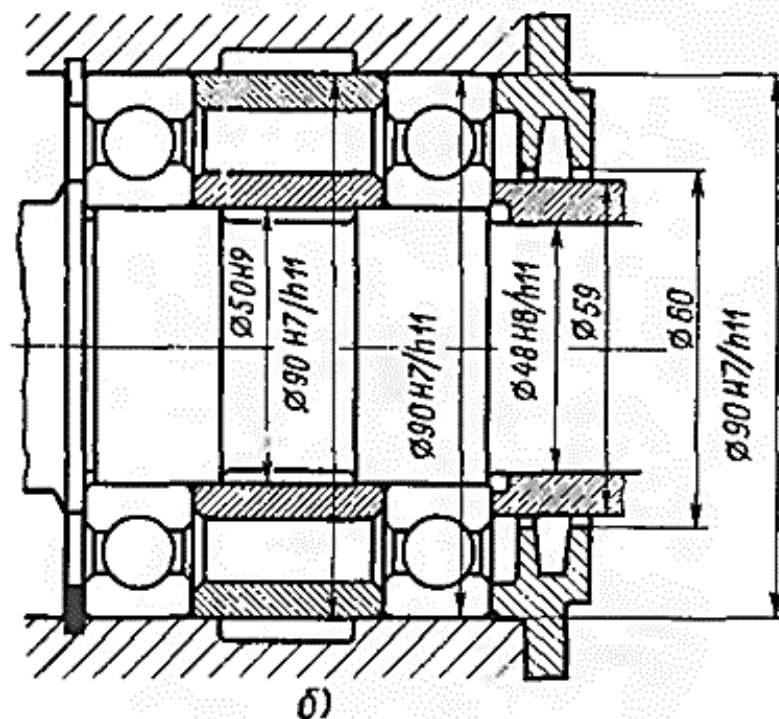
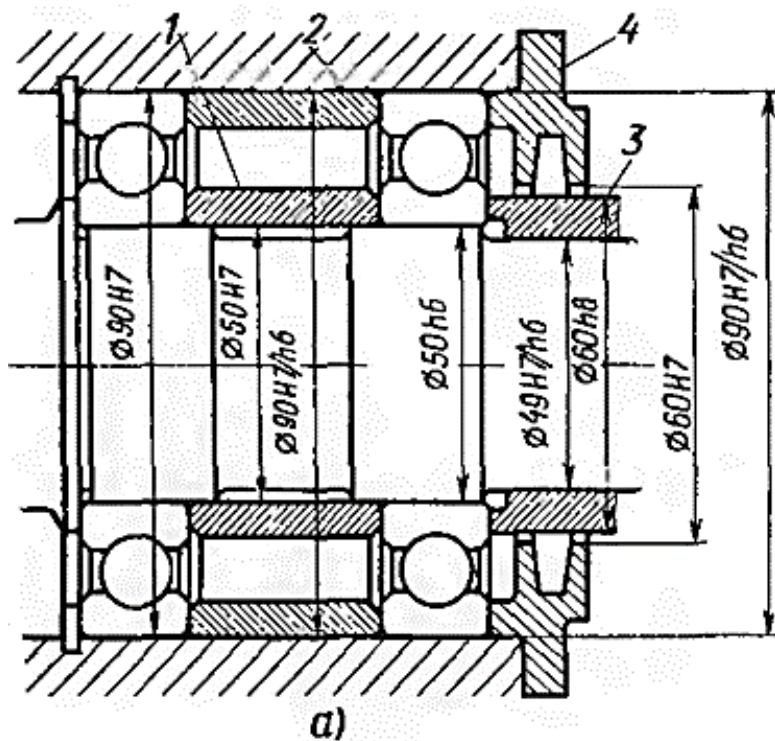
$$l = (H + H_1) \sqrt{\left[\frac{R_{\text{фр}}}{(H + H_1)} \right] - 1}$$

где H и H_1 - высота шлицев и буртика фланца, $R_{\text{фр}}$ — радиус фрезы.

Устранение излишне точной обработки

Применять размеры с допусками (посадочные размеры) нужно только в случае необходимости. Квалитет следует выбирать наинизший, допустимый условием взаимозаменяемости и условием надежной работы узла.

Поверхности, точность изготовления которых не влияет на работу узла в целом, следует изготавливать по более низким квалитетам, чем рабочие поверхности.



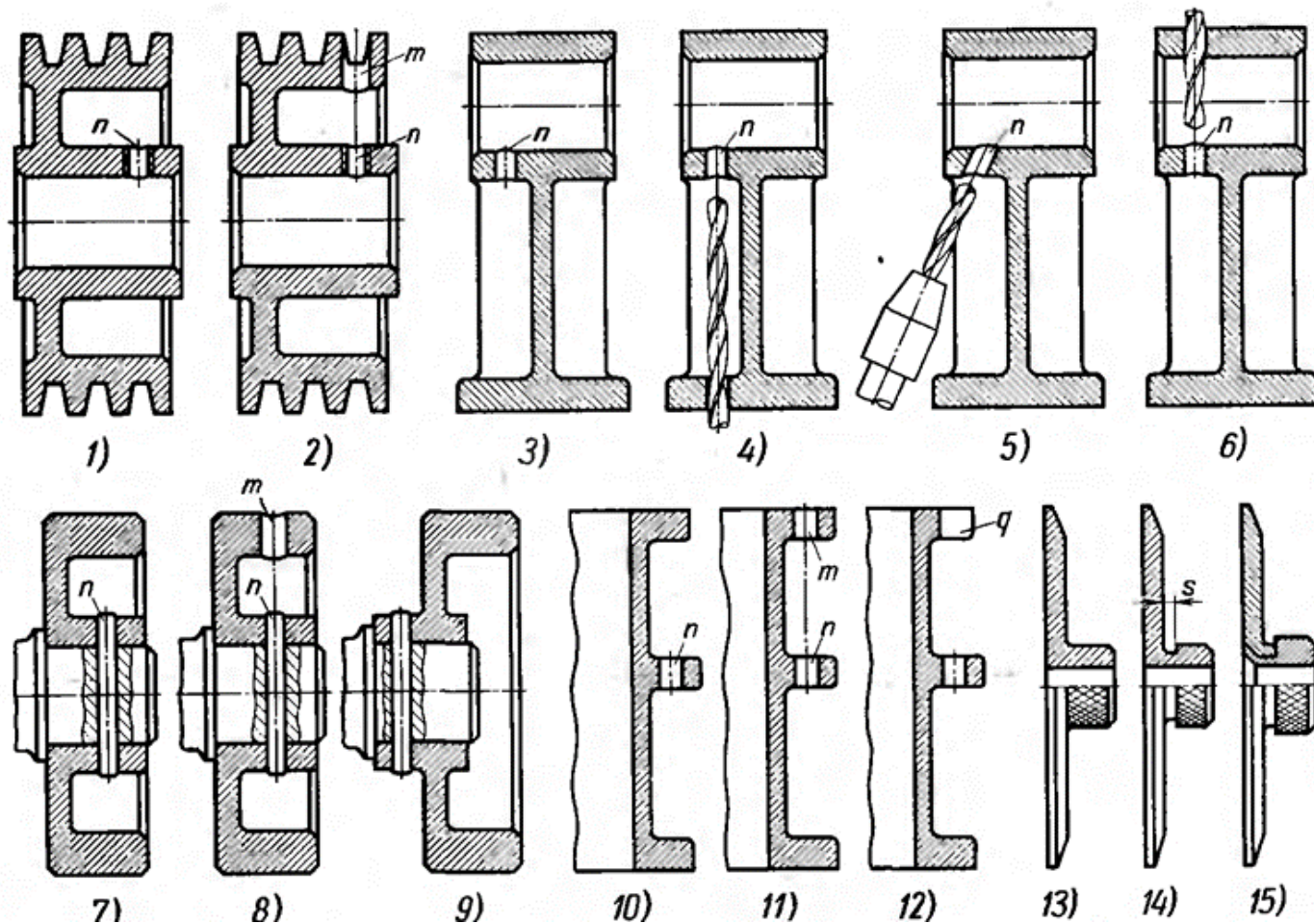
На рис. а посадочные поверхности под подшипники выполнены по H7. С такой же точностью выполнены центрирующие поверхности промежуточных втулок 1, 2, 3 и корпуса уплотнения 4, тогда как без всякого ущерба для работоспособности узла можно назначить для этих поверхностей более грубые поля допусков H8, h11 (вид б).

Подход обрабатывающего инструмента

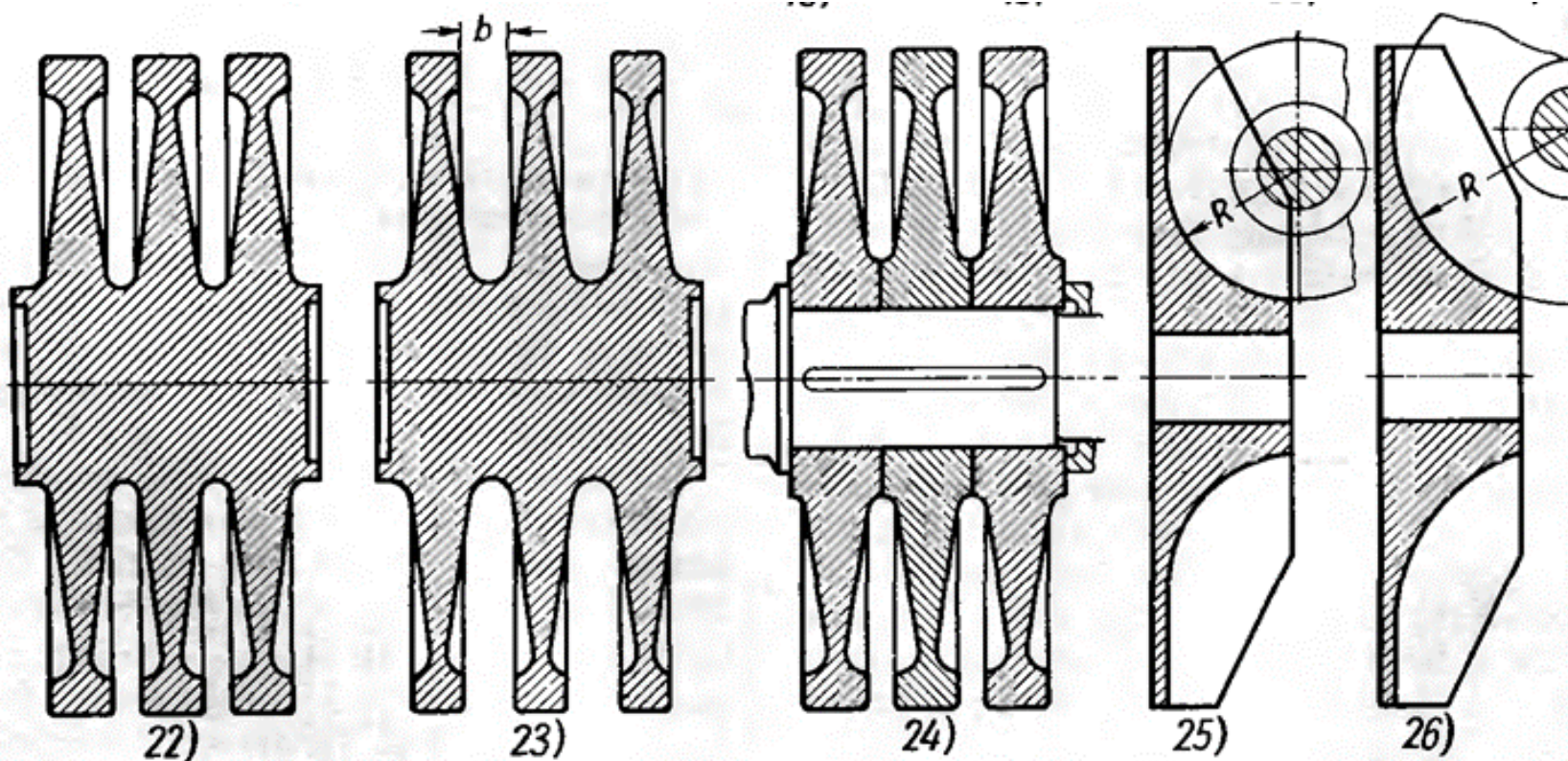
Для повышения производительности и точности механической обработки нужно обеспечить свободный подход режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Для этого необходимо ясно представлять себе характер операции, знать размеры режущего инструмента и его крепежных элементов, условия установки и крепления детали при обработке.

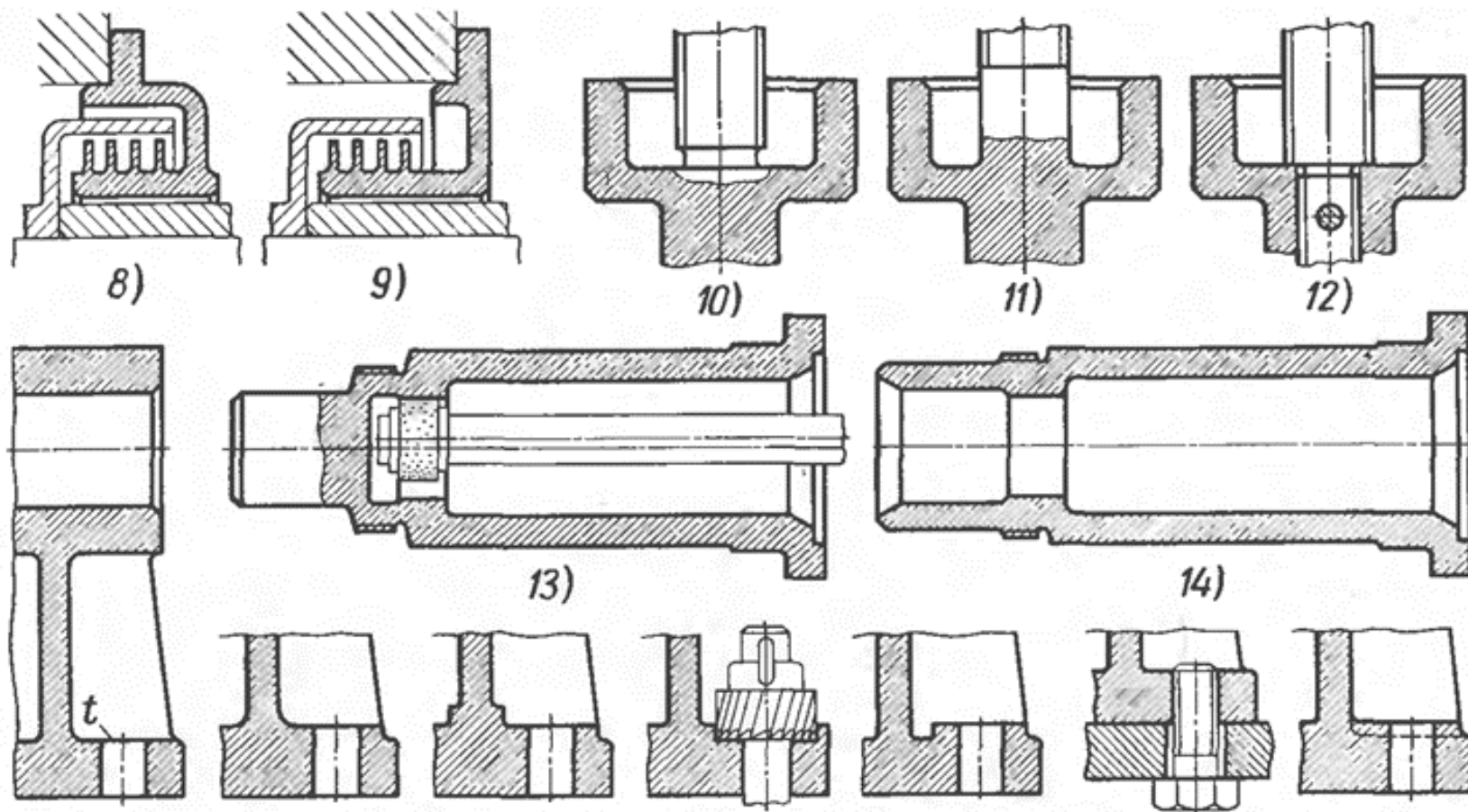
Подход обрабатывающего инструмента



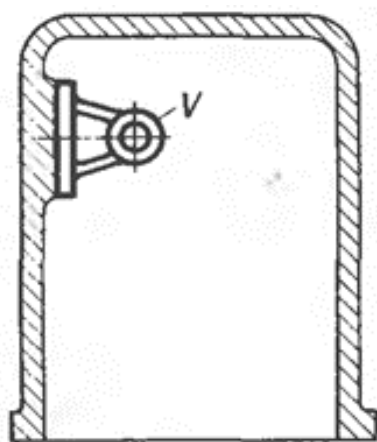
Подход обрабатывающего инструмента



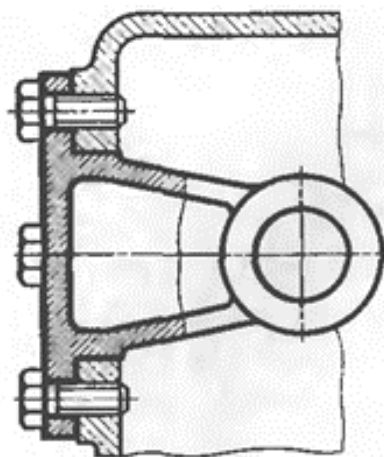
Подход обрабатывающего инструмента



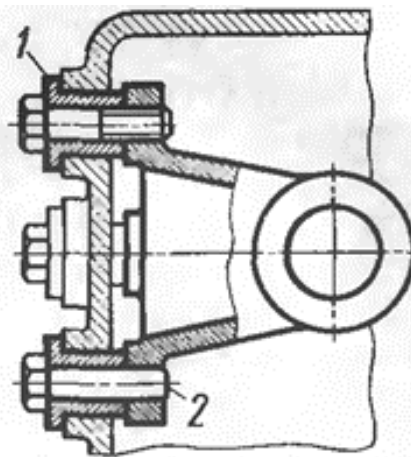
Подход обрабатывающего инструмента



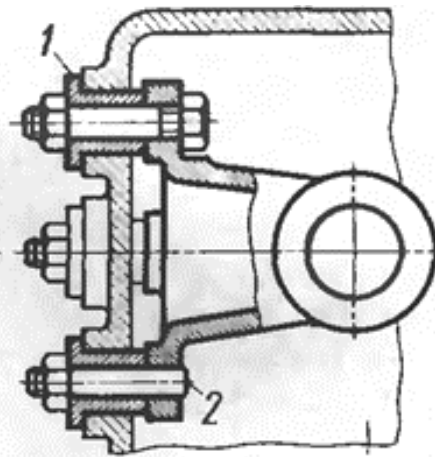
22)



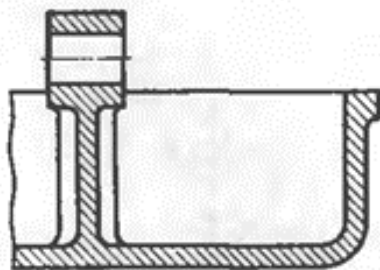
23)



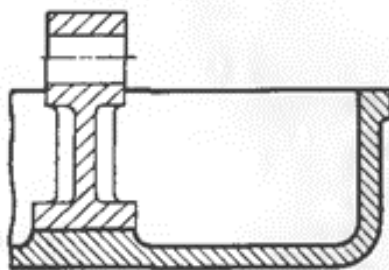
24)



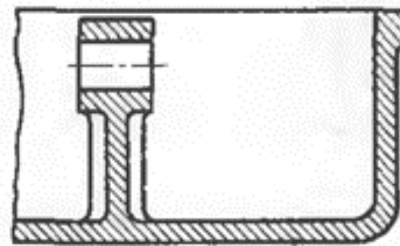
25)



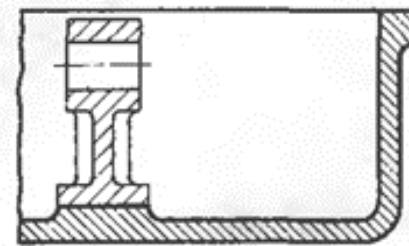
26)



27)



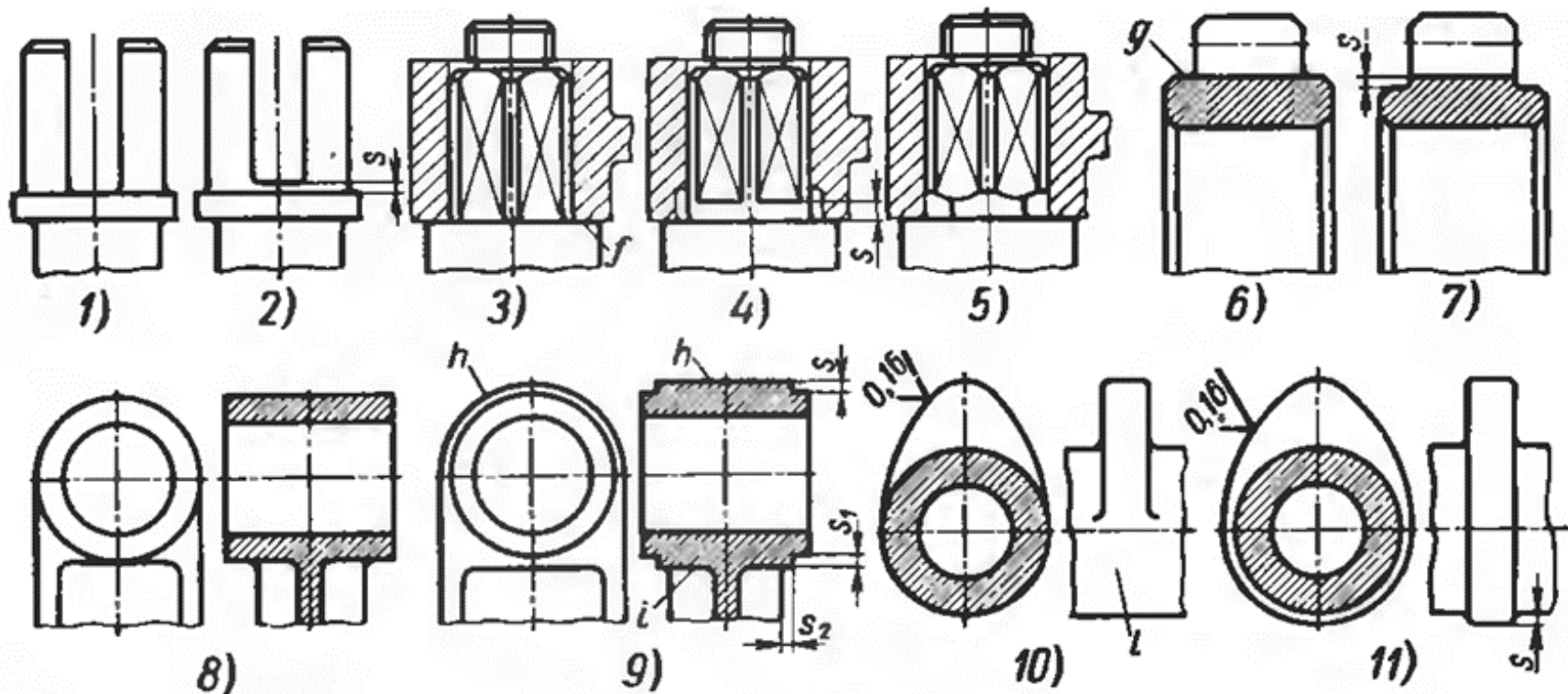
28)



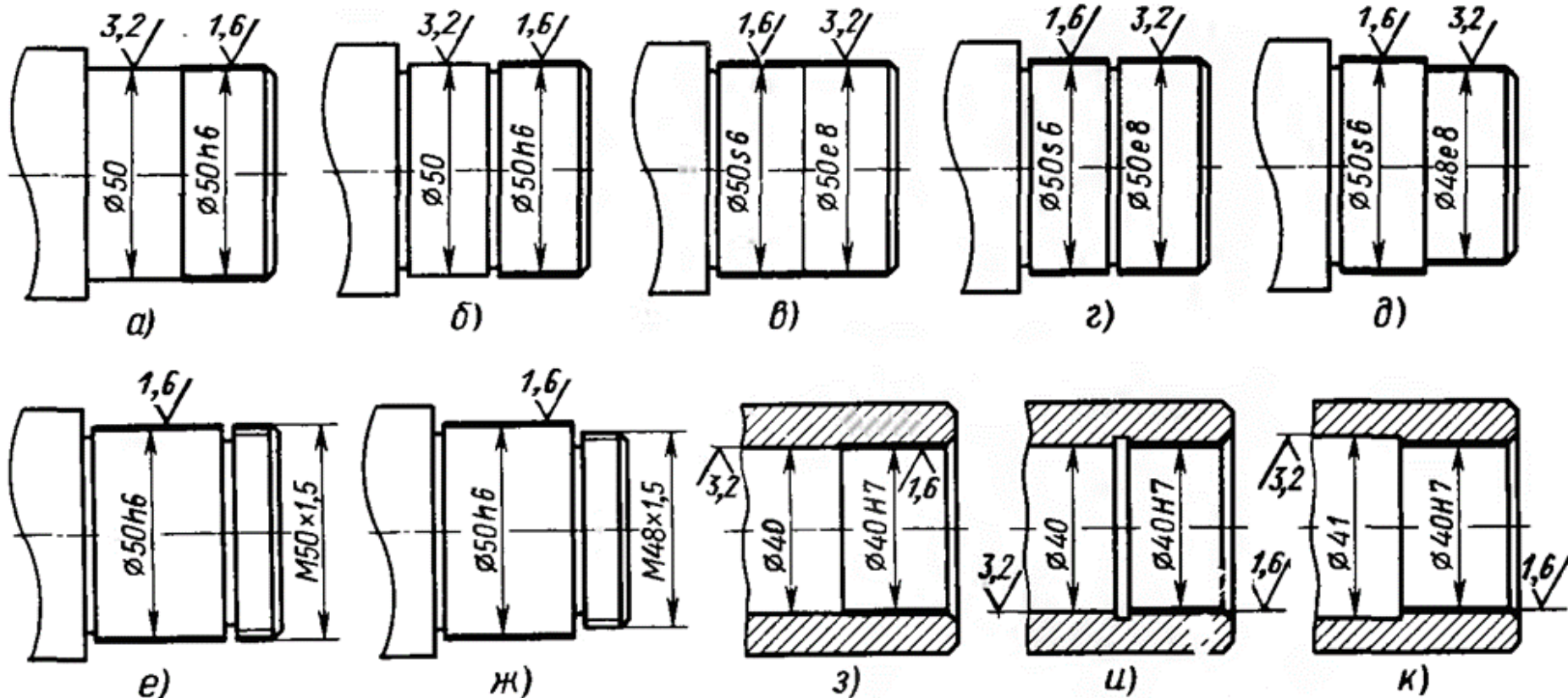
29)

Разделение поверхностей, обрабатываемых с разной ТОЧНОСТЬЮ

Поверхности, обрабатываемые разным инструментом и с различной степенью точности и шероховатости, должны быть конструктивно отделены одна от другой.



Разделение поверхностей, обрабатываемых с разной ТОЧНОСТЬЮ



Перевод на ковку и штамповку

Наиболее целесообразно выполнять детали из заготовок, имеющих форму, близкую к форме окончательного изделия, получаемую горячей штамповкой в закрытых штампах. Помимо сокращения механической обработки, штамповка увеличивает прочность заготовки.

Применение штампов экономически оправдано при массовом выпуске, когда первоначальные затраты на изготовление штампов быстро окупаются увеличением производительности и сокращением механической обработки.

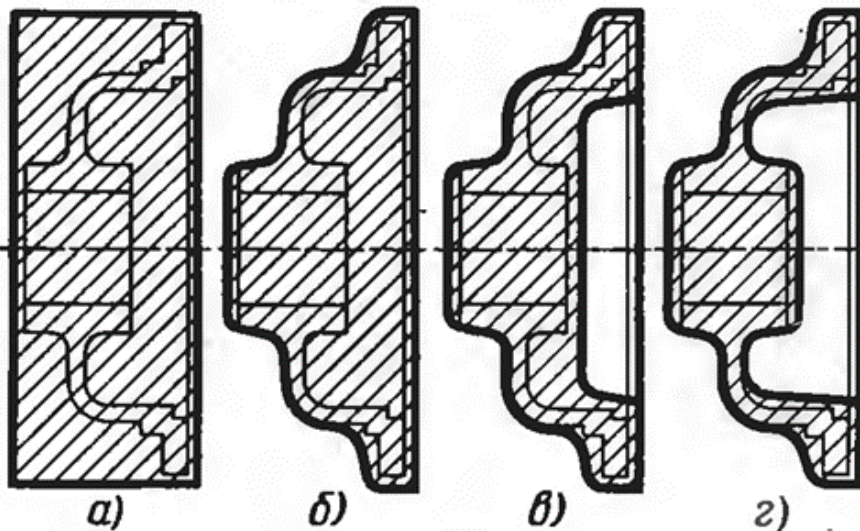
Перевод на ковку и штамповку

Однако благодаря высокой прочности штампованных изделий штамповку нередко применяют в производстве ответственных машин независимо от масштаба выпуска и стоимости изготовления.

Наивысшую точность и наименьшую шероховатость поверхности обеспечивает холодное калибрование (чеканка), применяемое как окончательная операция после горячей штамповки. Иногда чеканка полностью исключает необходимость механической обработки.

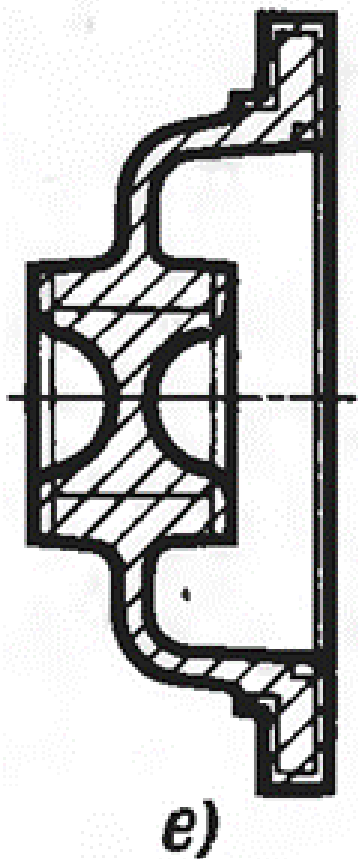
Перевод на ковку и штамповку

На рисунках представлены способы изготовления чашечной детали (деталь показана тонкими линиями).



Изготовление точением из цилиндрической болванки (а) весьма трудоемко. На рис. б изображена заготовка, полученная на молоте в открытом штампе с фасонной матрицей и плоским бойком, в, г — то же, с фасонными матрицами и бойком.

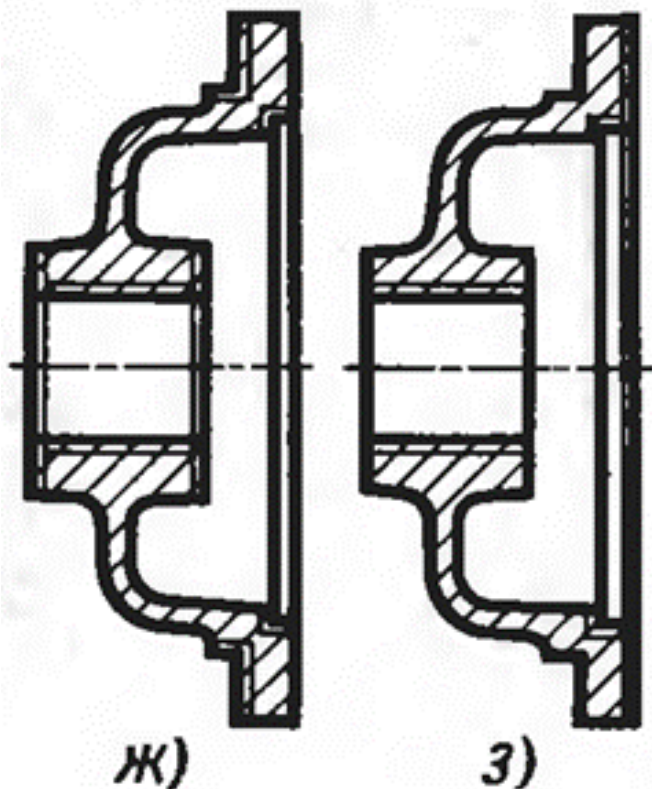
Перевод на ковку и штамповку



При штамповке (вид *e*) большая часть поверхностей приобретает окончательную форму, за исключением поверхностей, подлежащих механической обработке.

Перемычку в отверстии удаляют вырубным штампом.

Перевод на ковку и штамповку

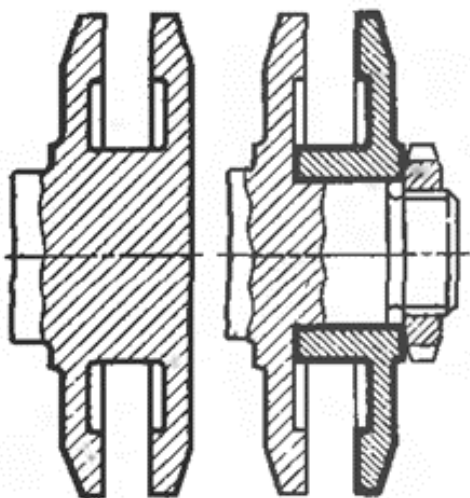


На рис. ж, показана заготовка, полученная на горизонтально-ковочной машине, с прошивкой отверстия.

При холодном калибровании всем поверхностям придается окончательный вид (вид з), за исключением поверхностей, нуждающихся в особо точной обработке (посадочное отверстие, центрирующая выборка, торец фланца).

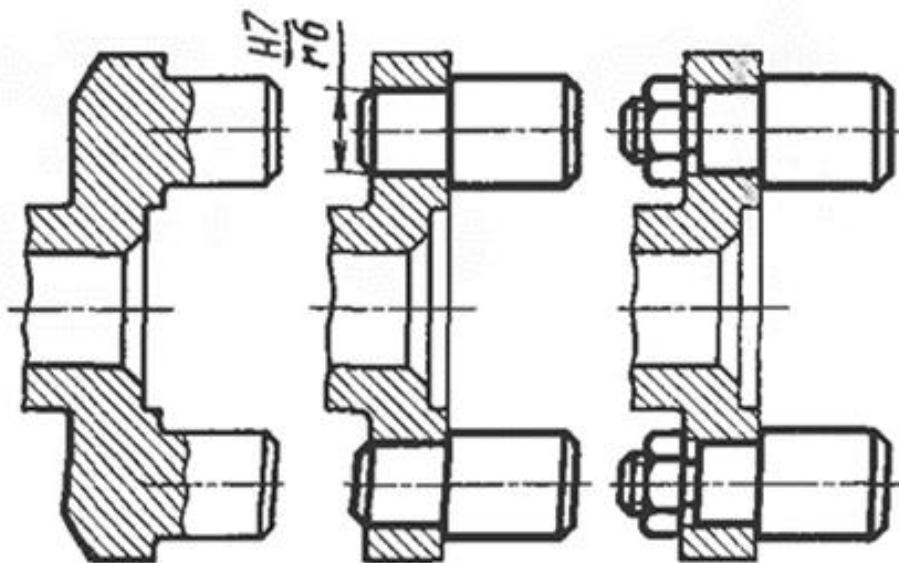
Составные конструкции

Составные конструкции применяют при небольшом масштабе выпуска, когда изготовление штампов экономически не оправдано. Расчленение деталей часто позволяет уменьшить трудоемкость механической обработки.



На видах 1, 2 показано упрощение обработки кольцевого Т-образного паза, для обработки которого необходимы специальные приспособления. Такие части целесообразно делать отъемными.

Составные конструкции

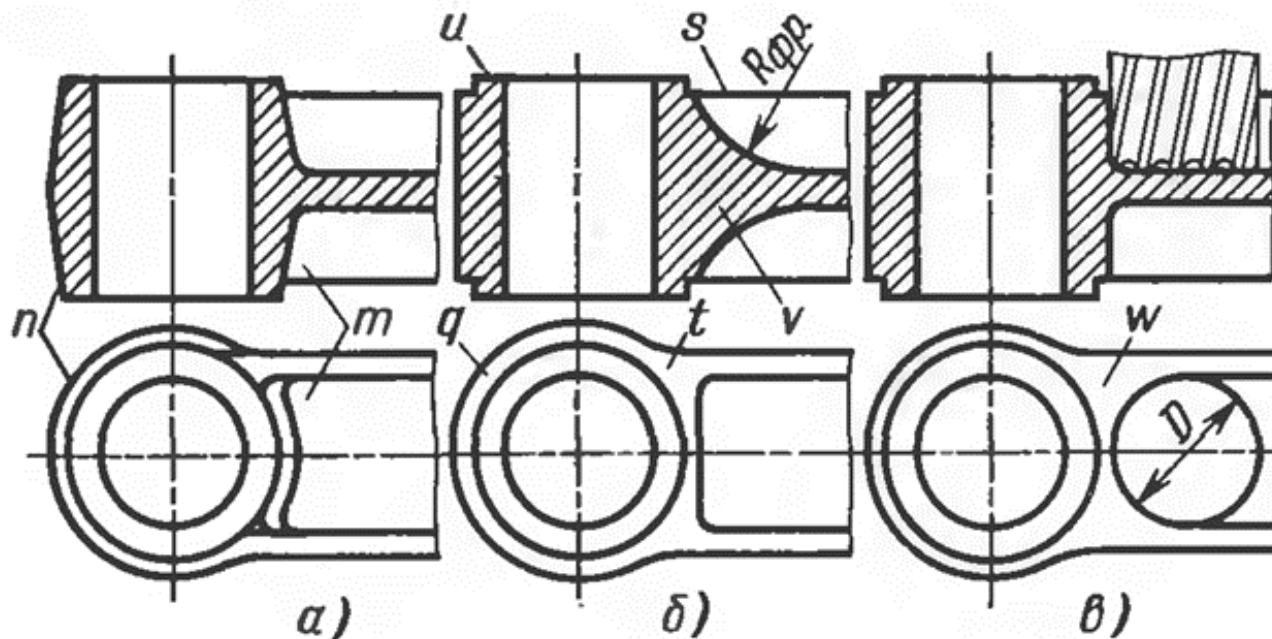


Конструкция водила с кольцами, выполненными заодно с корпусом водила (вид 1), нетехнологична.

Целесообразнее установить пальцы в отверстиях (виды 2, 3), точное изготовление и координирование которых не представляют затруднений.

Согласование формы деталей с условиями обработки

Форма обрабатываемых деталей должна быть согласована с типом обработки, формой и размерами режущего инструмента и с последовательностью операций



Согласование формы деталей с условиями обработки

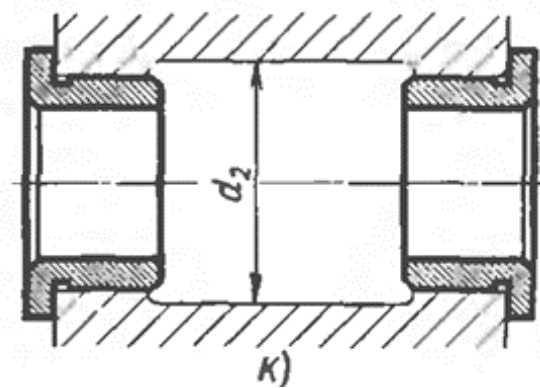
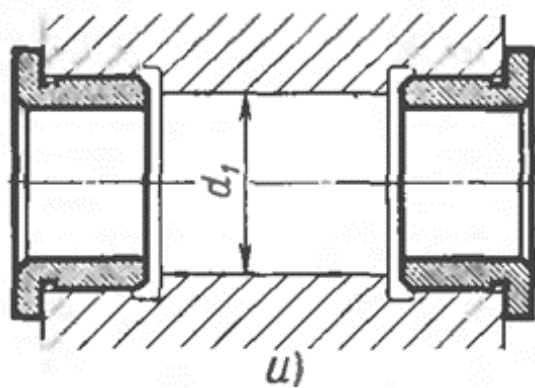
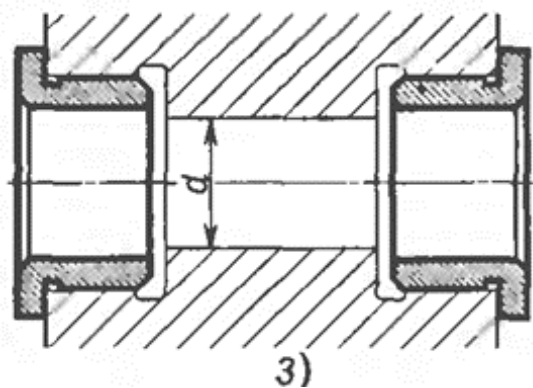
На рис. изображено сопряжение головки шатуна со стержнем двутаврового сечения.

Конструкция **а** может быть получена только штамповкой и не поддается круговой механической обработке. Выемку **т** между полками тавра при указанной на рисунке форме нельзя отфрезеровать.

Выемку можно отфрезеровать цилиндрической (вид **б**) или торцовой (вид **в**) фрезой. Тот и другой способы вполне определяют форму сопряжения, которая должна быть отражена на чертеже.

Обработка с одного установа

Поверхности, нуждающиеся в точной взаимной координации, целесообразно обрабатывать с одного установа.



Обработка с одного установка

В узле установки втулок в корпусной детали (вид 3) посадочные поверхности под втулки из-за малого диаметра промежуточного отверстия можно обработать только с разных сторон изделия; соосность отверстий обеспечить трудно.

В улучшенной конструкции (***u***) диаметр промежуточного отверстия d_1 увеличен до размера, допускающего совместное развертывание втулок после запрессовки.

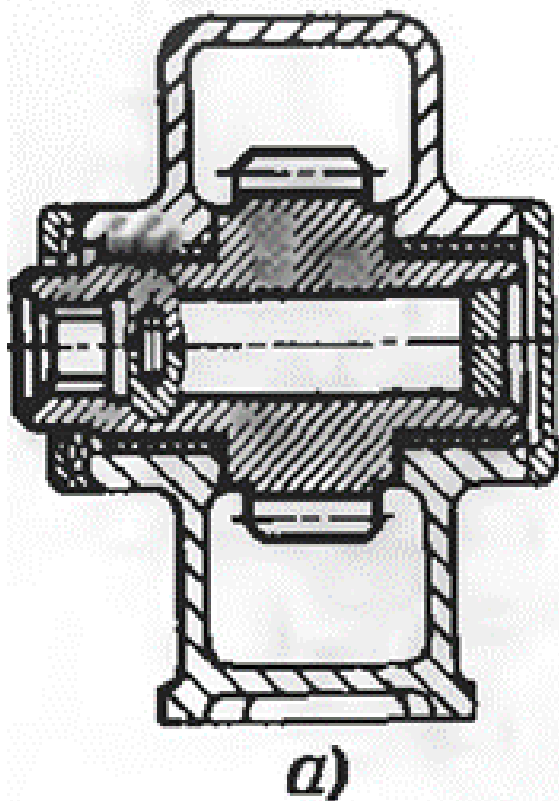
Наиболее целесообразна конструкция ***к***. Здесь диаметр отверстия d увеличен до размера, при котором возможна обработка напроход посадочных отверстий под втулки и совместное развертывание втулок.

Совместная обработка в сборе

Следует избегать совместной обработки в сборе, усложняющей и дробящей производственный поток и лишаящей конструкции свойства взаимозаменяемости.

Исключение представляют случаи, когда совместная обработка представляет единственный способ обеспечения работоспособности конструкции.

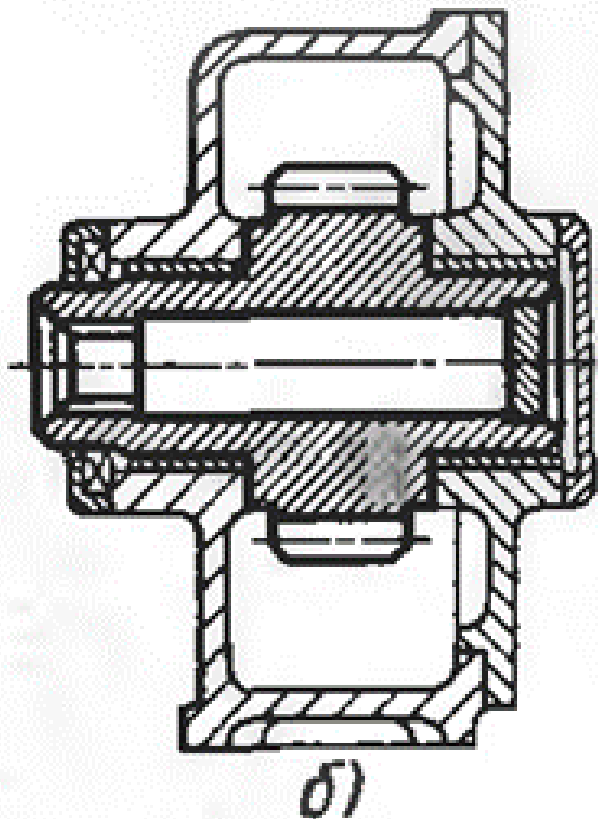
Совместная обработка в сборе



В конструкции корпуса зубчатой передачи с разъемом по оси вала (рис. а) требуется совместная обработка поверхностей и торцов под подшипники. Сменить одну из половин корпуса в эксплуатации невозможно, так как при этом нарушается цилиндричность поверхностей под подшипники и совпадение их торцов.

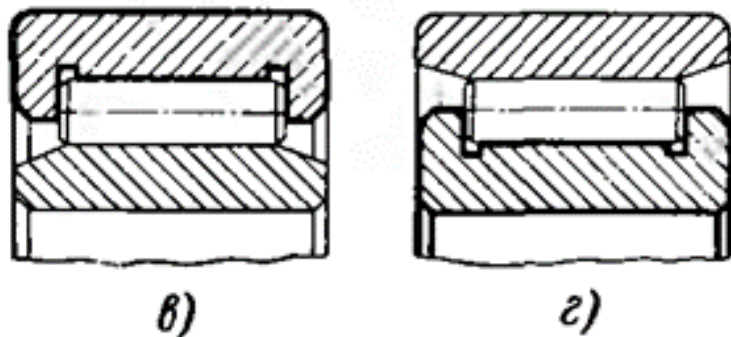
Совместная обработка в сборе

В конструкции **б** с разъемом в плоскости, перпендикулярной к оси вала, возможна раздельная обработка частей корпуса. Изготовление корпуса упрощается. Конструкция взаимозаменяемая.



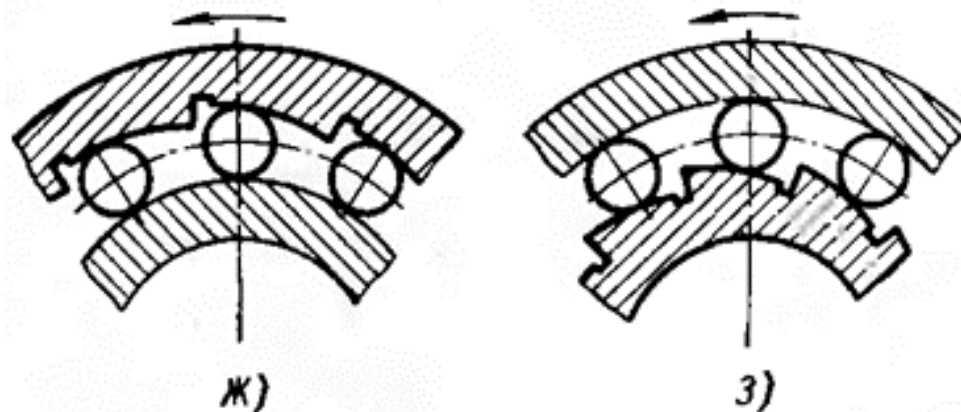
Перенос профильных элементов на охватываемые детали

Внутренние поверхности труднее обрабатывать, чем наружные, поэтому профильные элементы целесообразно выполнять на наружных поверхностях.



Игольчатый подшипник, в котором буртики, фиксирующие осевое положение иголок, выполнены на внутреннем кольце (вид **г**), технологичнее подшипника с буртиками на наружном кольце (вид **в**), так как отверстие в наружном кольце обрабатывается напроход.

Перенос профильных элементов на охватываемые детали



В роликовой обгонной муфте профильные элементы нецелесообразно располагать на наружном кольце (вид **ж**). В конструкции **з** наружные профильные элементы легко обработать, например, на затыловочном станке.