

**Министерство образования и науки Украины**  
**Донбасская государственная машиностроительная академия**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**“ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ**  
**ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН”**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ**  
**СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7.090202**  
**“ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”**

**Краматорск 2003**

**Министерство образования и науки Украины**  
**Донбасская государственная машиностроительная академия**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**“ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ**  
**ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН”**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ**  
**СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7.090202**  
**“ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”**

Переутверждено  
на заседании ученого совета  
факультета техники и менеджмента  
протокол №6-02/12 от 27.02.2012

Утверждено  
на заседании кафедры ТиУП  
протокол № 13 от 19.11.2003

**Краматорск 2003**

УДК 621.91.002

Конспект лекций по дисциплине “Технология производства типовых деталей и сборки машин” (для студентов факультета заочного обучения специальности 7.090202 «Технология машиностроения) / Сост. С.В. Ковалевский, А.Г. Косенко, С.Г. Онищук, Н. Г.Ямпонец, Ю.Б.Борисенко. Краматорск: ДГМА, 2000. – 68 с.

Содержит краткий конспект лекций по дисциплине: “Технология производства типовых деталей и сборки машин”, а также список рекомендуемой литературы.

Составители:

С. В. Ковалевский, проф., д.т.н.  
А. Г. Косенко, доц., к.т.н.  
С. Г. Онищук, доц., к. т. н.  
Н.Г. Ямпонец, ст.преп.,к.т.н.  
Ю.Б. Борисенко, асс.

Отв. за выпуск

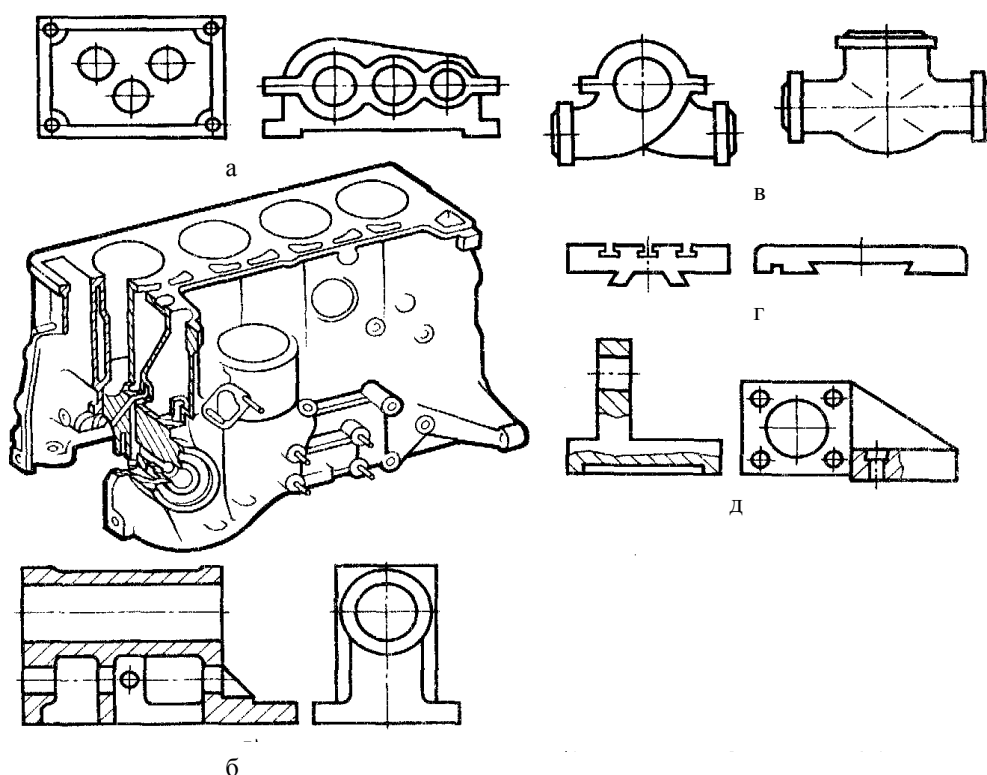
С. В. Ковалевский, проф.

## Содержание

1	Технология изготовления базовых и корпусных деталей...
2	Технология изготовления круглых стержней.....
3	Технология изготовления зубчатых колес.....
4	Технология изготовления червяков.....
5	Технология изготовления шатунов.....
6	Технология обработки фасонных поверхностей.....
7	Электрофизические и электрохимические методы обработки деталей машин.....
8	Основы технологии сборочного производства.....
9	Точность сборочных соединений.....
10	Разработка технологии сборки.....
11	Подготовка деталей к сборке.....
12	Сборка резьбовых соединений.....
13	Сборка неподвижных и неразъемных соединений.....
14	Сборка изделий с подшипниками качения и скольжения..
15	Сборка цилиндрических зубчатых передач.....
16	Сборка червячных передач.....
	Список рекомендуемой литературы .....

# 1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗОВЫХ И КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Базовые и корпусные детали являются важными элементами изделия, т.к. в них обычно располагаются различные механизмы: корпуса редукторов подъемно-транспортных машин, кузнечно-прессового оборудования, блоки цилиндров двигателей и компрессоров, корпуса насосов, коробки скоростей и подач металлорежущих станков и другие подобные детали, характеризующиеся наличием расположенных определенным образом плоскостей и отверстий и предназначенные для соединения и координации взаимного положения основных узлов машины, агрегата, станка (рисунок 1).



а – корпусные детали разъёмного типа; б – неразъёмные корпусные детали; в – сложнопрофильные корпусные детали; г – плиты; д – кронштейны

*Рисунок 1 – Виды корпусных и базовых деталей*

## ***Основные технические условия на корпусные и базовые детали:***

- отклонение от прямолинейности и параллельности основных поверхностей 0,05...0,1 мм на всю их длину; шероховатость поверхности  $R_a 3,2...$   
 $R_a 0,8$ ;
- основные отверстия обрабатываются по 6...8-му квалитетам точности с шероховатостью поверхности  $R_{a1,6}...R_{a0,4}$ ; погрешность формы отверстий 0,5...0,7 от допуска на отверстие;

- допуски на межосевые расстояния отверстий под валы и оси зависят от их назначения; если на валах или осях монтируются зубчатые цилиндрические передачи, то допуски принимаются от 0,02 до 0,1 мм;
- допуски на отклонения от параллельности осей — в пределах допуска на межосевое расстояние, на отклонения от перпендикулярности осей для конических и червячных передач — в пределах 0,02...0,06 мм;
- допуски на отклонения от соосности отверстий — в пределах половины допуска на диаметр меньшего из отверстий;
- отклонения от перпендикулярности опорных торцов к осям отверстий допускаются в пределах 0,01...0,05 мм на 100 мм длины радиуса.

Высокие требования к размерам корпусных деталей объясняются тем, что от точности их обработки часто зависит общая точность изделия.

Например, основное назначение станины металлорежущего станка — соединять и координировать взаимное положение основных узлов станка, поэтому она часто называется базовой деталью; от ее точности в значительной степени зависит качество обрабатываемых на станке деталей.

Для большинства станин характерным является наличие двух и более прямолинейных поверхностей. Наличие точно обработанных отверстий является нетипичным для станин. У них имеются главным образом крепежные отверстия.

Точность работы станка в значительной степени определяется точностью направляющих станины и их износоустойчивостью. Отклонение от прямолинейности направляющих станины допускается не более 0,01...0,05 мм на длине 1000 мм для станков нормальной точности. Для прецизионных станков отклонение от прямолинейности ужесточается в 5...10 раз. Отклонение от параллельности направляющих станины допускается в пределах 0,01...0,05 мм на 1000 мм для станков нормальной точности. Шероховатость направляющих поверхностей для обычных станков  $R_a$  0,8... $R_a$ 0,4, для прецизионных —  $R_a$  0,05... $R_a$ 0,025.

**Заготовками для станин** служат отливки из чугуна СЧ 21, ограниченное применение имеют сварные станины.

**Технологическая последовательность механической обработки станин** для всех видов производства принципиально одинакова:

- черновая обработка основания и направляющих плоскостей;
- чистовая обработка тех же плоскостей;
- обработка крепежных и других отверстий;
- отделочная обработка направляющих.

**Припуски на обработку станин** больших станков в индивидуальном производстве принимают от 12 до 25 мм на сторону — для станин же средних станков в крупносерийном производстве — 6...8 мм.

Обработка станин в единичном и мелкосерийном производстве начинается с разметки, которая заключается в нанесении рисок рейсмасом. При разметке проверяют геометрические размеры и правильность формы главных эле-

ментов отливки с выявлением образованных стержнями перекосов внутренних плоскостей отливки относительно внешних плоскостей, а также равномерно распределяют припуски на обработку. С помощью разметочных рисок устанавливают отливку станины на станках на первых операциях и проверяют правильность положения режущих инструментов на тех же операциях и при обработке крепежных и других отверстий.

**Технологический процесс обработки станин и выполнение отдельных операций** в решающей степени зависят от конструктивных особенностей, массы, габаритных размеров, точностных параметров, а также их годового выпуска.

Станины тяжелых и уникальных станков, изготавливаемых в единичном и мелкосерийном производстве, как правило, начинают обрабатывать с направляющих, что позволяет своевременно выявить литейный брак.

Обработку станин токарных, продольно-фрезерных, продольно-строгальных, расточных и других станков средних размеров (таблица 1) обычно начинают с основания — базисной поверхности.

*Таблица 1 – Технологический маршрут обработки станины токарно-винторезного станка*

Номер операции	Краткое содержание операции	Станок
005	Черновое фрезерование плоскостей основания	Продольно-фрезерный станок
010	Черновое фрезерование направляющих и др. поверхностей	Специальный продольно-фрезерный станок
015	Естественное (или искусственное) старение	
020	Чистовое фрезерование плоскостей основания	Продольно-фрезерный станок
025	Чистовое фрезерование направляющих и др. поверхностей	Специальный продольно-фрезерный станок
030	Строгание плоскостей под планку задней бабки	Продольно-строгальный станок
035	Сверление и нарезание крепежной резьбы и обработка других поверхностей	Радиально-сверлильный станок
040	Закалка поверхностей направляющих токами высокой частоты	Специальная установка ТВЧ
045	Шлифование поверхностей направляющих	Продольно-шлифовальный станок
050	Контроль	

В этой операции заготовку станины устанавливают по черным (необработанным) поверхностям направляющих, которые в данном случае являются технологическими установочными базами. Это позволяет в следующей операции снимать с направляющих слой металла небольшой толщины, обеспечивая сохранение наиболее плотного, однородного и износоустойчивого слоя металла на направляющих, подвергающихся наиболее интенсивному изнашиванию при эксплуатации станка. Установку заготовки станины в первой операции по разметке производят с помощью клиньев или домкратов в вертикальном направлении. В горизонтальном направлении обычно применяют винтовые упоры.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве обработка основания, направляющих и привалочных (под переднюю бабку и коробку подач) поверхностей начерно и начисто производится строганием на продольно-строгальных станках. Черновое строгание при больших припусках (15...20 мм) осуществляют 2—3 резцами, закрепленными в резцедержателе суппорта. Широко применяется при строгании одновременное использование нескольких суппортов. Наклонные поверхности направляющих, особенно начисто, целесообразно строгать специальными фасонными резцами.

**Фрезерование направляющих на продольно-фрезерном станке** можно осуществлять стандартными фрезами за одну установку, но за несколько переходов с многочисленной сменой фрез, на что затрачивается значительное вспомогательное время. На рисунке 2 показано такое фрезерование за семь переходов. Следовательно, при обработке каждой станины приходится семь раз представлять фрезы и шпиндели, что требует больше времени, чем строгание. Но можно производить обработку станины такими же фрезами за семь операций с переустановкой обрабатываемой станины

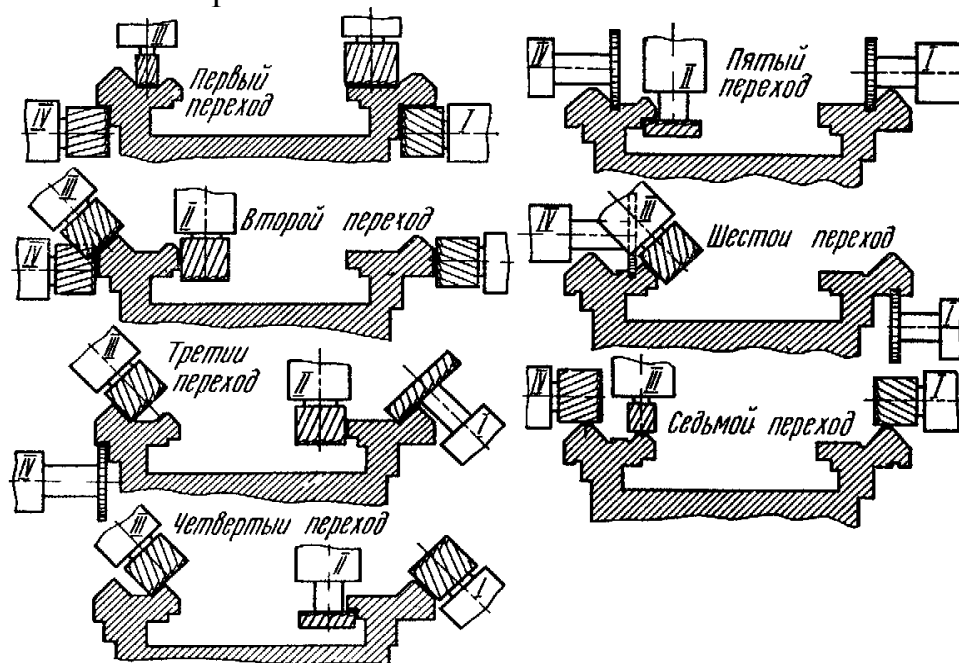


Рисунок 2 – Схема фрезерования направляющих станины станка со сменой фрез



Такой метод фрезерования целесообразен при больших партиях станин.

**Фрезерование направляющих можно производить специальным набором фрез** на двух- или четырехшпиндельном продольно-фрезерном станке. Обе горизонтальные фрезерные бабки вращают оправку, на которой находится набор фрез, в соответствии с профилем направляющих станины. Вспомогательное время затрачивается лишь на установку и закрепление заготовки станины в приспособлении.

Этот метод достаточно производителен, но имеет существенные недостатки. Заточка фрез, входящих в набор, гораздо сложнее, а следовательно, и дороже, чем одиночных фрез, так как кроме затачивания режущих кромок приходится строго соблюдать требуемые диаметры у всех фрез набора. Если у одной фрезы выкрошилась часть зуба, то при ее заточке приходится снимать значительный слой металла. Глубина резания при последнем проходе 0,03...0,07 мм, подача равна примерно половине длины режущей кромки резца, а скорость резания 15...20 м/мин для быстрорежущих резцов и 40...60 м/мин для твердосплавных, шероховатость поверхности примерно  $R_a1,6...R_a0,8$ .

**Шабрение направляющих станин** в настоящее время применяется исключительно в индивидуальном и мелкосерийном производстве. Этим методом получают высокую точность на прямолинейность и параллельность плоскостей (0,002 мм на длине 1000 мм). Шабрение плоскостей обычно производится вручную при помощи инструмента, называемого шабером.

Механическое шабрение производится посредством специальных станков, осуществляющих возвратно-поступательное движение шабера. При шабрении применяют специальные шабровочные линейки и шабровочные плиты. Процесс шабрения требует больших физических усилий и высокой квалификации рабочего, весьма трудоемок и удлиняет цикл производства, поэтому все больше вытесняется более производительным и совершенным шлифованием, обеспечивающим высокую точность и низкую шероховатость поверхности. Этот способ отделочной обработки направляющих станин наиболее распространен, особенно в серийном и крупносерийном производстве. Трудоемкость обработки направляющих шлифованием в 4...5 раз меньше, чем отделка их шабрением.

В мелкосерийном производстве эффективность применения шлифования зависит от размера детали и партии. При обработке малых поверхностей и особенно малой партии эффективность замены шабрения шлифованием снижается ввиду значительного времени на переналадку станка.

**Шлифование направляющих поверхностей станин** (рисунок 3) производится на специальных плоскошлифовальных станках с подвижным столом или с подвижной колонной. Шлифовальные поворотные бабки снабжаются чашечными шлифовальными кругами 1...5.

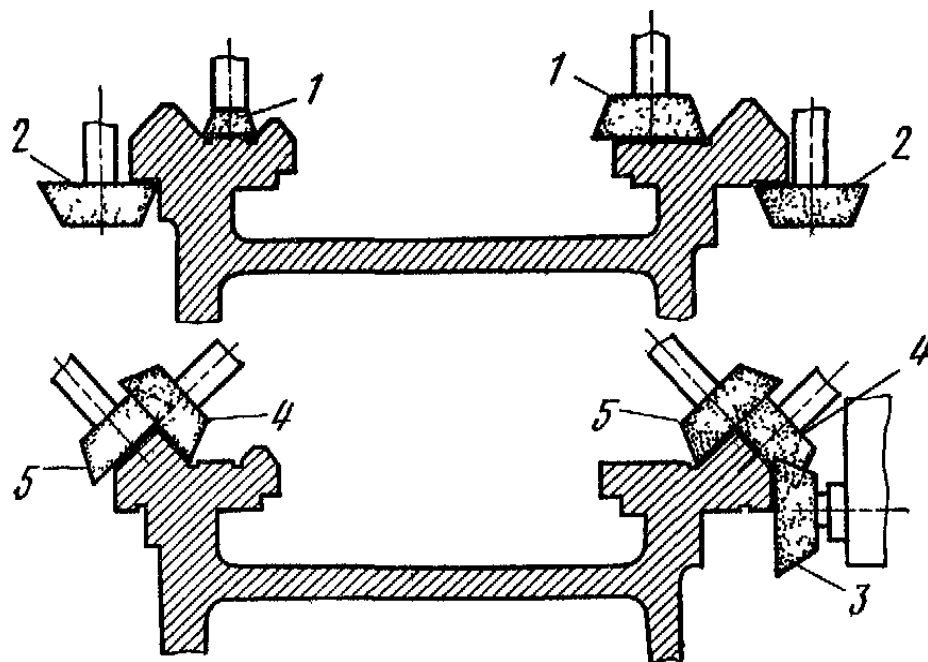


Рисунок 3 – Схема шлифования направляющих станины станка чашечными кругами

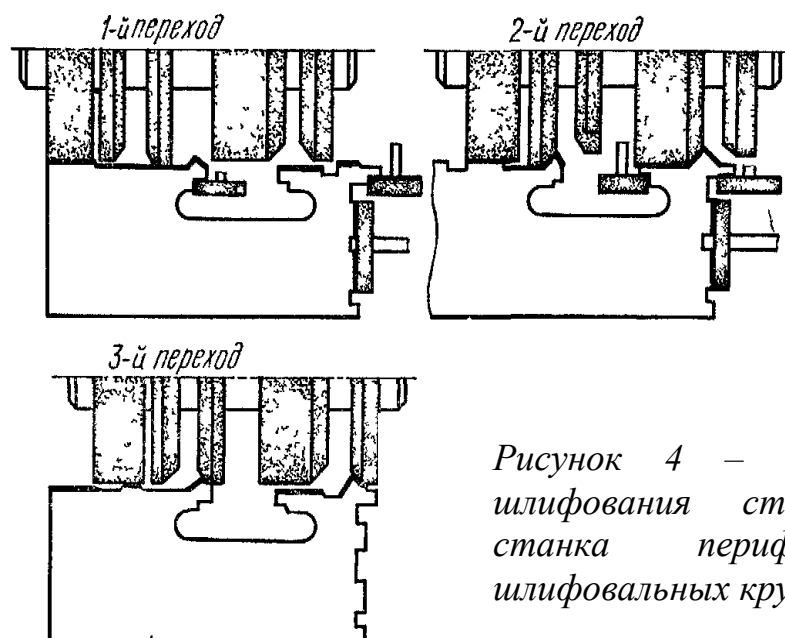
Существует два способа установки оси шлифовального круга относительно шлифованной плоскости. По первому способу ось круга устанавливается перпендикулярно обрабатываемой плоскости. Поверхность при этом получается чистая, но производительность снижается, так как работа всей поверхностью торца чашечного круга увеличивает нагрев и заставляет снижать режимы резания. При установке круга под углом  $3...5^\circ$  работает только одна сторона круга, производительность увеличивается, но шероховатость поверхности ухудшается. Практически шлифование происходит с установкой оси круга под углом  $3...7^\circ$ , а после получения требуемого размера несколько проходов делают кругом, установленным перпендикулярно шлифуемой поверхности для получения зеркальной поверхности.

Шлифование направляющих станин производят также периферией специально профилированных цилиндрических кругов (рисунок 4). Этот метод шлифования производительнее торцового на  $30...40\%$ . Шероховатость поверхностей после шлифования соответствует  $Ra0,8...Ra0,4$  с погрешностью по прямолинейности  $0,01...0,02$  мм на  $1000$  мм длины.

**Окончательной отделочной операцией является притирка направляющих** для станин повышенной точности. На направляющие, предварительно смазанные пастой ГОИ (Государственный оптический институт), накладываемая сопрягаемая деталь или специальная контрольная плита соответствующего профиля, которым придается возвратно-поступательное движение по направляющим станины. Длительность притирки может продолжаться несколько часов. Это зависит от качества обработки направляющих и размеров станины.

**Упрочнение направляющих станин** осуществляется с целью повышения их износостойчивости. Одним из новейших способов чистовой отделки направ-

ляющих с одновременным их упрочнением является обкатывание предварительно простроганной или прошлифованной поверхности путем прецизионного пластического деформирования.



*Рисунок 4 — Схема шлифования станины станка периферией шлифовальных кругов*

В серийном производстве возможна обработка заготовок базовых и корпусных деталей на обрабатывающих центрах с программным управлением и автоматической сменой инструментов. Заготовку можно обрабатывать с нескольких сторон, применяя поворотное приспособление (или стол). Эти станки дорогие, и применение их рентабельно там, где требуются для последовательной обработки с одной установки более шести — восьми инструментов и повторная обработка средних партий деталей в 50...150 шт. При обработке достигается значительная экономия вспомогательного времени, сокращается время на наладку инструментов, упрощается транспортирование заготовок, устраняются затраты на проектирование и изготовление приспособлений для некоторых операций. Кроме того, уменьшается потребность в производственной площади, так как один обрабатывающий центр заменяет несколько универсальных станков. Общая экономия времени по сравнению со временем обработки на универсальных станках достигает 40...200 %.

***Программирование процесса обработки содержит следующие этапы:***

- на основе рабочего чертежа детали и чертежа заготовки разрабатывают специальный чертеж для расчета программы, намечают технологический маршрут и инструменты;
- на чертеже намечают опорные точки начала и конца переходов (пути движения инструментов) и вычисляют координаты этих точек;
- для выбранных по каталогу инструментов вычисляют режимы резания, подбирают закодированную вспомогательную оснастку (фрезерные оправки, сверлильные патроны, переходные втулки) и средства закрепления заготовок на столе станка или в приспособлении;

- составляют технологическую карту, расстояния между опорными точками переводят в количество импульсов шагового двигателя, передающего движение рабочим органам станка;
- при разработке технологического процесса составляют технические условия на режущий инструмент и оснастку;
- составляют расчетную карту, внося в нее все необходимые для обработки данные в кодированном виде;
- кодированная информация наносится на программоноситель; если применяется управление от магнитной ленты, то информация с перфоленты интерполятором переносится на магнитную ленту.

Схема обработки небольшой корпусной детали на обрабатывающем центре показана на рисунке 5.

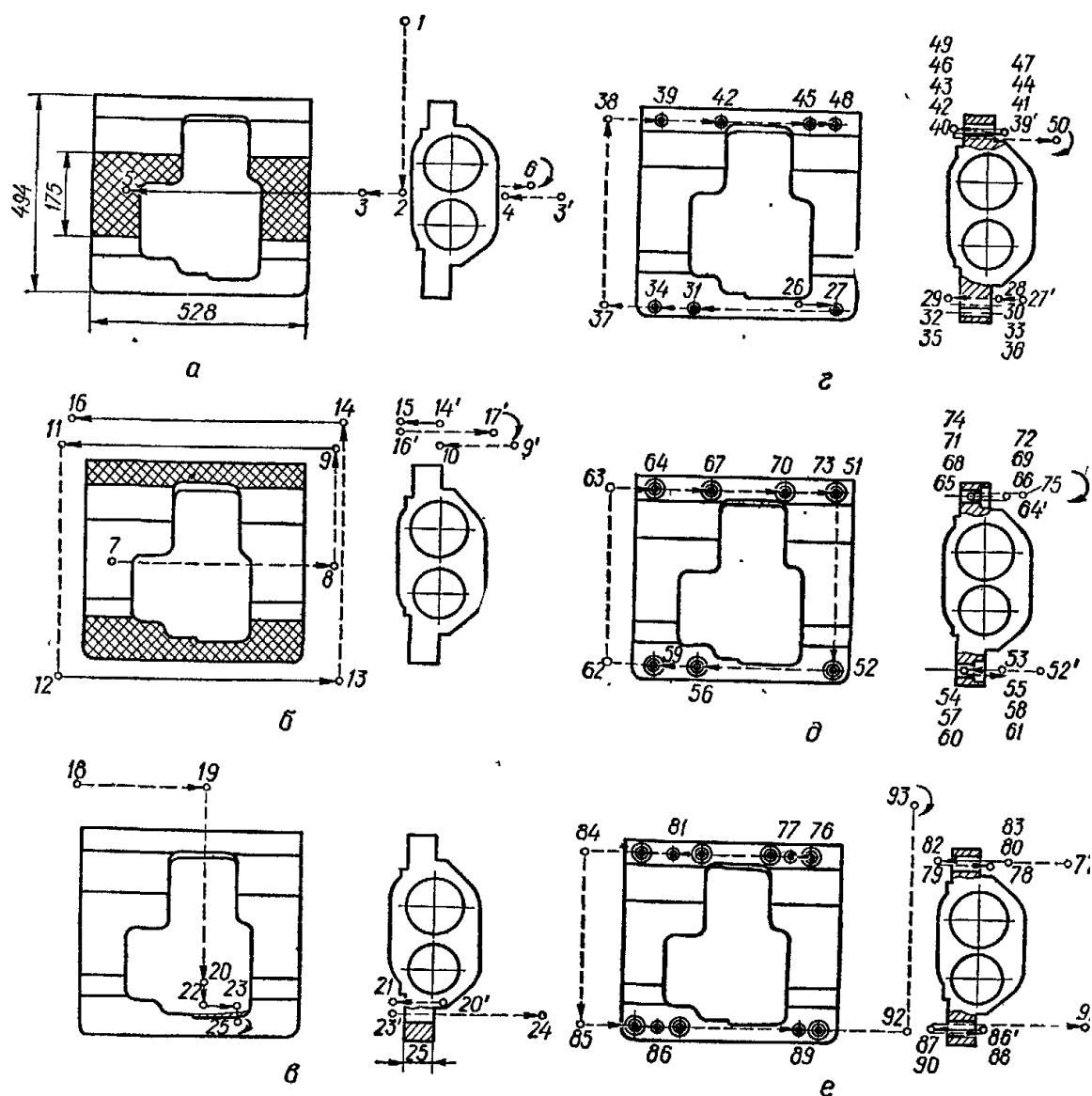


Рисунок 5 – Схема обработки детали на обрабатывающем центре с программным управлением

Заготовка — отливка из серого чугуна. Плоские обрабатываемые поверхности заштрихованы в клетку. Фрезерование поверхностей (точки 4—5) торцевой фрезой диаметром 200 мм показано на рисунке 5, *а* (скорость резания  $V = 88$  м/мин, подача  $S = 280$  мм/мин), фрезерование поверхностей (точки 10—11, 42—13, 15—16) концевой фрезой диаметром 75 мм — на рисунке 5, *б* (скорость  $V = 53$  м/мин, подача  $S = 250$  мм/мин), фрезерование выемки (точки 21—22—23) концевой фрезой диаметром 20 мм (скорость  $V = 17$  м/мин, подача  $S = 250$  мм/мин) — на рисунке 5, *в*, сверление семи отверстий диаметром 10,5 мм (скорость  $V = 9$  м/мин, подача  $S = 0,44$  мм/об) — на рисунке 5, *г*, зенкование семи отверстий диаметром 17 мм (скорость  $V = 12$  м/мин, подача  $S = 0,22$  мм/об) — на рисунке 5, *д*, сверление четырех отверстий диаметром 10 мм (скорость  $V = 17,5$  м/мин, подача  $S = 0,22$  мм/об) показано на рисунке 5, *е*.

Различные базирующие поверхности корпусных деталей с точки зрения их функционального назначения можно отнести к категории основных или вспомогательных баз. **Основными базами**, с помощью которых корпусные детали присоединяются к станинам, рамам или другим корпусам, в большинстве случаев являются плоские поверхности или сочетание плоской поверхности и одного или двух базовых отверстий. При этом чаще реализуются схемы базирования по трем плоскостям или по плоскости и двум отверстиям.

У деталей типа столов, кареток, суппортов **комплект основных баз** образуется сочетанием определенных поверхностей направляющих.

**Вспомогательными базами** корпусных деталей являются главные отверстия, по которым базируются шпиндели, валы, а также плоские поверхности и их сочетания.

Кроме основных поверхностей, корпуса имеют также и вспомогательные, к которым относятся поверхности под крышки, фланцы, опоры для валов и др.

Корпусные детали всегда имеют отверстия, которые можно разделить на точные (основные), поверхности которых служат опорами для валов, шпинделей и др., и вспомогательные — крепежные и смазочные.

Обработку наружных плоскостей корпусов производят строганием, фрезерованием, точением, шлифованием и протягиванием. В единичном и мелкосерийном производствах широко используют строгание из-за простоты и дешевизны инструмента и наладки. Производительность строгания низкая. Повысить ее можно путем одновременной обработки группы деталей, располагая их в один или два ряда на столе станка (рисунок 6).

Фрезерование плоскостей корпусных деталей применяется преимущественно в средне- и крупносерийном производствах. Устанавливая их по возможности группами и одновременно обрабатывая несколькими фрезами, можно значительно сократить время на их обработку.

Групповая обработка корпусов производится при установке их в один или два ряда, и фрезеровании у всех одних и тех же поверхностей (рисунок 6 а, б). Но можно обрабатывать корпуса группами, обрабатывая у них разные поверхности.

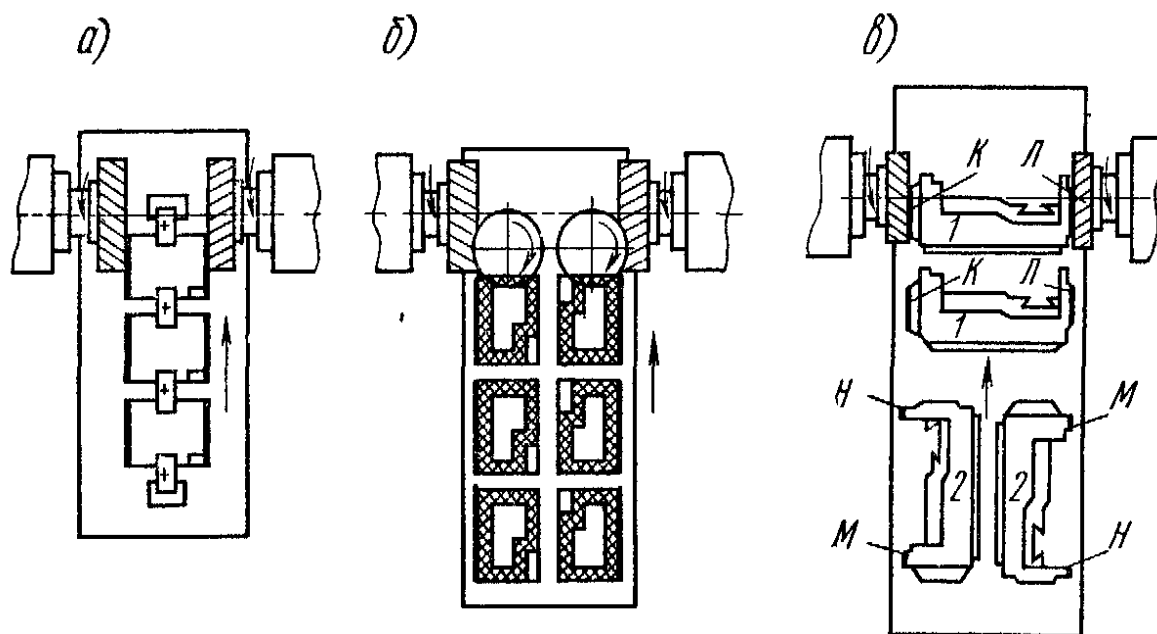


Рисунок 6 – Групповая обработка корпусных деталей на продольно-фрезерном станке

На рисунке 6, в показано фрезерование в позициях 1 поверхностей *K*, и *Л*, а в позициях 2 — поверхностей *М* и *Н*. После рабочего хода стола заготовки корпуса, обработанные в позициях 1, перекадываются на позиции 2, а на их место устанавливаются заготовки для фрезерования поверхностей *K*, и *Л*. В группы можно подбирать и разные детали.

В крупносерийном и массовом производстве получило применение непрерывное фрезерование плоскостей торцовыми фрезами на карусельно- и барабанно-фрезерных станках. В массовом производстве плоскости корпусов часто обрабатывают на протяжных станках.

Корпуса, имеющие наружные и внутренние поверхности вращения, обрабатывают на карусельно-токарных станках.

**Механическая обработка корпусных заготовок** сводится главным образом к обработке плоскостей и отверстий, поэтому технологические требования, обуславливающие наименьшую трудоемкость обработки, определяют следующими основными условиями:

- форма корпусной детали должна быть возможно ближе к правильной геометрической форме, например в поперечном сечении предпочтительнее форма четырехугольника; форма корпусной детали должна также предусматривать возможность ее полной обработки от одной базы: от плоскости и двух установочных отверстий на этой плоскости или от базовых отверстий в корпусе;
- обработка плоскости и торцов отверстий по возможности должна выполняться на проход, для чего плоскости и торцы не должны иметь выступов;

торцам отверстий необходимо придавать удобную форму для обработки их торцевой фрезой или цековкой;

- корпусная деталь не должна иметь поверхностей, не перпендикулярных осям отверстий;
- точно растачиваемые отверстия не должны иметь внутренних выступов, препятствующих растачиванию на проход; диаметры обрабатываемых отверстий внутри корпусной детали не должны превышать диаметров соосных им отверстий в наружных стенках детали;
- в корпусных деталях следует избегать многообразия размеров отверстий и резьб.

На диаметральные размеры основных отверстий задают допуски в пределах 5...8-го квалитетов точности. Допуски на межосевые расстояния основных отверстий и перпендикулярность осей отверстий задают в соответствии с назначением корпусных деталей, например для корпусов зубчатых и червячных передач в пределах 0,04...0,06 мм и выше. Отклонения от соосности отверстий принимают в пределах половины допуска на диаметральный размер соосных отверстий.

Основные отверстия корпусных деталей обрабатывают с шероховатостью поверхности  $R_a$  1,6... $R_a$  4 мкм.

***Корпусные и базовые деталей проверяют по следующим параметрам:***

- прямолинейность и правильность расположения основных (базовых) плоскостей;
- размеры и формы основных отверстий;
- отклонение от соосности осей отверстий;
- межосевые расстояния, параллельность и перекос осей;
- правильность расположения осей отверстия относительно основных поверхностей;
- отклонение от перпендикулярности осей основных отверстий;
- отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости относительно оси отверстия;
- шероховатость обработки поверхностей основных отверстий, основных и других плоскостей.

Прямолинейность плоскостей корпусов проверяют уровнем или индикатором.

Диаметры отверстий проверяют штангенциркулями, микрометрами, предельными калибрами. При повышенных требованиях к точности диаметральных размеров, особенно при необходимости определить отступления поверхностей отверстий от цилиндрической формы, пользуются штихмасами с индикаторами (рисунок 7 а), обеспечивающими точность измерения до 0,01 мм.

Отклонение от соосности отверстий контролируется при помощи гладких или ступенчатых оправок, вставляемых в соосно расположенные отверстия. При проверке отверстий больших диаметров контрольные оправки помещают-

ся во втулки (рисунок 7 б). На рисунке 7 в проверка соосности осуществляется с помощью индикатора.

Межосевые расстояния и отклонения от параллельности осей проверяют микрометром, индикатором или штангенциркулем (рисунок 7 г).

Правильность расположения оси отверстия относительно основной поверхности, а также ее параллельность можно проверять штангенрейсмусом с точностью до 0,02 мм и индикатором (рисунок 7 д) с точностью до 0,01 мм.

Отклонение от перпендикулярности осей отверстий проверяют при помощи оправки с индикатором и калибром (рисунок 7 е, ж). Проверка отклонения от перпендикулярности торцевой плоскости относительно оси отверстия осуществляется с помощью индикатора (рисунок 7 з) или специального калибра (рисунок 7 и).

## 2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУГЛЫХ СТЕРЖНЕЙ

К деталям данного класса относятся валы и оси (гладкие, ступенчатые и пустотелые), валы с фасонными частями (кулачками, шлицами, зубчатыми венцами фланцами), штоки, круглые тяги, обработанные трубы и т.п. (рисунок 8).

**Основные патологические задачи**, которые решаются при обработке деталей этого класса, следующие:

- получить наружные поверхности вращения с требуемыми шероховатостью и точностью;
- получить глубокие центральные отверстия, концентричные наружной поверхности в пустотелых валах;
- выполнить шпоночные канавки и шлицы, параллельные оси детали;
- получить резьбы, соосные с наружными поверхностями или внутренними точными цилиндрическими отверстиями.

**Материалы для валов.** В среднем и тяжелом машиностроении для валов применяют стали следующих марок 25, 30, 35, 40, 45, 45Г2, 40Х, 35ХС, 40ХС, 35СГ, 30ХНЗ, 35ХНЗМ, 45ХН2МФ и др. Для крупных валов и шпинделей применяют литые валы из высокопрочного чугуна марки ВЧ45-5.

Маршрут обработки ступенчатых валов приведен в таблице 2.

Наружную обработку деталей данного класса можно выполнять на токарных, токарно-револьверных, многорезцовых, гидрокопировальных станках (рисунок 9). Технологическая схема изготовления круглого стержня приведена в таблице 3.



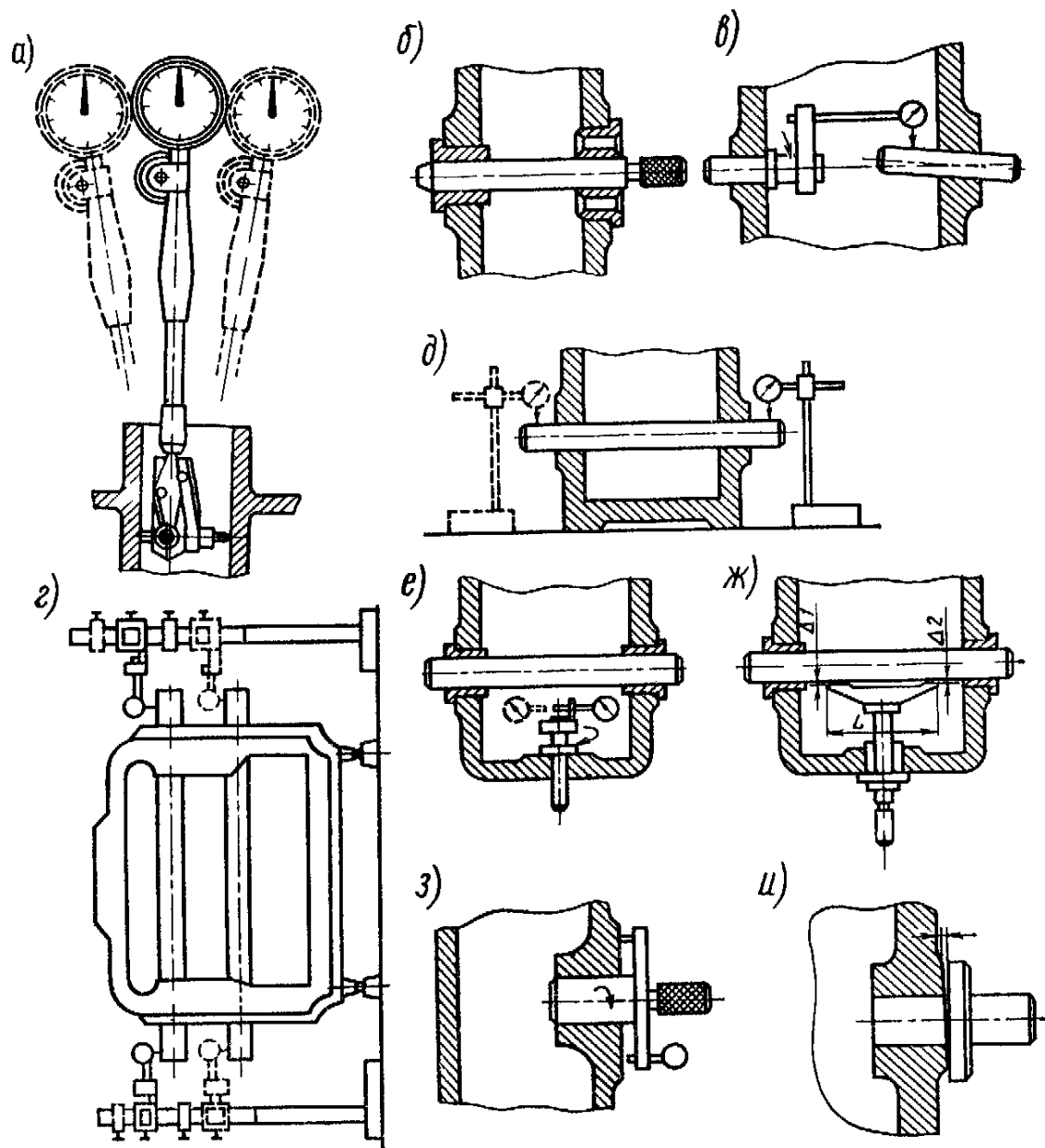


Рисунок 7 – Контроль корпусных и базовых деталей

Маршрут обработки ступенчатых валов приведен в таблице 2.

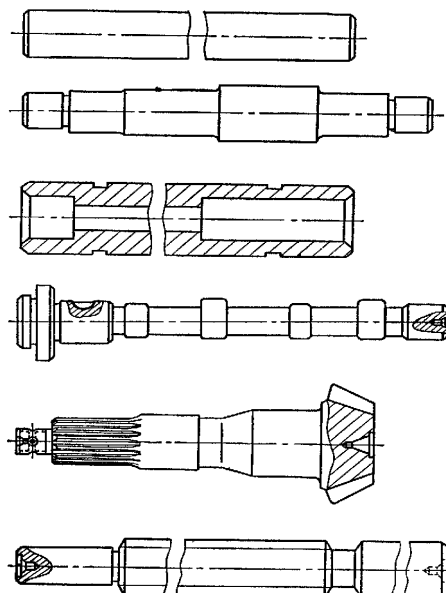


Рисунок 8 – Типы круглых стержней

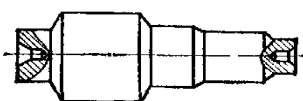
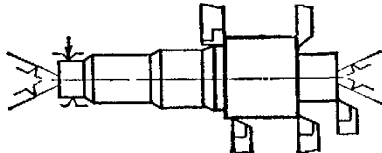
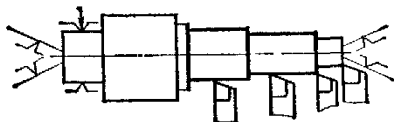
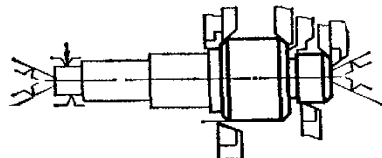
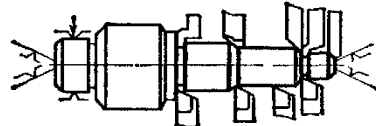
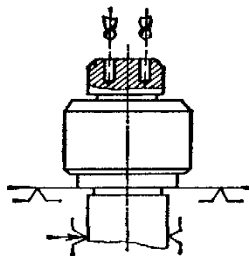
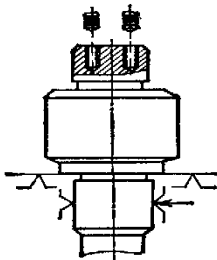
Таблица 2 Маршрутный ТП обработки ступенчатых валов

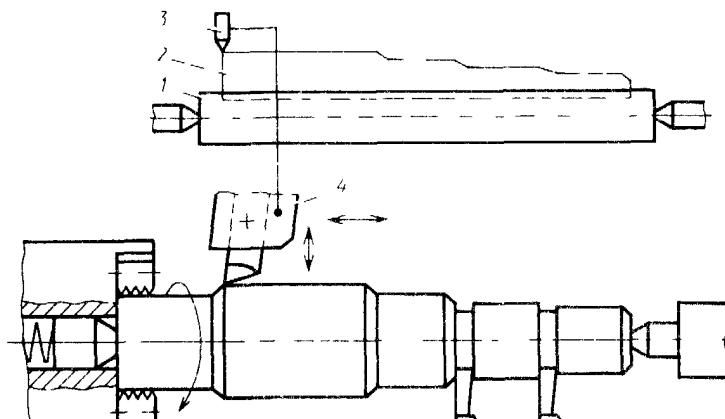
Номер операции	Операция для		Примечания
	проката	поковки	
005	Правка прутка	Проверка поковки	Для валов длиной до 1,5 м применяется фрезерно-центровальный станок
010	Разрезание прутка по длине заготовки на дисковой пиле		
015	Фрезерование торцов		
020	Центрование торцов		
025	Обточка одной стороны вала на токарном станке для захвата патроном		
030	Черновая обработка на многорезцовом станке одной стороны вала		
035	То же, с другой стороны вала		
040	Чистовая обработка на многорезцовом станке одной стороны вала		
045	То же, с другой стороны вала		
050	Фрезерование шпоночных канавок		
055	Сверление отверстий, нарезание резьбы		
060	Шлифование шеек		

В этом случае производится обточка по копиру одним резцом, но времени на гидрокопировальную обработку затрачивается столько же, сколько и на многолезцовую обточку. Это объясняется тем, что при такой обработке можно применять более высокие скорости резания (около 120 м/мин) и получать меньшие потери времени на смену и регулирование инструментов, устранить проверку диаметров и длин ступеней.

Для обработки небольших валиков (длиной до 500 мм) можно применять гидросуппорт), устанавливаемый на универсально-токарный станок.

*Таблица 3 - Технологическая схема изготовления круглого стержня*

№ операции	Содержание операции	Эскиз	Оборудование
1	Фрезерование и центрование торцов заготовки		Фрезерно-центровочный станок
2	Предварительная токарная обработка левого конца		Токарный много-резцовый станок
3	Предварительная токарная обработка правого конца		То же
4	Чистовая токарная обработка левого конца		»
5	Чистовая токарная обработка правого конца		»
7	Сверление двух отверстий на торце		Вертикально-сверлильный двухшпиндельной головкой
8	Нарезание резьб в двух отверстиях		То же



*Рисунок 9 – Обработка заготовки ступенчатого вала на токарном гидрокопировальном полуавтомате*

В крупносерийном и массовом производстве для фрезерования торцов и центрования применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа (МР77, МР/8), двусторонние торцефрезерные автоматы и двусторонние центровальные автоматы, которые можно встраивать в автоматические линии.

Если токарная операция выполняется на станках с ЧПУ, то технологические базы целесообразно обрабатывать на центровально-подрезных станках.

**Обтачивание на гидрокопировальных станках целесообразно** для нежестких валов и для чистового обтачивания валов с длинными шейками. При обтачивании валов с числом ступеней более четырех эти станки работают эффективно при размере партии в 10—15 шт. Их производительность по сравнению с обычными токарными станками выше в 2 раза и более.

В серийном производстве для обтачивания валов целесообразно использовать токарные станки, оснащенные универсальными гидрокопировальными суппортами. По сравнению с обычными токарными станками вспомогательное время сокращается в 2,5 — 3 раза. Малое подготовительно-заключительное время позволяет использовать гидрокопировальные суппорты при партии в 3—10 заготовок. Точность обработки с помощью копировальных устройств обеспечивается по 8—9-му качествам. При использовании указанных станков в мелкосерийном производстве рационально применять групповую обработку, т. е. обработку с минимальной переналадкой валов нескольких наименований, отличающихся размерами в пределах группы.

**В мелко- и среднесерийном производстве для обработки ступенчатых валов эффективно применение станков с ЧПУ.** Токарные станки с ЧПУ выгодно использовать при обработке сложных многоступенчатых заготовок, особенно с криволинейными поверхностями (рисунок 10). Предварительная обработка (заготовка—прокат) выполняется за пять последовательных рабочих ходов (5), а чистовая (6) за один рабочий ход суппорта по окончательному контуру детали. Станки с ЧПУ работают по автоматическому циклу, что облегчает многостаночное обслуживание, позволяет выполнять простую и быструю

их переналадку для обтачивания ступенчатых валов различных размеров по заранее разработанной управляющей программе (УП).

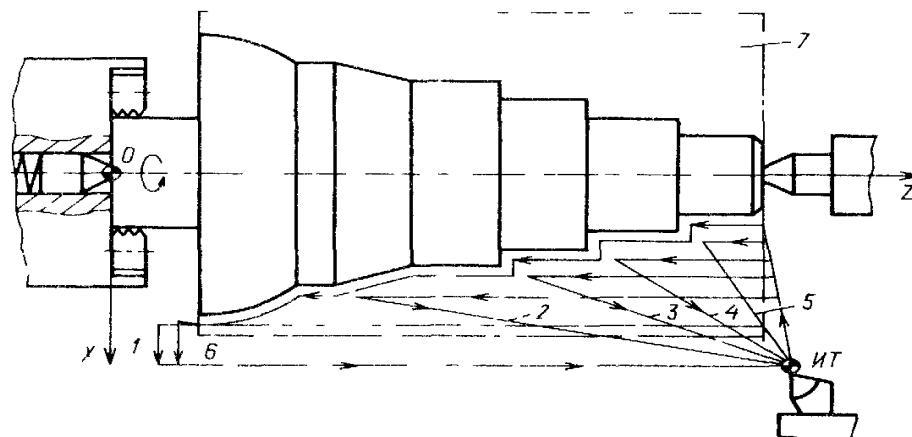


Рисунок 10 – Обтачивание заготовки вала на токарном станке с ЧПУ:

1—6 —траектории движения резца при предварительный и чистовом рабочих ходах 7 — заготовка; И Т — исходная точка

Время обработки на токарных станках с ЧПУ сокращается по сравнению с обычными в 1,5—2 раза за счет уменьшения вспомогательного времени.

**Обработка шлицов и шпоночных пазов на валах** производится фрезерованием, строганием, протягиванием и холодным накатыванием. Технологический процесс обработки шлицов зависит от метода центрирования шлицевого соединения и термической обработки. В серийном производстве шлицы нарезают на шлице- или зубофрезерных станках червячной фрезой методом обката за один или два рабочих хода в зависимости от требуемой точности. Для увеличения производительности используют многозаходные червячные фрезы. Технологическими базами обычно являются поверхности центровых отверстий.

**Для шлифования** применяют круглошлифовальные станки, предназначенные для продольного (рисунок 11а) и врезного (рисунок 11б) шлифования; возможно применение станков с ЧПУ. Производительность обработки увеличивается по сравнению со станками с ручным управлением в 1,5 - 2 раза. Производительность шлифования повышается также при использовании станков, работающих по принципу силового шлифования со скоростями 50 - 80 м/с.

На этих станках более точно выдерживается линейный размер от базового торца за счет установки заготовки в передний плавающий центр.

Когда нужно обеспечить точность размеров 5—6-го квалитетов и параметр шероховатости поверхности  $Ra$  0,1 мкм и меньше, после чистового шлифования шейки вала притирают.

При шлифовании шеек предусматривают канавки для выхода шлифовального круга. Если шейки вала имеют одинаковый диаметр, но разные посадки, то для облегчения шлифования шейки разграничивают канавками. Если по условию прочности на валу нет канавки, то на размер, определяющий протяженность данной посадки, дают допуск 3—5 мм.

Бесцентровое шлифование (рисунок 11в) используют для обработки небольших

валов, при этом обеспечивается точность по 6—8-му квалитетам.

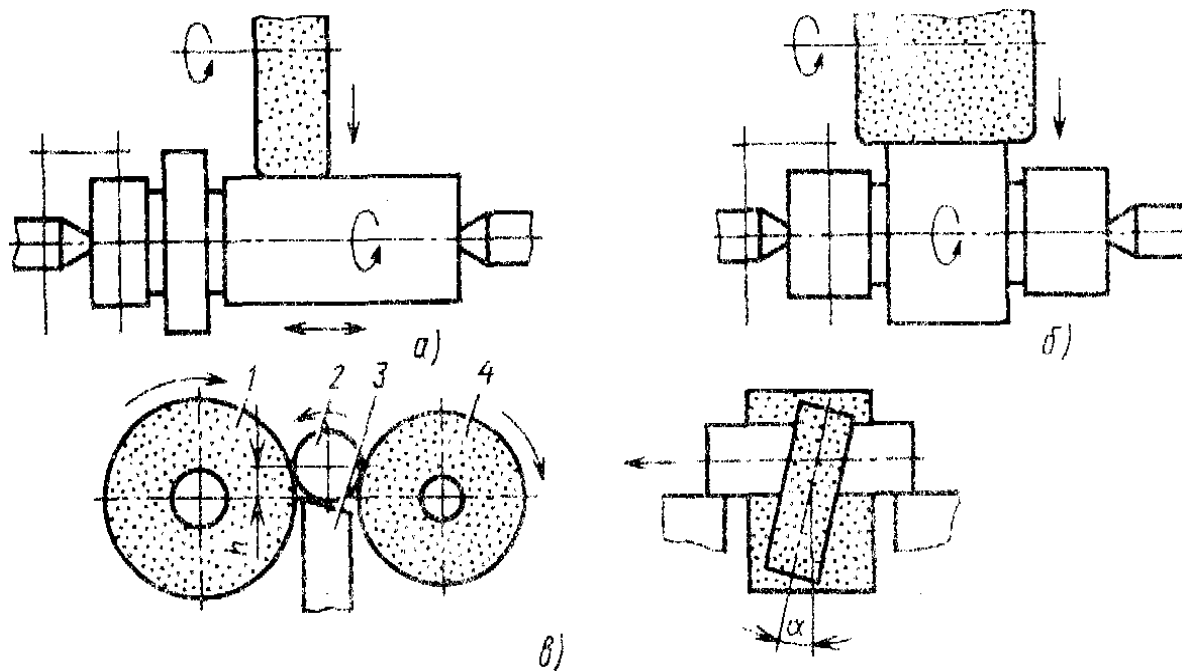


Рисунок 11 – Шлифование валов:

*а – на круглошлифовальном станке с продольной подачей, б – на круглошлифовальном станке врезное, в – на бесцентровошлифовальном станке.*

Шлифование выполняют с продольной и поперечной подачей (врезанием). Заготовка 2 располагается выше осевой линии кругов на размер  $H$ . Подача 5 заготовки вдоль оси обеспечивается посредством силы трения между ней и ведущим кругом 4 за счет его поворота на угол  $45^\circ$  относительно шлифовального круга. Гладкие валы шлифуют с продольной подачей, ступенчатые – с продольной подачей до упора.

### 3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В современном машиностроении широко применяются различные по форме и по размерам зубчатые колеса. Высокие скорости и большие нагрузки, передаваемые зубчатым передачам, предъявляют особенно высокие требования к точности изготовления зубчатых колес.

По технологическим признакам применяются следующие зубчатые зацепления:

- одновенцовые цилиндрические и конические зубчатые колеса с прямыми и спиральными зубьями, а также червячные со ступицей и фланцевого типа;
- многовенцовые цилиндрические зубчатые колеса (типа блок-шестерен);
- реечные передачи для преобразования вращательного движения в поступательные, и наоборот.

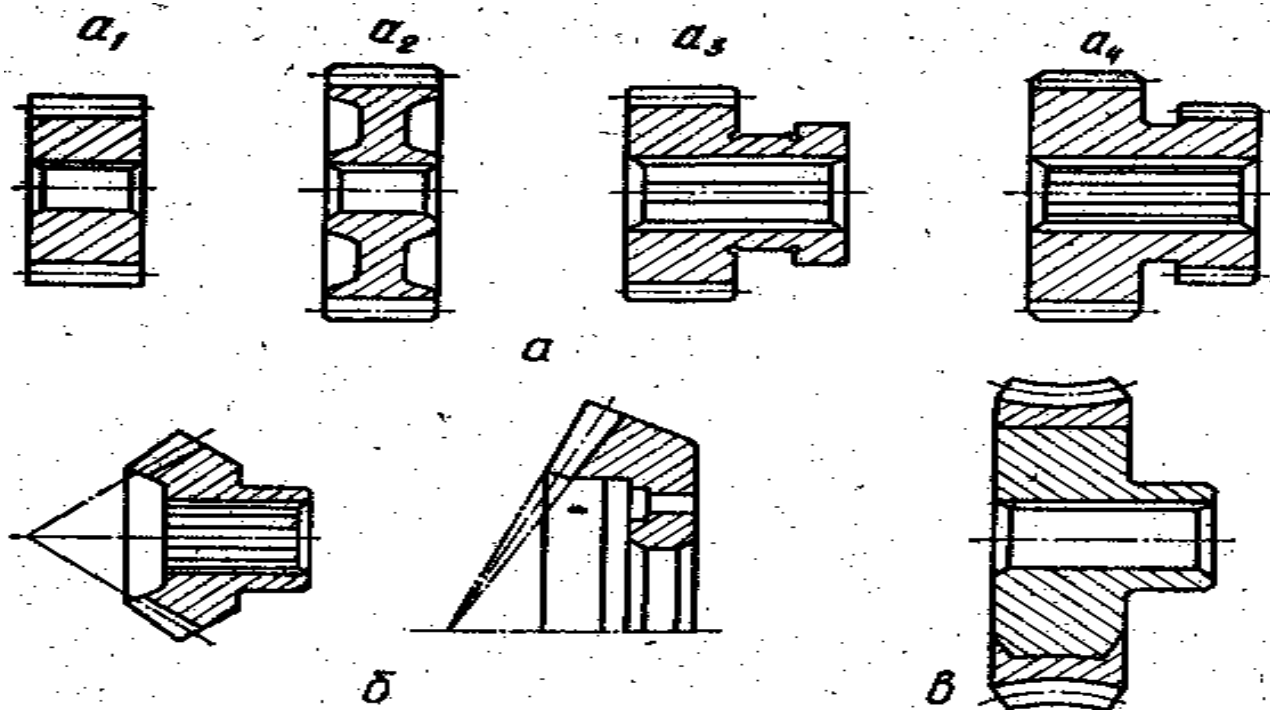


Рисунок 12 – Зубчатые колеса:

*а - цилиндрические с прямыми зубьями; б - конические; в - червячное*

Зубчатые колеса применяют во многих машинах. Изготавливают их ежегодно, миллионами штук. В некоторых металлорежущих станках применяется по 50—60 колес на один станок, в автомобилях и тракторах по 18-20 штук на машину.

Конструктивные разновидности зубчатых колес показаны на рисунке 12. Согласно ГОСТ 1758-94 зубчатые колеса различают по степени точности. В машиностроении применяют главным образом колеса 6-й, 7-й и 8-й степеней точности. Точность зубчатого колеса назначают в зависимости от окружной скорости, при которой должно работать колесо.

**Технологические задачи** – получение точного центрального отверстия, достижение концентричности, отверстия и делительной окружности, концентричности отверстия и окружности выступов (впадин) зубьев, достижение перпендикулярности торцов к оси детали, получение шпоночного паза (если требуется по чертежу), параллельного оси отверстия, получение достаточно точных поверхностей зубьев.

**Заготовки.** Колеса диаметром до 60 мм изготавливают из прутка на револьверных станках или на многошпиндельных автоматах. Заготовки для колес больших размеров получают главным образом в единичном и мелкосерийном производстве в виде поковок под молотом, в серийном – в виде штамповок в подкладных штампах, в крупносерийном и массовом – в закрытых штампах. Центральные отверстия диаметром свыше 25 мм прошивают при штамповке.

При массовом изготовлении зубчатых колес диаметром от 80 до 300 мм наиболее целесообразно изготавливать заготовки штамповкой в закрытых штампах.

**Припуски на обработку зубчатых колес** назначают в зависимости от рода заготовок. При заготовках из проката припуск по обрабатываемым поверхностям получается 1,5—2 мм на сторону. При ковальной заготовке под молотом для колес диаметром 200—250 мм, припуски получаются в пределах  $5 \pm 3,0$  мм для штампованных заготовок в подкладных штампах 3—4 мм, в закрытых штампах 2—3 мм на сторону.

**Технологические базы** на первых, операциях — наружные необработанные поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций. Детали с нарезанными зубьями после термообработки в пламенной печи снова обрабатывают (шлифуют отверстие), причем деталь базируют по впадинам между зубьями.

**Технические условия на обработку зубьев** регламентированы стандартами ГОСТ 1643-94, ГОСТ 1758-94, ГОСТ 36750-94, ГОСТ 9178-94 соответственно для цилиндрических, конических и червячных колес. Установлено 12 степеней точности зубчатых передач с обозначением ступеней в порядке убывания точности. Для каждой степени точности установлены нормы кинематической точности класса, плавности работы колеса и контакта зубьев.

**Кинематическую точность зубчатого колеса** можно оценить наибольшей погрешностью угла поворота зубчатых колес за оборот при зацеплении с точным колесом; эта погрешность возникает при нарезании зубчатых колес за счет погрешностей станочных систем.

Кинематическую погрешность можно также оценить накопленной погрешностью окружного шага или погрешностью, связанной с колебанием длины общей нормали, т. е. разностью между наибольшей и наименьшей длинами общей нормали в одном и том же колесе.

**Плавность работы зубчатого колеса** оценивается циклической погрешностью, представляющей собой среднюю величину размаха колебаний кинематической погрешности зубчатого колеса многократно повторяющейся за его оборот.

**Норму плавности зубчатого колеса** можно также оценить предельным отклонением основного шага. Плавность работы зубчатого зацепления имеет существенное значение для обеспечения бесшумности и долговечности передач.

Погрешности профиля характеризует расстояние по нормали между двумя теоретическими профилями зуба колеса, ограничивающими действительный профиль в пределах его рабочего участка.

**Контакт зубьев характеризуется** пятном контакта по длине и высоте зуба и выражается в процентах.

Рекомендуется изготавливать центральное отверстие по 6 - 7-му качествам точности и шероховатостью обработанной поверхности  $Ra\ 0,80—0,40$  мкм

**Материал для зубчатых колес** берут в зависимости от условий работы, например, для силовых зубчатых передач применяют главным образом хромистые (15Х, 15ХА, 20ХА, 40Х, 45Х), хромоникелевые и хромомолибденовые (12НЗА, 20ХНЗА, 12ХНЗ, 40ХН, 35ХМА, 30ХНЗМ, 18ХГГ) и другие цементи-



руемые стали. Литые стальные колеса изготавливают из углеродистой стали марки 40Л, 50Л или легированных сталей марки 40ГЛ, ХГСЛ. Зубчатые колеса для тихоходных малонагруженных передач изготавливают преимущественно из серых или модифицированных чугунов

Для обеспечения бесшумной работы при малых нагрузках зубчатые колеса изготавливают из неметаллических материалов (бакелита, текстолита, нейлона, капрона и, др.). Эти зубчатые колеса работают в паре со стальными закаленными или чугунными колесами.

Пластмассы по сравнению со сталью обладают в 5—10 раз меньшей прочностью и в 60—200 раз худшей теплопроводностью. Их упругая податливость в 20—150 раз больше, чем у стали, что позволяет пластмассовым шестерням работать бесшумно даже при значительных окружных скоростях и быть малочувствительными к перекосам.

**Процессы обработки заготовок зубчатых колес** до нарезания зубьев ничем не отличаются от обработки втулок, дисков, шкивов, и т. д. Общей технологической операцией всех зубчатых колес является обработка зубчатого венца,

Нарезать зубья можно двумя основными методами: копированием и обкаткой (огибанием). При копировании режущему инструменту придают форму впадины зуба, а затем производят обработку, при которой профиль инструмента копируется на обработанной поверхности.

На рисунке 13 приведены схемы **нарезания зубчатых колес методом копирования** модульными дисковыми (рисунок 13 а) и пальцевыми (рисунок 13 б) фрезами. Метод копирования применяют главным образом в индивидуальном и мелкосерийном производстве, а также при ремонтных работах.

Однако он используется благодаря простоте режущих инструментов и возможности нарезания зубьев на универсальных станках.

Недостатками этого метода являются: низкая точность обработки зуба и малая производительность.

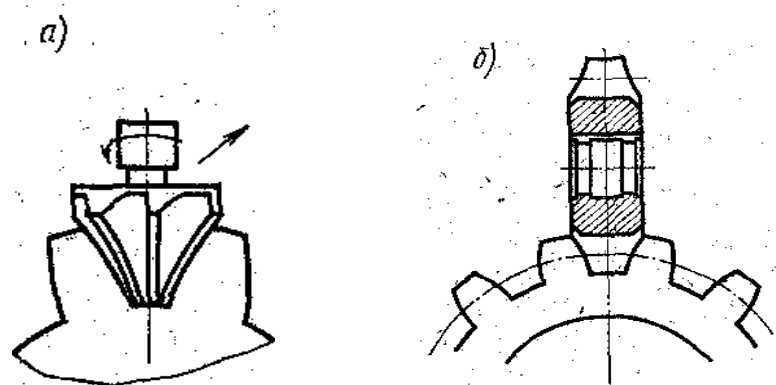


Рисунок 13 – Фрезерование впадины зуба методом копирования: пальцевой фрезой (а) и дисковой модульной фрезой (б).

Более точными, производительными и широко распространенными методами обработки зубьев являются **методы обкатки при нарезании зубьев червячными фрезами, круглыми долбяками, зубострогальными резцами и накатыванием**. Образование зубьев при фрезеровании червячной фрезой осуществляется в результате взаимного зацепления червячной фрезы (червяка) с нарезаемой заготовкой 2 (зубчатым колесом, рисунок. 14); схема нарезания зубьев долбяком показана на рисунке. 15.

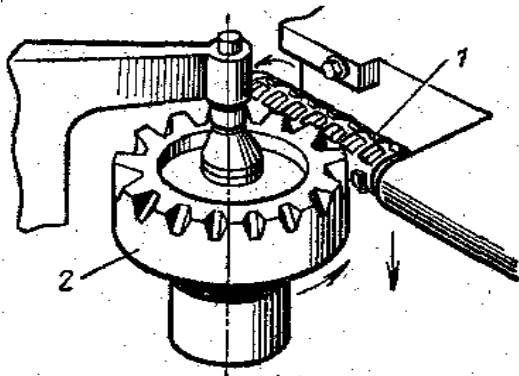


Рисунок 14 – Нарезание зубьев червячной фрезой

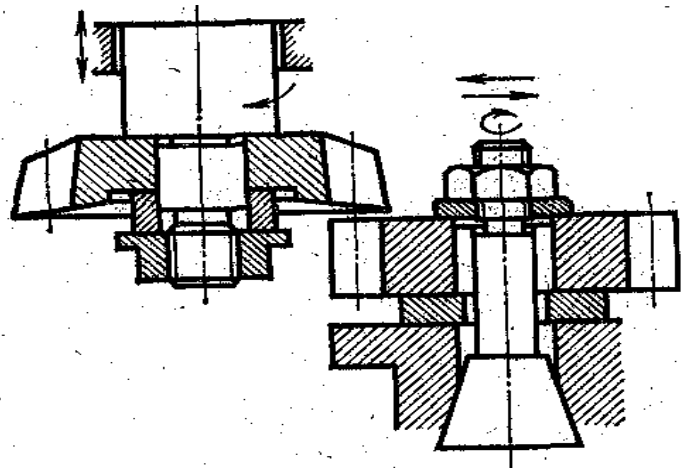


Рисунок 15 – Нарезание зубьев долбяком

Червячными фрезами нарезают прямые и спиральные зубья колес. При этом фрезу устанавливают так, чтобы направление витков ее спирали совпадало с направлением зубьев нарезаемого колеса.

Для получения спирали на зубчатом колесе кроме движения обкатки ему сообщают дополнительное вращение в соответствии с шагом спирали

Нарезание зубьев при модулях до  $m = 5$  мм осуществляется в один проход на полную глубину зуба. При больших модулях обработку зубьев разбивают на два прохода: черновую и чистовую. Точность обработки червячной фрезой со шлифованным профилем соответствует 7—8-й степени точности по ГОСТ 1643—94 и шероховатостью поверхности до  $Ra\ 0,63\ мкм$

Режимы резания при фрезеровании червячной фрезой выбирают исходя из стойкости и качества обрабатываемого материала по нормативным справочникам. Скорость резания при обработке червячной фрезой, изготовленной из специальной быстрорежущей вольфрамо-кобальтовой стали марок P6K5, P6M5K5, P9K10, P9M5K8 и др., в настоящее время достигает 20 м/мин, а подача  $S = 3\ мм$  на оборот заготовки.

Для повышения производительности фрезерование производят сборными многозаходными червячными фрезами; предварительное прорезание впадин на специальных скоростных станках с последующей чистовой или получистовой обработкой зубьев колес на станках повышенной точности, радиальном врезании и т. д.

Применение новых конструкций сборных многозаходных фрез взамен однозаходных позволяет увеличить производительность работы в 2,5 раза.

Одним из существенных недостатков червячных фрез является неравномерность затупления зубьев фрезы и неравномерность их загрузки.

При обычном фрезеровании червячной фрезой почти весь объем металла снимается 2—3-мя первыми зубьями фрезы, что ограничивает величину осевой подачи до  $S = 3$  мм/об.

При изготовлении зубчатых колес особое внимание следует уделять точности обработки базовых поверхностей, определяющих положение заготовки при зубонарезании, а следовательно, и точность зубчатого колеса.

В индивидуальном производстве обработка отверстия и наружной поверхности зубчатого колеса производится на токарных станках при закреплении детали в патроне за две установки. Обработку шестерни с другой стороны и по верху выполняют на том же станке с установкой детали на оправке.

В крупносерийном и массовом производствах обработку, заготовок под нарезание зубьев разделяют на две операции:

- 1) механическая обработка отверстия;
- 2) обработка наружной и торцовых поверхностей зубчатого колеса.

Обработка заготовки в основном ведется на сверлильных, протяжных и многолезцовых токарных станках, а также на одношпиндельных, многошпиндельных автоматах и полуавтоматах. Так, например, при обработке заготовок для небольших зубчатых колес диаметром до 60 мм из калиброванного прутка в первую операцию входят: сверление и растачивание отверстия, обтачивание наружной поверхности, подрезка торца и отрезка, заготовки. Затем протягивают отверстие и шлицы или шпонку, после чего производят чистовое обтачивание и подрезку торцов. Для точных колес производят шлифование или тонкую обточку торцов. Штучные заготовки средних размеров (диаметром: от 100 до 300 мм}, полученные методом штамповки или литья, с отверстием или без него целесообразно обрабатывать в массовом производстве по следующему технологическому маршруту:

- сверление (зенкерование) отверстия на сверлильном станке;
- протягивание отверстия шлицевых или шпоночных пазов;
- запрессовка заготовки на центровую оправку;
- обработка наружной поверхности на токарном многолезцовом полуавтомате.

При серийном или крупносерийном производстве зубчатые колеса обычно нарезают по несколько штук, закрепляемых на оправке, что увеличивает производительность за счет сокращения вспомогательного времени на врезание и выход фрезы.

Если на шпиндельной оправке установить две или три фрезы, каждая из которых будет прорезать впадины зубьев у одной группы заготовок, то производительность будет еще больше. В этом случае применяют многошпиндельные делительные заготовки. Применение для этих целей полуавтоматических станков, у некоторых все вспомогательные движения совершаются автоматически, также повышает производительность.

Значительное увеличение производительности достигается применением твердосплавных фрез. Модульные пальцевые фрезы применяют для нарезания крупномодульных колес. Деление на таких станках осуществляется автоматически. Для нарезания реек применяют дисковые модульные фрезы с трапецеидальным профилем.

Для обработки прямых зубьев небольших конических зубчатых колес применяют: круговое протягивание на специальных зубопротяжных станках (рисунок 16) с помощью круговой протяжки 1, состоящей из нескольких секций фасонных резцов. Каждый резец при вращении круговой протяжки снимает определенный слой металла с заготовки 2. Протяжка вращается с постоянной угловой скоростью и в тоже время совершает поступательное движение, скорость которой различна на отдельных участках проходимого пути. При черновом и получистовом нарезании протяжка имеет поступательное движение от вершины начального конуса к его основанию, а при чистовом — в обратном направлении» от основания к вершине. За один оборот протяжки она полностью обрабатывает одну впадину зубчатого колеса.

Во время резания обрабатываемая заготовка неподвижна, для обработки следующей впадины она поворачивается на один зуб в то время, когда подходит свободный от резцов сектор круговой протяжки.

Описанный способ нарезания зубьев отличается высокой производительностью. Чистовое нарезание зубьев конических зубчатых колес производится строганием на зубострогальных станках (рисунок 17), которые работают методом обкатки : строгальные резцы 1 и 2 совершают прямолинейные возвратно-поступательные движения вдоль зубьев обрабатываемых поверхностей. Время нарезания зуба в зависимости от материала, модуля, припуска на черновую обработку и других факторов колеблется в пределах от 3.5 – 30 сек.

## **4 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРВЯКОВ**

В передаточных механизмах изделий машиностроения находят широкое применение червячные передачи, состоящие из червяка и червячного колеса. Распространены червяки: архимедовы, эвольвентные, конволютные и глобоидные. Архимедовы червяки (рисунок 18) чаще всего нарезаются на токарных станках, при этом прямолинейные режущие кромки резцов располагаются в осевом сечении так же, как при нарезании трапецеидальной резьбы. Винтовая поверхность такого червяка называется архимедовой, так как с торцовой поверхности его она образует архимедову спираль. Такие червяки представляют обычный винт с трапецеидальной резьбой.

Архимедов червяк в осевом сечении имеет прямобочный профиль с углом, равным профильному углу резца.

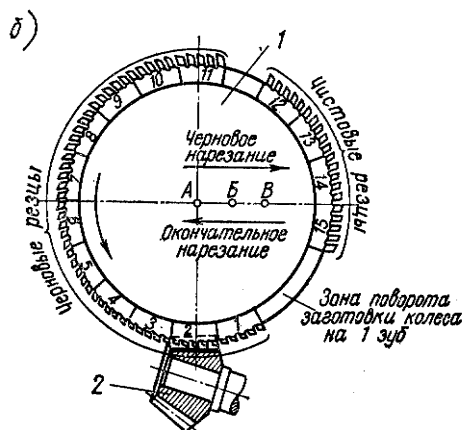
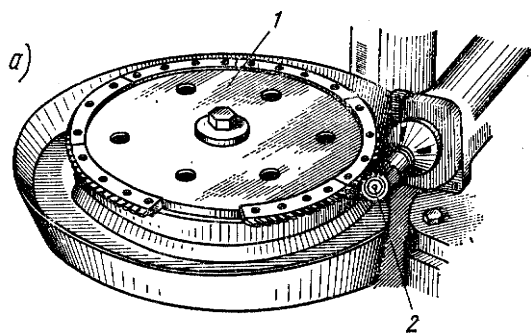


Рисунок 16 – Круговое протягивание зубьев конического зубчатого колеса: 1- круговая протяжка; 2- нарезаемое колесо.

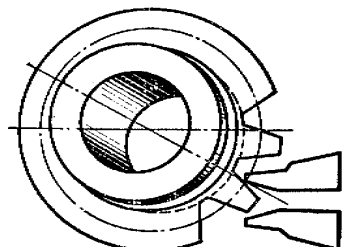
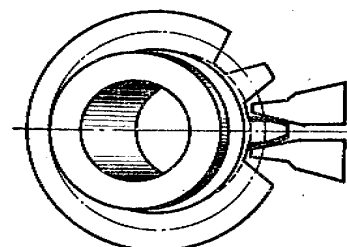
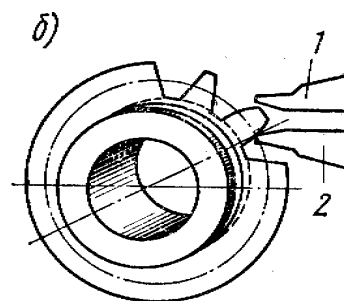


Рисунок 17 – Нарезание конического зубчатого колеса на зубостроальном станке:  
а - установка резцов, б - схема обкатки

При крупносерийном производстве архимедовы червяки фрезеруют дисковыми фрезами (рисунок 18 а) с криволинейными режущими кромками. Шлифование таких червяков осуществляют дисковым конусным или тарельчатым кругом (рисунок 18 з) с припуском 0,1—0,2 мм на сторону в зависимости от модуля червяка. Шлифование червяков с малым модулем производят на резьбошлифовальном станке или на токарном, но со специальным устройством, показанным на рисунке 18 д. С таким устройством можно шлифовать червяки и с крупным модулем.

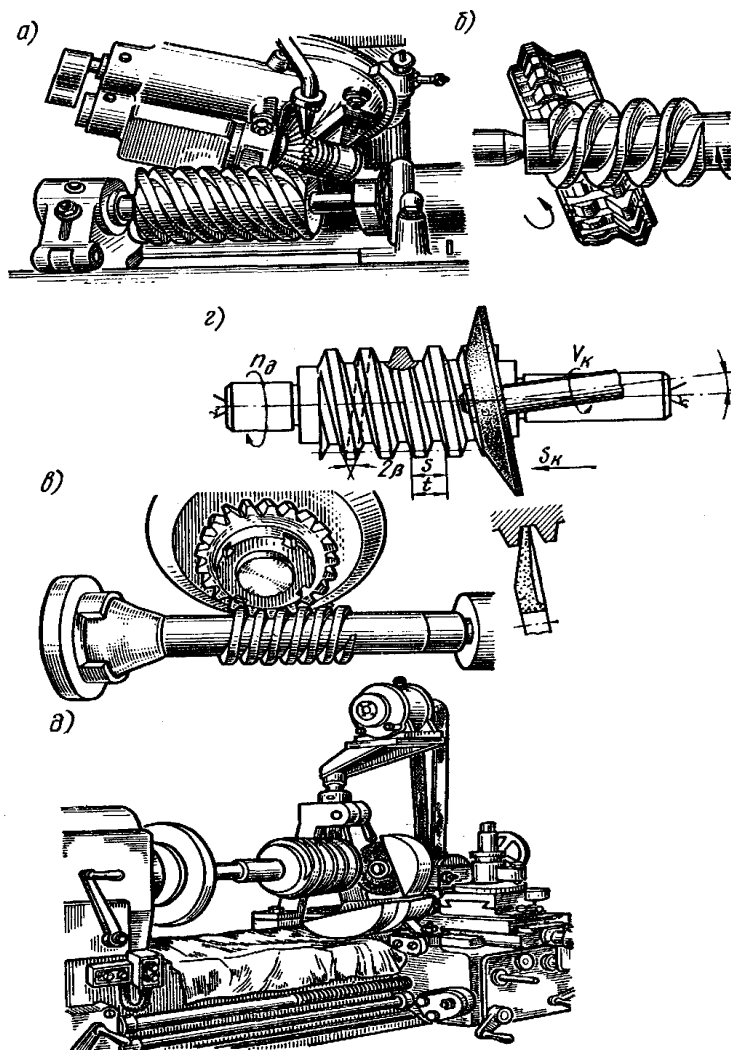


Рисунок 18 – Обработка червяков: а – дисковой фрезой; б – фрезой-улиткой; в – долбяком; г – шлифовальным кругом; б – специальное устройство для шлифования червяка на токарном станке

В крупносерийном и массовом производстве шлифование профиля витков червяка с крупным модулем (3 и более) осуществляется на специальном червячно-шлифовальном станке коническим дисковым кругом большого диаметра (800 мм и более). Этот метод обеспечивает большую производительность. Таким кругом можно получить разные профили червяка путем его перемещения в горизонтальной плоскости. Шлифование производится при трех движениях: вращении круга, медленном вращении червяка и поступательном перемещении круга на величину одного шага (хода для многозаходных червяков) за один оборот изделия.

Для отделки витков червяков ответственных передач применяют притирку их чугунами или фибровыми притирами, имеющими форму червячного колеса. В качестве абразивного материала применяют микропорошки с маслом, а для получения высокой качества поверхности – пасты ГОИ.

**Контроль червяков** по диаметральным и линейным размерам производится при помощи предельных скоб, микрометров и т. п. Наиболее сложной операцией контроля червяков является проверка среднего диаметра витков, концентричности оси их с осью опорных шеек, угла профиля витков и равномерности шага. Средний диаметр червяка проверяется специальной индикатор-

ной скобой (рисунок 19 а), у которой два неподвижных зуба 2 вводятся во впадины червяка, а верхний подвижный зуб 1, находящийся также во впадине, связан с индикатором.

Угол профиля витков проверяется при помощи нормальных угловых шаблонов с базой от наружного диаметра. Для более точных червяков угол профиля проверяется на специальном приборе по схеме, показанной на рисунке 19 б. Осевой шаг червяка проверяется на приборе с индикатором (рисунок 19 в). Проверка концентричности оси их с осью опорных шеек показана на рисунке 19 г, д. На рисунке 19 е показана схема устройства для контроля профиля витка глобоидного червяка

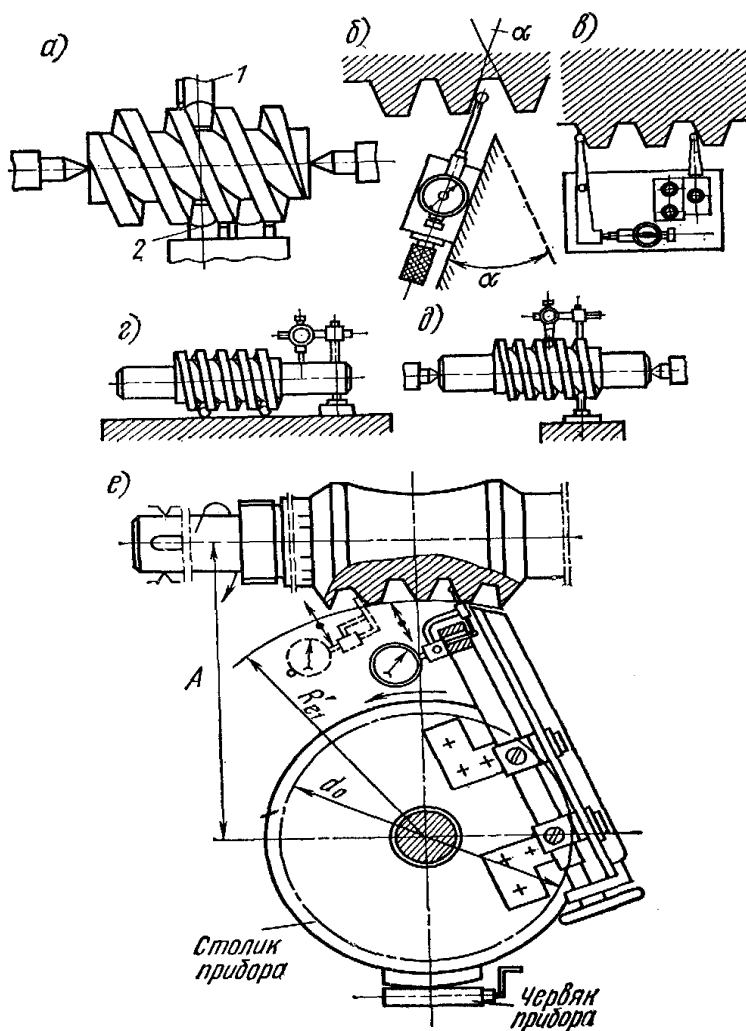
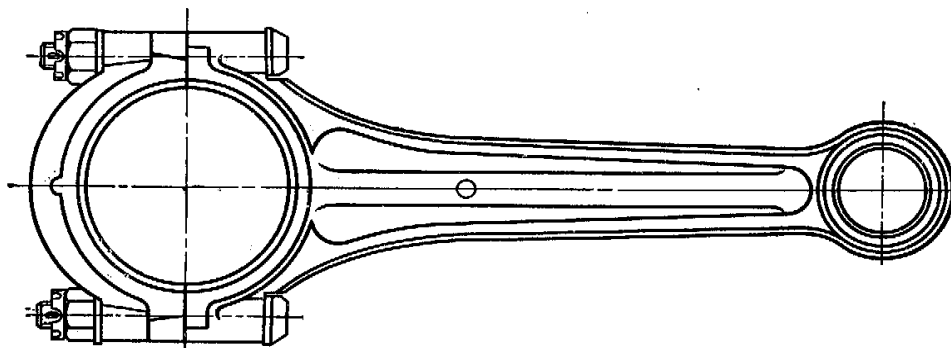


Рисунок 19 – Контроль червяков: а – среднего диаметра специальной скобой; б – угол профиля; в – осевого шага прибором с индикатором; г и д – концентричности опорных шеек; е – профиля глобоидного червяка

Шатуны являются передаточными звеньями шатунно-кривошипных механизмов различных машин, в основном поршневых двигателей внутреннего сгорания (рисунок 20). Связывая поршень с коленчатым валом, шатун служит для преобразования поступательно-возвратного движения поршня во враща-

тельное движение коленчатого вала и для передачи усилия поршня на шатунную шейку коленчатого вала.

У большинства шатунов кривошипные головки делаются разъемными для возможной сборки с коленчатым валом. В поршневые головки шатунов обычно запрессовывают бронзовые втулки.



*Рисунок 20 – Типовая конструкция шатуна в сборе*

К точности изготовления шатунов предъявляются следующие требования:

- отверстия во втулках поршневых головок должны быть обработаны по 6-му качеству точности, шероховатость поверхности должна соответствовать  $Ra\ 0,40$ - $Ra\ 0,10$ ;
- отверстия в кривошипных головках необходимо обрабатывать с точностью выше 6-го качества, шероховатость поверхности – по  $Ra\ 0,40$ - $Ra\ 0,20$ ;
- конусность и овальность отверстий не должны превышать  $0,003$ - $0,005\ мм$ ,
- ось отверстия втулки, запрессованной в поршковую головку, должна лежать в одной плоскости с осью отверстия кривошипной головки, отклонение не должно превышать  $0,04$ - $0,05\ мм$  на длине  $100\ мм$ .
- отклонение от параллельности оси отверстия втулки, запрессованной в поршковую головку, с осью отверстия кривошипной головки не должна превышать  $0,02$ — $0,04\ мм$  на длине  $100\ мм$ ;
- биение торцов кривошипной головки относительно оси отверстия под вкладыши не должно превышать  $0,1\ мм$  на длине  $100\ мм$ ;
- отверстия под шатунные болты должны быть обработаны по 9 или 10 качеству точности;
- по массе большой и малой головок шатуны сортируют на 4 группы.

Шатуны изготавливают из сталей марок 40, 45 45Г2 18ХНМА, 18Х2Н4ВА и 40ХНМА.

**Применяют следующий технологический процесс изготовления поковок шатунов:** нагретую заготовку в заготовительных ручьях молотового штампа предварительно обжимают. Затем для получения окончательной формы заготовку штампуют в первом формообразующем и втором окончательном ручьях. После обрезания облоя заготовку подогревают и калибруют в калибровоч-



ном штампе на другом молоте или прессе. После обрезания заусенцев производится холодная правка заготовки.

**Механическая обработка шатунов** начинается с обработки торцов.

Выбор схемы технологического процесса обработки отверстий в головках зависит от конструкции шатуна. Отверстия в поршневой и кривошипной головках цельнокованных шатунов автомобильных двигателей обрабатывают предварительно; при этом базами заготовки служат ее торцы и установочные площадки, определяющие расположение отверстия относительно оси симметрии обеих головок и стержня.

**Отверстия под болты** в шатуне и крышке обрабатывают предварительно отдельно, а окончательно – совместно. Благодаря этому при сверлении длина отверстия оказывается почти вдвое меньше.

**Торцовые плоскости** головок цельно- и раздельно-кованных шатунов обрабатываются на протяжных, фрезерных или шлифовальных станках.

У шатунов обрабатывают торцовые плоскости обеих головок.

Протягивают торцовые плоскости головок на одно- или двухпозиционных протяжных станках, при этом высота кривошипной головки обеспечивается с точностью до 0,1—0,2 мм, поршневой головки 0,15—0,2 мм, а отклонения от параллельности торцов 0,1 мм.

Фрезеруют торцовые плоскости головок шатунов на многошпиндельных двусторонних продольно- или карусельно-фрезерных станках.

Установочные боковые площадки, которые в последующих операциях используются как базы заготовок в приспособлениях и плоскости под головки и гайки шатунных болтов, протягивают (рисунок 21), реже фрезеруют.

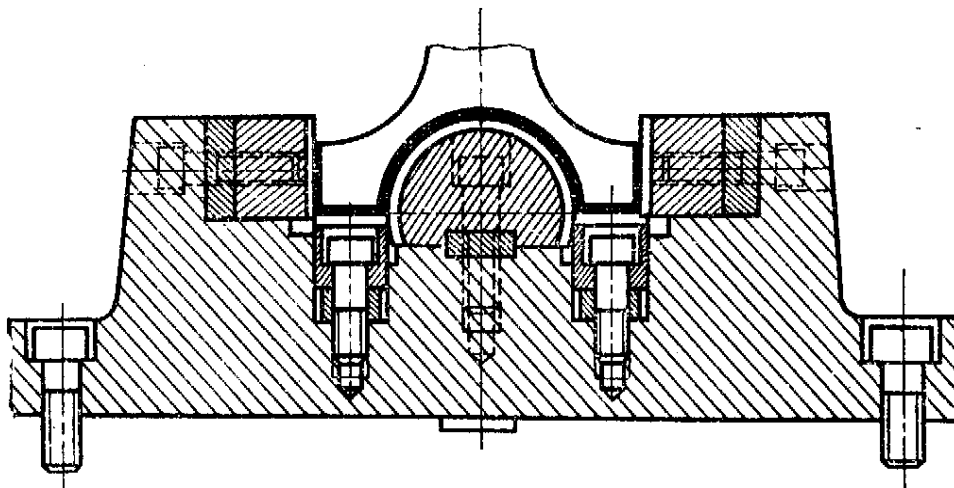
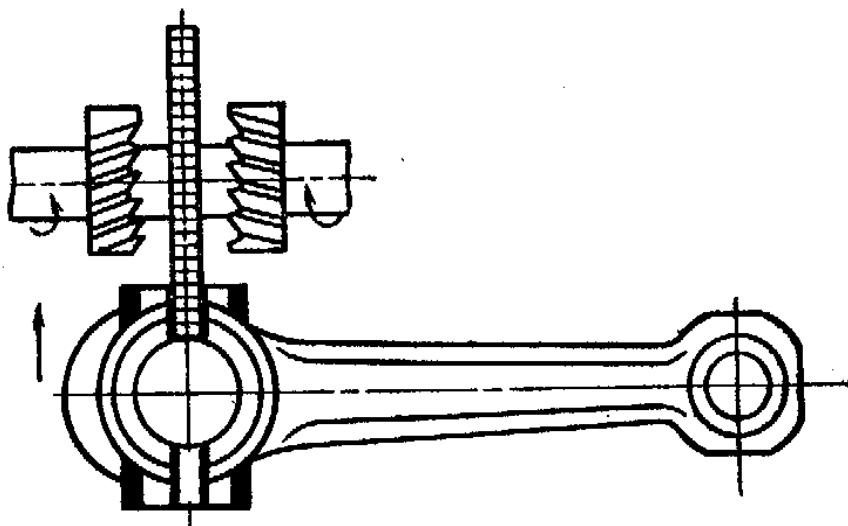


Рисунок 21– Схема протягивания головки шатуна, штампуемого без крышки

При обработке установочных площадок базами заготовки в приспособлениях являются контур тела стержня и поршневая головка.

Если отверстие в поршневой головке обработано, его используют как базу; в некоторых случаях обработку установочных баз совмещают с обработкой поверхности под вкладыш и плоскости разъема в кривошипной головке

Крышку цельнокованых шатунов отрезают на горизонтально- или продольно-фрезерных станках (рисунок 22) дисковой фрезой с одновременным фрезерованием плоскостей под головки и гайки шатунных болтов.



*Рисунок 22 – Схема отрезания крышки и фрезерования плоскостей под головки и гайки шатунных болтов*

**Отверстия в поршневой и кривошипной головках** цельно- и раздельнокованых шатунов обрабатывают предварительно одновременно или раздельно, а окончательно – после сборки шатуна и крышки (одновременно), за исключением одной последней операции – хонингования, которая применяется только для обработки отверстия кривошипной головки.

Отверстие в поршневой головке шатунов с прошитым в кузнице отверстием обрабатывают за два хода (зенкеруют, протягивают или растачивают).

Отверстие в поршневой головке под посадку втулки у заготовок с не прошитым в кузнице отверстием обрабатывают обычно за три прохода: сверлят, зенкеруют и развертывают или тонко растачивают.

Сверление и зенкерование выполняют на сверлильных одно- и многошпиндельных станках. Устанавливают заготовки в приспособлениях и базируют их по торцам головок.

Окончательно отверстие в поршневой головке под запрессовку втулки стремятся обрабатывать совместно с отверстием в кривошипной головке.

## 6 ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

К фасонным относятся поверхности, отличающиеся своей формой от плоскости, цилиндра или конуса.

Наиболее часто встречаются детали с фасонными поверхностями вращения (например, фасонная рукоятка) и с прямолинейными фасонными поверхностями (например, кулачковая шайба). Значительно реже встречаются детали с объемно-криволинейно-фасонными поверхностями (например, лопасти турбин, лопасти пропеллеров самолетов и т. п.).

Методы обработки фасонных поверхностей можно разделить на две группы: 1) обработка фасонным инструментом, имеющим профиль обрабатываемой поверхности, 2) обработка нормальным инструментом, которому сообщается криволинейное движение относительно обрабатываемой заготовки при помощи копировальных устройств или вручную.

**Фасонными резцами обтачивают** на токарных станках обычно фасонные поверхности небольшой длины. На рисунке 23 а показан пример обтачивания фасонной поверхности призматическим резцом, а на рисунке 23 б – дисковым резцом.

Скорость резания при обтачивании фасонных поверхностей меньше, чем при наружном обтачивании цилиндрических поверхностей, и составляет примерно 25-40 м/мин.

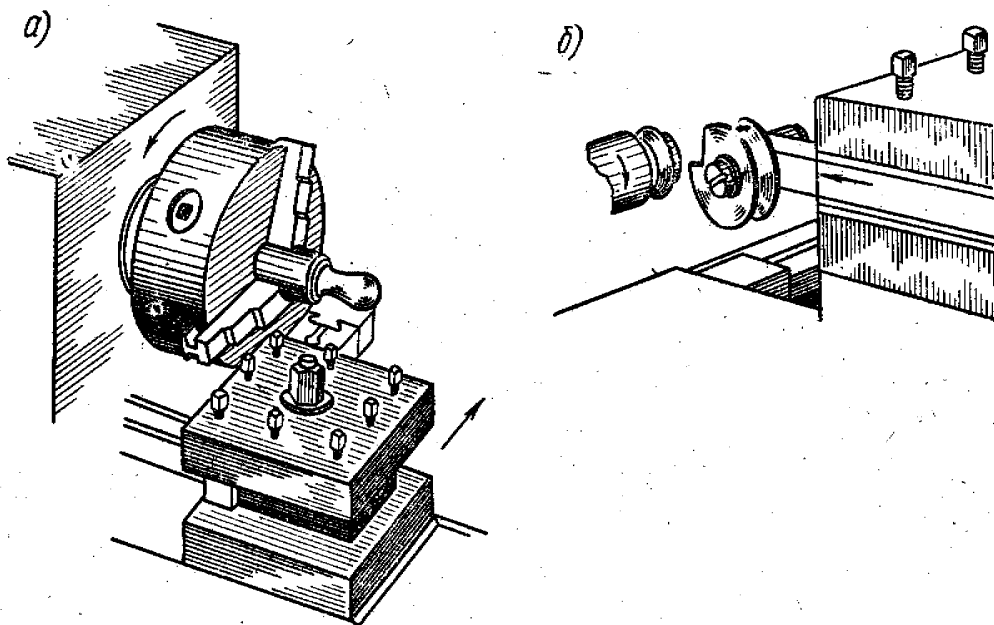


Рисунок 23– Обтачивание фасонной поверхности:  
а – призматическим резцом; б – дисковым резцом

Замкнутые поверхности у деталей типа дисков и незамкнутые прямолинейно-фасонные поверхности чаще всего **обрабатывают фрезерованием по разметке или при помощи копировальных устройств**. Обработка производится обычно при двух движениях, из которых одно получается от соответствующей механической подачи станка, а второе – от копира;

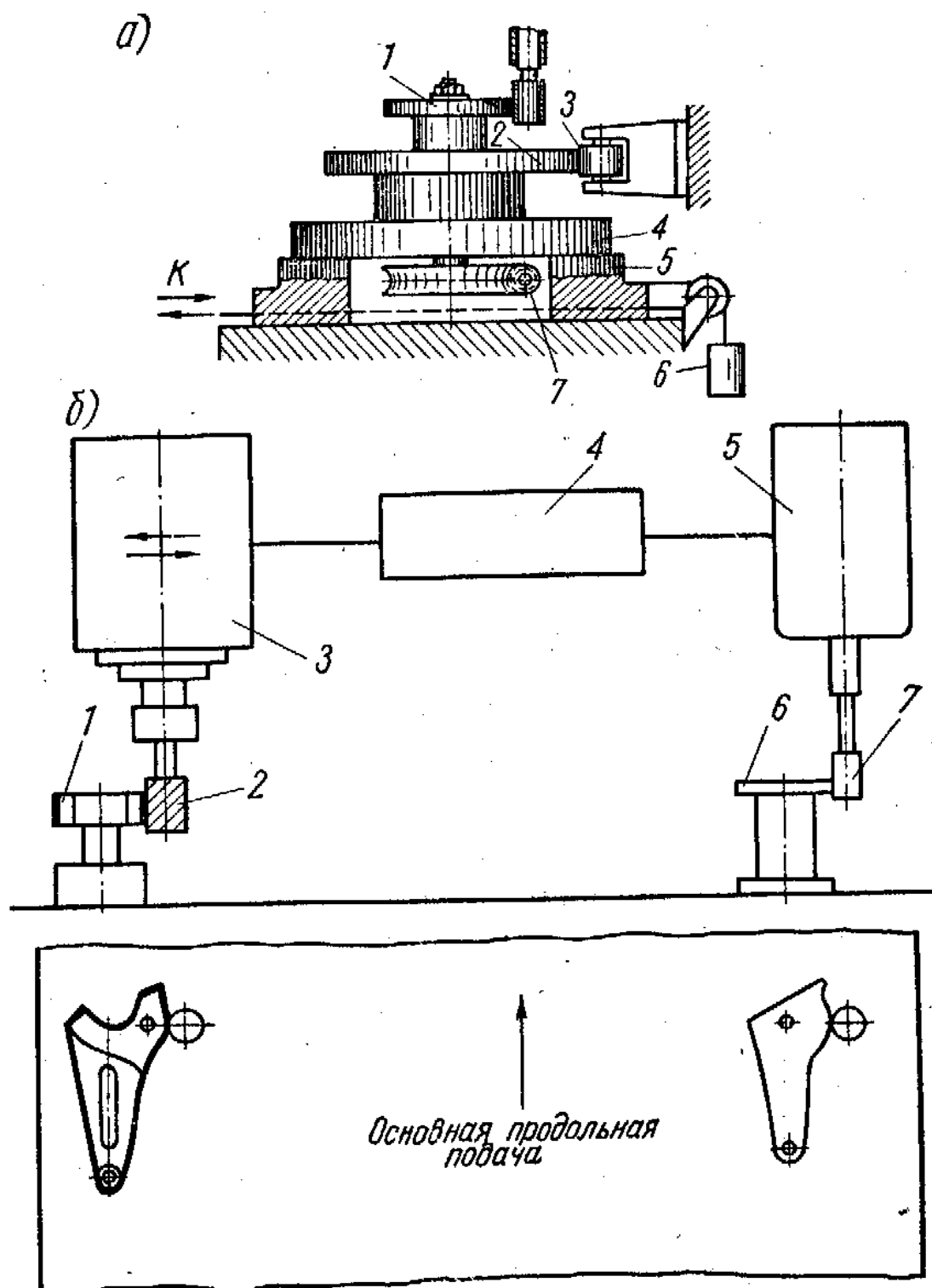


Рисунок 24 – Схема фрезерования по копиру:  
а- с круглым столом , б – с продольным столом.

к последнему все время прижимается ролик (или деталь, заменяющая его), жестко связанный с частью станка, которой сообщается подача; можно работать и с ручной подачей.

Основным движением при фрезеровании по копиру является продольная подача стола или вращение круглого стола. Фрезерование по последнему методу показано на рисунке 24 а. Этот метод удобен при наличии отверстия в обрабатываемой детали. При отсутствии такого отверстия обрабатывается сначала одна половина детали, потом вторая.

На рисунке 24 а показаны заготовка 1 и копир 2, закрепленные на круглом столе 4. В процессе обработки стол медленно вращается с помощью червячной передачи 7. Стол 4 установлен на столе 5 станка, который может перемещаться по направлению указанному стрелкой К. Копир 2 прижимается к ролику 3 под воздействием груза 6.

**Шлифование фасонных поверхностей** производится фасонными шлифовальными кругами, а также при помощи копиров, по которым перемещаются обрабатываемые детали или шлифовальный круг.

На рисунке 25 а показано шлифование шаровой поверхности фасонным кругом с поперечной подачей. Соответствующий профиль круга получается при помощи алмаза, вращающегося в специальном приспособлении. При профилировании круга (рисунок 25 б) величина центрального угла дуги ограничивается диаметром оправки, в которой закреплен алмаз.

На рисунке 25 в показано шлифование вогнутой поверхности при помощи копира А, который перемещает деталь в поперечном направлении при продольной подаче стола.

Беговая дорожка (рисунок 25 г) наружного кольца шарикоподшипника, закрепленного в патроне, шлифуется путем качательного движения круга вокруг центра, совпадающего с центром окружности, образующей профиль шлифуемого желоба, т. е. радиус качения равен радиусу желоба. Таким же способом можно шлифовать сферическую поверхность любого радиуса. Фасонные поверхности можно шлифовать и на бесцентрово-шлифовальных станках (рисунок 25 д, е); здесь 1 – шлифовальный круг; 2 – ведущий круг.

Шлифование фасонных поверхностей возможно также с помощью абразивных лент.

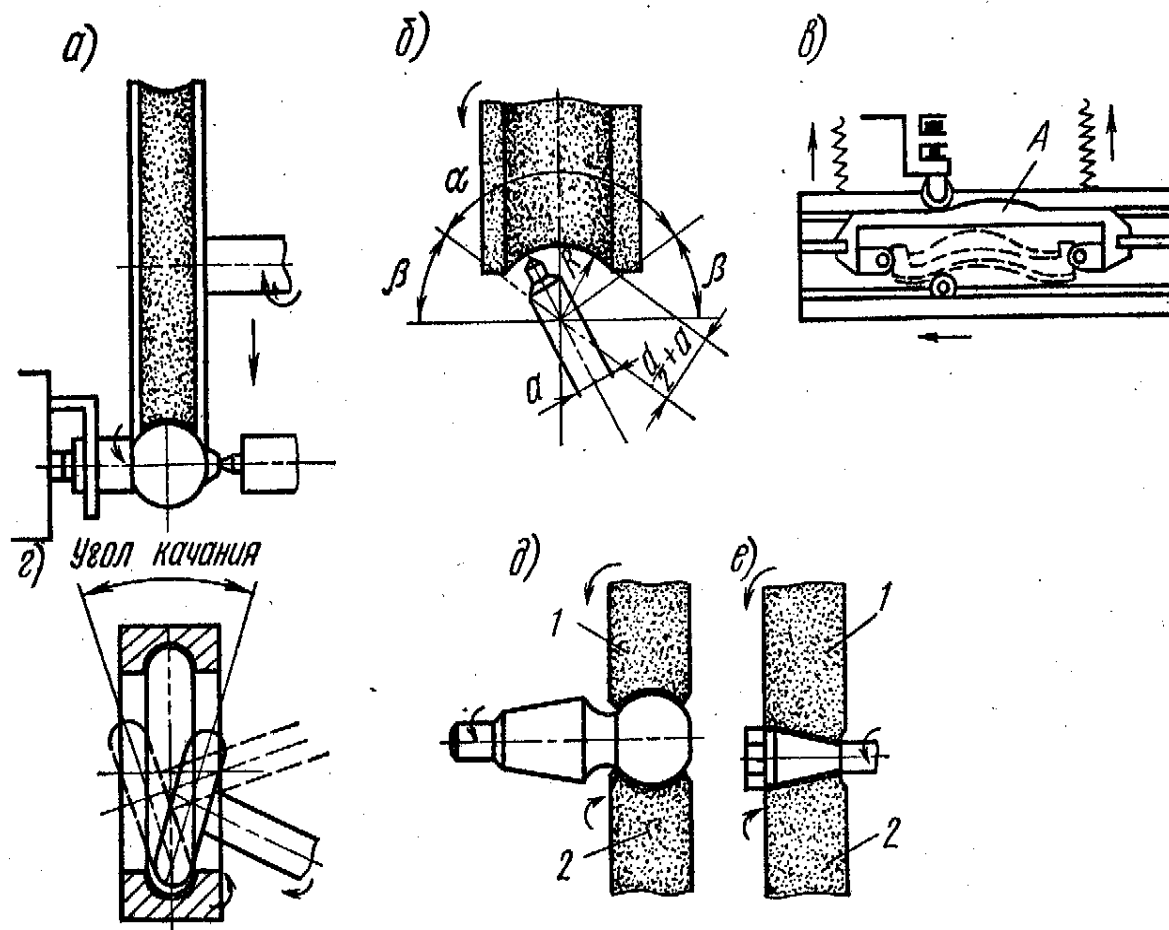


Рисунок 25 – Шлифование фасонных поверхностей:

а – фасонным кругом с поперечной подачей; б – профилирование шлифовального круга по радиусу; в – вогнутой поверхности по копиру; г – беговой дорожки шарикоподшипника; д и е – на бесцентрово-шлифовальных станках

## 7 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

При **электроискровой обработке** съем металла производится кратковременными искровыми разрядами между электродом-инструментом и заготовкой (за счет электрической эрозии разрушается больше заготовка).

При **электроимпульсной обработке** металл снимается импульсным дуговым разрядом. Процесс осуществляется аналогично электроискровой обработке, но при обратной полярности. Этим методом обрабатывают фасонные полости стальных штампов, пресс-формы, формы для литья, турбинные лопатки и т. д.

**Электроконтактная обработка** основана на разрушении металла вследствие электротермических процессов, сочетающихся с механическим удалением образующихся продуктов. Проходящий через место контакта ин-

струмента и заготовки электрический ток разогревает, размягчает и плавит металл.

Электроконтактную обработку применяют для удаления металла (резка, прошивание, шлифование, заточка), сглаживания гребешков неровностей и виброконтактной наплавки.

Принципиальная схема электроконтактной обработки показана на рисунке 26. В качестве инструмента применяют диски, роликовый или чашечный инструмент (стальной, чугунный, латунный и т. п.).

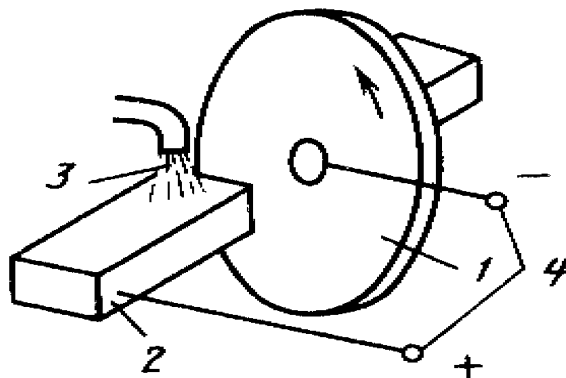


Рисунок 26 – Принципиальная схема электроконтактной обработки: 1 – электрод-инструмент (диск), 2 – заготовка, 3 – подача жидкости, 4 – подвод тока

Производительность метода довольно высокая: при черновой обработке (0,5-3)  $10^6$  мм<sup>3</sup>/мин; при точении 1000-10 000 мм<sup>3</sup>/мин.

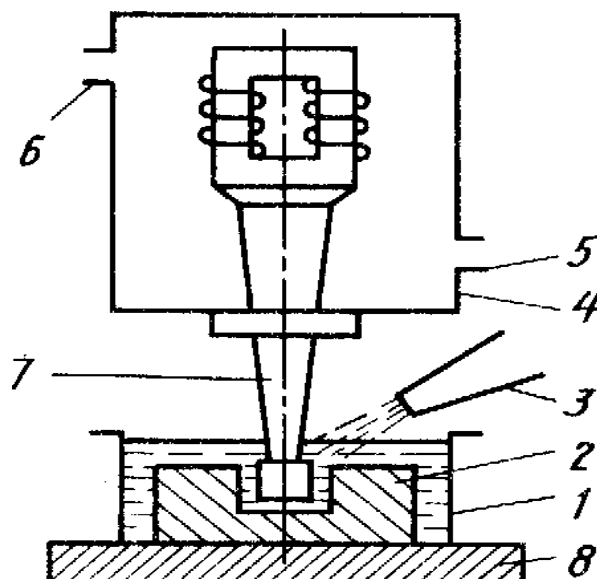
**Анодно-механическая обработка** осуществляется с помощью постоянного тока, проходящего через электролит и погруженные в него электроды. При этом происходит растворение поверхности анода заготовки и образуется пленка, которая снимается движущимся катодом (инструментом).

Операциями анодно-механической обработки являются разрезание, шлифование, затачивание, профилирование на анодно-механических станках. Инструменты-диски, ленты, профильные шаблоны и др.

Производительность обработки зависит от ее вида и применяемых инструментов: при разрезании диском – 2000-6000 мм<sup>3</sup>/мин, лентой – 3000-7000 мм<sup>3</sup>/мин.

**Ультразвуковая обработка** применяется для формообразования сложных (рисунок 27) поверхностей (отверстий любой формы, полостей, щелей и т. п.) в заготовках из твердых и хрупких материалов (закаленная сталь, твердый сплав, стекло, фарфор, алмазы и т. п.).

Различают ультразвуковую обработку свободно направленным абразивом и размерную. В качестве абразивного материала применяют карбиды бора, кремния, алмазные порошки и др.



*Рисунок 27 – Принципиальная схема ультразвуковой обработки:  
1 – ванна; 2 – изделие; 3 – подача абразивной суспензии; 4 – преобразователь; 5, 6 – вход и выход охлаждающей жидкости; 7 – инструмента  
8 – стол станка*

Инструменты изготовляют из конструкционных и малолегированных сталей в зависимости от вида обработки (разрезание, сверление глубоких отверстий, шлифование, гравирование и т. п.), размеров обрабатываемой площади, твердости обрабатываемой заготовки и мощности ультразвукового преобразователя.

Ультразвуковую обработку выполняют на отечественных ультразвуковых станках, снабженных магнитострикционными преобразователями. Известны также станки с пьезокерамическими преобразователями.

Производительность, точность размерной обработки ультразвуком и шероховатость поверхности после нее зависят от свойств материала (твердости и хрупкости), размеров обрабатываемых поверхностей. Производительность при обработке твердых сплавов достигает 40-80 мм<sup>3</sup>/мин. Отклонение диаметра сквозных отверстий, как правило, составляет 0,01-0,02 мм.

На практике ультразвук широко используют для очистки деталей от жировых и механических загрязнений, продуктов коррозии, лакокрасочных покрытий и т. п.

**В последнее время получила распространение лазерная технология** – обработка и сварка материалов излучением лазеров, т.е. источником электромагнитного излучения атомов и молекул видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов. Мощные лазеры позволяют производить резку, сверление, закалку и сварку различных материалов без возникновения в них механических напряжений, неизбежных при обычной обработке. Обрабатываются за-



готовки из материалов любой твердости, металлов, алмазов, рубинов и др. с большой точностью.

Основными характеристиками лазерного излучения являются мощность излучения (Вт), длина волны (0,4-10,6 мкм), длительность (мс) и форма импульсов, расходимость пучка.

Лазерный луч применяют для прошивания отверстий диаметром от нескольких микрон до десятков миллиметров и глубиной до 15 мм. Производительность лазерных установок довольно высокая: 60—240 отверстий в 1 мин.

При лазерной резке ширина реза обычно составляет 0,3- 1 мм, толщина разрезаемого материала — до 10 мм. Скорость резки зависит от толщины и свойств обрабатываемого материала и составляет 0,5—10 м/мин.

Анодно-гидравлическая обработка основана на анодном растворении, интенсивность которого зависит от расстояния между электродами: чем оно меньше, тем интенсивнее происходит растворение. Поэтому при сближении электродов поверхность анода (заготовки) будет в точности копировать поверхность катода (инструмента). Удаляют продукты растворения и обновления электролита прокачиванием электролита через зону обработки.

На рисунке 28 стрелками показано направление движения электродов и электролита.

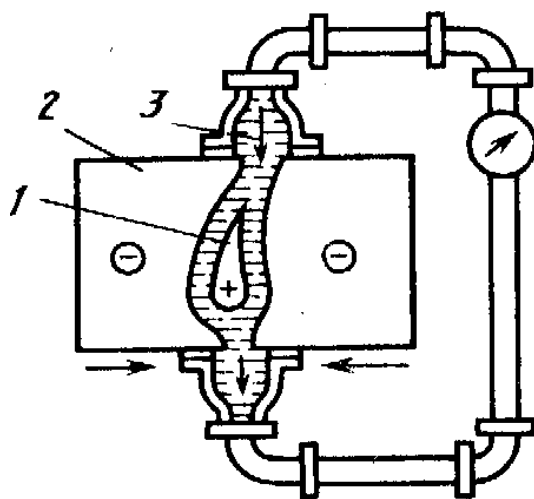


Рисунок 28 - Схема анодно-гидравлической обработки поверхности турбинной лопатки: 1 — лопатка; 2 — электроды; 3 — электролит

Подбирая электролит, этим методом можно обрабатывать практически любые токопроводящие материалы с достаточно высокой производительностью, достигая высокого качества обрабатываемой поверхности.

## 8 ОСНОВНЫ ТЕХНОЛОГИИ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Сборкой** называется часть технологического процесса изготовления изделия машиностроительного завода, которым заканчиваются работы по соединению отдельных деталей в узлы и компоновке последних для придания изделию готового вида в соответствии с его функциональным назначением.

В технологический процесс сборки включаются также регулировочные, наладочные и испытательные работы. Так как сборка является заключительным этапом в производственном процессе, то, естественно, качество сборки значительно влияет на эксплуатационные показатели машины, на ее надежность и долговечность. Объем сборочных работ в различных отраслях машиностроения различен: минимальное его значение 10%, а максимальное — 60%. Объем сборочных работ по отношению к объему механической обработки зависит от типа производства: в мелкосерийном составляет 40—50%, в серийном 30—35%, в крупно-серийном 20—25% и в массовом — менее 20%.

Степень разработки технологического процесса сборки также зависит от типа производства. **В единичном производстве технологические процессы сборки** детально не разрабатываются. Делается только наметка последовательности операций и ориентировочно, на основании статистических данных или по аналогии, определяется рабочее время. Технологический процесс строится на принципе последовательности выполнения операций, не расчлененных на более мелкие переходы сборочного процесса. Для сборки используются универсальные средства и оборудование. **В серийных и массовых производствах**, наоборот, техпроцесс сборки расчленен на операции, переходы, приемы с использованием специальных приспособлений, высокоэффективных средств и оборудования.

В изделиях машиностроения имеется большое количество разнообразных соединений деталей. В машинах примерно 35—40% соединений — типа цилиндрический вал—втулка, 15—20% плоскостных, 15—25% резьбовых, 6—7% конических, 2-3% сферических и др. Все эти соединения характеризуются различными конструктивными, технологическими и экономическими факторами:

- степенью относительной подвижности;
- возможностью разборки;
- технологичностью в сборке и демонтаже;
- видом контакта сопрягающихся поверхностей деталей;
- прочностью и химической стойкостью;
- затратами труда и средств на сборку и т. д.

По конструкции и условиям эксплуатации соединения деталей могут быть разделены на подвижные и неподвижные. Детали подвижных соединений обладают возможностью относительного перемещения в рабочем состоянии по некоторым траекториям, определяемым кинематической схемой механизма, звеньями которого эти детали являются. Детали неподвижных соединений в рабочем состоянии перемещаться не могут.

Подвижные и неподвижные соединения в зависимости от возможности их демонтажа подразделяются на разъемные (свободно разбираемые) и неразъемные (неразбираемые). Количество разъемных соединений в современных машинах и механизмах составляет от 65 до 85% всех соединений. При этом под разъемными (демонтируемыми) соединениями подразумеваются лишь те, которые могут быть полностью разобраны без повреждения соединяющих и скрепляющих их деталей. Остальные соединения относятся к группе неразъемных, хотя в условиях эксплуатации и ремонта машин нередко подвергается разборке некоторая часть и этих соединений; однако процесс разборки в этом случае значительно усложняется, и часто одна или обе соединяемые детали после разборки оказываются непригодными к последующей сборке или же требуют специальных пригонок.

***Соединения могут быть*** неподвижные разъемные (например, резьбовые, пазовые и конические); неподвижные неразъемные (например, соединения запрессовкой или развальцовкой, а также заклепочные); подвижные разъемные (например, валы — подшипники скольжения, плунжеры—втулки, зубья колес, каретки—станины); подвижные неразъемные (некоторые подшипники качения, запорные клапаны).

***По форме организации сборка может быть стационарной и подвижной.*** В первом случае изделие находится на одном неподвижном месте, к которому подаются все детали и узлы. Во втором случае изделие в процессе сборки перемещается от одного рабочего места к другому. При этом на каждом рабочем месте выполняется постоянно одна и та же операция одним рабочим или бригадой. Выбор формы сборки определяется типом производства: стационарная — в единичном и серийном производстве, подвижная — в крупносерийном и массовом.

***Стационарная сборка*** может выполняться концентрированным и дифференцированным методами. В первом случае вся сборка машины из отдельных деталей производится от начала до конца одной бригадой. Процесс сборки не расчленяется на отдельные операции, на которых возможна специализация слесарей. Метод требует высокой квалификации всех сборщиков, непроизводителен и дорог; применяется в единичном производстве.

***В серийном и массовом производстве применяется дифференцированный метод сборки,*** который характерен тем, что сборочный процесс разбивается на ряд отдельных операций, каждая из которых выполняется отдельным рабочим или небольшой бригадой, специализированной на данной операции. Метод производителен и прогрессивен.

При выпуске изделий большими партиями применяют поточный метод стационарной или подвижной сборки. Стационарная поточная сборка характерна для сборки тяжелых и громоздких изделий, перемещение которых затруднительно. Собираемое изделие устанавливается на специальном стенде и к нему поочередно подходят бригады, которые выполняют свою операцию. После выполнения своей операции бригада переходит к следующему стенду и там выполняет тоже свои операции. Количество мест сборки должно быть равным числу операций плюс одно установочное.

*При подвижной поточной сборке* изделие находится обычно на конвейере и передвигается непрерывно или с некоторыми остановками через определенные промежутки времени. Конвейер может быть главным и второстепенным. Главный конвейер обычно предназначен для общей сборки изделия, а второстепенный — для узловой. Процесс сборки разбивается на такое количество операций, чтобы длительность каждой из них была равной или кратной такту выпуска изделия с данной поточной линии.

## 9 ТОЧНОСТЬ СБОРОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В зависимости от того, как обеспечивается необходимая точность сопряжения собираемой машины, а также точность взаимного расположения различных поверхностей, сборку можно производить одним из следующих методов:

1. *Метод полной взаимозаменяемости* заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается у всех объектов путем включения в размерную цепь составляющих звеньев без какого-либо их выбора, подбора и подгонки. Сборка по принципу полной взаимозаменяемости наиболее проста и экономична.

К достоинствам этого относится:

- возможность сборки машин рабочими невысокой квалификации;
- простота достижения требуемой точности замыкающего звена, так как построение размерной цепи сводится к простому соединению всех составляющих звеньев;
- возможность экономической организации сборки методами поточного производства;
- простота и дешевизна ремонта машины в эксплуатации, вследствие того, что детали не требуют пригонки по месту.

Наиболее часто метод полной взаимозаменяемости используется для достижения требуемой точности в таких размерных цепях, как диаметр отверстия — зазор — диаметр валика и т. п., т. е. при относительно коротких размерных цепях и отсутствии довольно жестких допусков на размер замыкающего звена. Недостатком этого метода, является высокая стоимость изготовления оснастки для производства деталей и сборки. Область применения — массовое производство.

2. *При сборке с неполной взаимозаменяемостью* конструкторы устанавливают более свободные допуски, чем при расчете на полную взаимозаменяемость. При этом изготовление деталей более экономично, но некоторое количество замыкающих звеньев при сборке может выйти за пределы установленных допусков и потребуются дообработка отдельных деталей. К недостаткам метода можно отнести: увеличение трудоемкости сборки; увеличение незавершенного производства; снижение уровня взаимозаменяемости; сужение возможности поставки взаимозаменяемых запасных и кооперируемых деталей. Область применения — крупносерийное производство.

3. **Метод селективной или групповой сборки** заключается в том, что требуемой конструкцией зазор или натяг получают не за счет изготовления деталей с минимальными допусками, а путем соответствующего подбора охватывающих и охватываемых деталей. После изготовления деталей с более широкими допусками, чем при методе полной взаимозаменяемости они сортируются по размерам на несколько групп, с более узкими групповыми допусками. Детали соответствующих групп при сборке соединяют так, что в сопряжениях обеспечивается заданная посадка при средних натягах или зазорах. Этот метод обеспечивает групповую взаимозаменяемость. Область применения – массовое производство точных деталей (поршневые пальцы, детали шарико- и роликоподшипников, шатуны и т.п.)

4. **Метод регулирования** заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем изменения величины заранее выбранного компенсирующего звена без снятия с него слоя материала, т.е. **предусматривает использование подвижных или неподвижных компенсаторов**, за счет которых обеспечивается необходимая точность замыкающего звена и требуемое относительное расположение различных поверхностей (рисунок 29). Роль подвижного компенсатора выполняет втулка 3, которую после сборки всех деталей перемещают в нужном направлении до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность зазора; положение втулки фиксируется при помощи стопорного винта 4. Сборку с регулированием величины замыкающих звеньев размерных цепей можно применять в производстве любого типа и в любой машине, если выполнение возможно конструктивно и допустимо экономически.

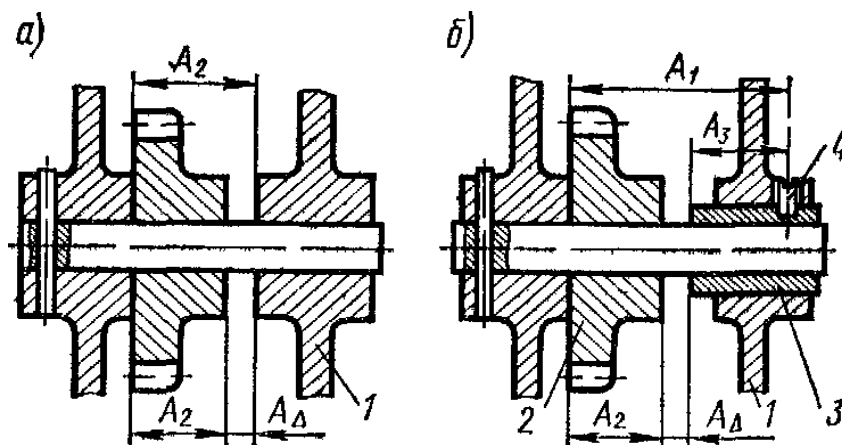


Рисунок 29- Схема достижения точности замыкающего звена методом регулирования с использованием подвижного компенсатора:

1 – корпус; 2 – ступица зубчатого колеса; 3 – втулка (компенсатор); 4 – стопорный винт.

5. **Метод сборки с индивидуальной пригонкой деталей** по месту заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается за счет изменения величины одного из заранее намеченных составляющих звеньев **путем снятия с него необходимого слоя материала**. Применяется в единичном и мелкосерийном производстве. По существу, сборка с дообработкой деталей

по месту является методом неполной взаимозаменяемости с пригонкой деталей в тех случаях, когда размер замыкающего звена лежит за пределами допустимых отклонений.

**Существенными недостатками метода сборки с пригонкой** являются: потребность в рабочих высокой квалификации; повышенная трудоемкость (до 50% общей трудоемкости сборки); трудности учета и нормирования пригоночных работ, а так же необходимость в большинстве случаев снятия стружки, что вызывает загрязнение рабочих мест и требует дополнительной очистки и промывки собранных узлов и механизмов.

## 10 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

Технологию сборки машины следует разрабатывать раньше, чем технологию изготовления большинства ее деталей. Такой порядок позволяет при невозможности осуществления сборки (контроля) отдельных соединений или обеспечения требуемой их точности вносить в конструкцию изменения, улучшающие технологичность, и затем учесть это при изготовлении соответствующих деталей.

Намеченные годовой выпуск изделий или программа характеризуют тип производства и определяют степень дифференциации технологического процесса сборки по операциям. Под дифференциацией подразумевается деление процесса сборки на элементы для последовательного выполнения на одном или нескольких рабочих местах. Концентрация процесса — это объединение ряда мелких элементов процесса для их комплексного выполнения. В массовом и крупносерийном производствах при большом годовом выпуске изделий технологический процесс в большинстве случаев целесообразно расчленять и подробно детализировать.

**Дифференциация процесса сборки в определенных пределах обычно является выгодной;** благодаря расчленению процесса на операции и рациональному распределению их по рабочим местам можно сократить трудоемкость сборки на 15—20%. Степень дифференциации зависит не только от масштабов производства, но и от конструкции изделия, его габаритных размеров, числа деталей. Однако при высоком уровне механизации на отдельных участках часто может быть выгодна также и концентрация операций, так как в определенных условиях при этом возможно сокращение цикла сборки, уменьшение протяженности сборочных линий, снижение потребности в производственных площадях и улучшение других технико-экономических показателей сборочного производства.

Для того, чтобы приступить к разработке технологического процесса сборки изделия или узла, технолог должен располагать исходными данными состоящими из следующих документов:

- сборочные чертежи и чертежи общих видов узлов и изделий, на которых должны быть указаны допуски на угловые и линейные размеры, конструктивные зазоры и технические требования к изделию;
- технические условия на приемку и испытание изделий;

- производственная программа сборочного цеха, в которой должно содержаться наименование собираемых узлов и машин, масса каждого узла и изделия в целом, годовой выпуск в количественном выражении и в тоннах;
- спецификация поступающих на сборку узлов и деталей с указанием их наименования, номера, количества на одно изделие и места, с которого поступает на сборку.

На основании этих данных разрабатывается технологический процесс сборки. В картах сборочных работ для каждой стадии излагаются все составляющие технологического процесса с разбивкой его на операции, переходы и приемы. Операционные карты должны содержать:

- наименование машины;
- годовой выпуск машин и величину серии;
- наименование и описание операции и перехода для каждой стадии сборки;
- указание, какие требуются приспособления, инструменты, принадлежности для сборки и время отдельных операций;
- разряды квалификации рабочих;
- конструктивные зазоры для сочленений деталей;
- эскизы, иллюстрирующие операции, приспособления и т. д.

После изучения сборочных чертежей и точностного анализа конструкции устанавливают порядок комплектования узлов и изделий в процессе сборки и составляются технологические схемы сборочных единиц.

***Разбивка изделия на сборочные единицы — это основная работа при проектировании технологического процесса сборки.*** При выполнении этой работы целесообразно исходить из следующих принципов:

- сборочная единица не должна быть слишком большой по габаритным размерам и массе или состоять из значительного количества деталей и сопряжений; в то же время излишнее «дробление» машины на сборочные единицы не рационально, так как это усложняет процесс комплектования при сборке, создает дополнительные трудности в организации сборочных работ;
- если в процессе сборки требуется проведение испытаний, обкатка, специальная слесарная пригонка сборочной единицы, то он должен быть выделен в особую сборочную единицу;
- сборочная единица при последующем монтаже ее в машине не должна подвергаться какой-либо разборке, а если этого избежать нельзя, то соответствующие разборочные работы необходимо предусмотреть в технологии;
- большинство деталей машины, исключая ее главные базовые детали (станину, раму и др.), а также детали крепления, резьбовых соединений, должно войти в те или иные сборочные единицы, с тем, чтобы сократить количество отдельных деталей, подаваемых непосредственно на общую сборку;
- трудоемкость сборки должна быть примерно одинакова для большинства сборочных единиц.

Разбивка на сборочные единицы сложных машин с большой номенклатурой деталей требует особого внимания и навыка. Пропуск технологическим

ких деталей в этих условиях может изменить темп сборки и вызвать, таким образом, изменение в технологии.

Затем определяют размер партии, который может обеспечить выполнение заданной программы при наилучшем использовании оборудования сборочного цеха. Размер партии позволяет судить о целесообразности дифференциации технологического процесса и применения специального сборочного оборудования и особенно приспособлений.

Определение размера партии необходимо, когда предприятие выпускает несколько изделий, чередующихся партиями (сериями). В массовом производстве понятие о партии-серии может относиться к отдельным узлам, когда одну и ту же линию используют для сборки нескольких сборочных единиц в порядке очередности.

Далее разрабатывают технологическую схему процесса сборки узлов и изделия. Сборку любой сборочной единицы начинают с базовой детали. Последняя должна наилучшим образом определять положение других деталей данной сборочной единицы. Общую сборку изделия обычно начинают с базовой группы, т. е. сборочной единицы, определяющей положение остальных сборочных единиц изделия.

Следующий этап — составление технологического процесса. При единичном выпуске изделий разработка подробного технологического процесса сборки с разделением его на операции и переходы часто экономически не оправдывается, так как эта работа требует значительных затрат времени и средств. В таких случаях составляют только перечисление в требуемой последовательности комплексов сборочных работ, называемое маршрутной технологией.

Пользуясь такой маршрутной технологией и чертежом, сборку могут производить только сравнительно квалифицированные сборщики, так как порядок осуществления того или иного этапа сборки выбирают они сами и они же определяют наиболее рациональный прием сборки сборочных работ.

При сборке изделий, выпускаемых малыми сериями (например, приспособлений и других видов оснастки для собственного производства), технологию сборки можно представить упрощенно, снабдив непосредственно схему сборки необходимыми указаниями по выполнению операции.

В тяжелом машиностроении при единичном производстве основным оперативным документом сборки является технологическая схема, разрабатываемая на общую сборку машины, а также для отдельных сборочных единиц. В технологической схеме сборки указываются данные: такие, например, как трудоемкость, вид оснастки, из какого цеха должна поступить деталь и др. Отмечаются также поступление деталей на сборку и некоторые технологические указания. Схема дает полное представление не только о последовательности сборки, но и о возможности организации параллельного выполнения работ и планирования. При наличии такой схемы специальные технологические карты на сборку часто не разрабатывают. На выполнение отдельных ответственных операций составляют типовые инструкции (например, на запрессовку крупных деталей, балансировку, испытание и пр.). На некоторых заводах дополнитель-



ные указания о выполнении работ наносят непосредственно на технологическую схему сборки.

Учитывая, что многие изделия тяжелого машиностроения транспортируются к заказчику в разобранном виде, при разработке технологической схемы часто одновременно составляется и схема демонтажа изделия.

Выбор последовательности сборки, как уже отмечалось, значительно облегчается при наличии образца изделия. Можно разобрать изделие, составляя подробный план демонтажа (разборки), и, приняв обратную последовательность операций, составить предварительный порядок сборки, который взять за основу при разработке окончательной технологической схемы.

***Разрабатывая порядок и содержание сборочных операций,*** целесообразно учитывать следующее:

- целесообразно ли данную операцию совместить с другой целиком или с несколькими другими, разделив ее на части;
- возможна ли более рациональная последовательность операций;
- нельзя ли данную технологическую операцию совместить с контрольной;
- целесообразно ли упростить сложную операцию, выделив часть ее в самостоятельную операцию;
- следует ли данную операцию, требующую пригоночных работ, выполнять в сборочном цехе;
- возможно ли перенесение операции по пригонке детали в обрабатывающий цех, с целью сокращения затрат на ее выполнение.

Для обеспечения ритмичности сборки и наиболее полного использования рабочего времени на всех рабочих местах необходимо добиться синхронности всех операций.

## 11 ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ К СБОРКЕ

***Точность сборки на основе принципов полной или неполной взаимозаменяемости обеспечивается преимущественно в массовом и крупносерийном производствах.*** В мелкосерийном и тем более в единичном производстве принцип взаимозаменяемости экономически не оправдан и применяется лишь в отдельных случаях. Детали в этих производствах обрабатывают на универсальном оборудовании обычно без применения специальных приспособлений, а контроль осуществляется универсальным измерительным инструментом, не всегда обеспечивающим требуемую точность измерений. Погрешности взаимного расположения поверхностей деталей в процессе их обработки нередко значительно превышают допускаемые отклонения. Это вызывает, как уже отмечалось, необходимость в процессе сборки дополнительно обрабатывать детали и сборочные единицы, пригоняя их по месту.

В зависимости от типа производства сборка машин в той или иной степени может быть связана с выполнением пригоночных работ. Пригоночные работы не являются сборочными и относятся к слесарным, которые предшествуют выполнению сборочных операций.

Пригоночные работы делят на технологические пригоночные работы, т. е. работы, предусмотренные технологическим процессом, и нетехнологические пригоночные работы, являющиеся следствием «несобираемости» машин. Необходимость их проведения вызывается, прежде всего, неотработанностью чертежей и технологических процессов по всему циклу производства, а также отсутствием надлежащего контроля хода производственного процесса.

Основной подготовительной операцией, предшествующей сборке, является очистка деталей и узлов от загрязнений, промывкой в моечных устройствах с последующей сушкой.

***Слесарно-пригоночными работами устраняют погрешности механической обработки или заменяют иногда часть станочных операций***, если выполнение последних по тем или иным причинам затруднительно.

Основными видами слесарно-пригоночных работ являются: обрубка, опиловка, шабрение, притирка, доводка, зачистка, правка, сверление, развертывание и нарезание отверстий по месту и в сборе и др.

**Обрубкой** снимают неровности на ограниченных участках поверхности, чтобы устранить местные дефекты, обнаруживаемые при сборке. Ее осуществляют вручную слесарным зубилом, или с помощью механизированного инструмента — пневматических зубил. Погрешность размеров при обрубке 0,25...0,5 мм.

**При опиловке и зачистке** обычно применяют напильники и абразивные круги. Для мелких и точных работ используют надфили — напильники малых размеров (длиной 50...100 мм) с мелкой насечкой.

Поверхности различных деталей, которые по своим размерам и конфигурации не могут быть обработаны на металлорежущих станках или опилены обычными напильниками, обрабатывают рихтовочными напильниками. Ими обрабатывают также детали из цветных металлов и низкоуглеродистой стали. Рихтовочные напильники отличаются тем, что на них профрезерованы радиальные зубья. Глубина зуба у рихтовочных напильников больше, чем у обычных, а отношение глубины к шагу должно быть не менее 0,5. Это обеспечивает достаточный объем впадин между зубьями для размещения стружки, что также существенно влияет на улучшение качества обрабатываемой поверхности. Передний угол зуба у рихтовочных напильников составляет 3...5°. С помощью рихтовочных напильников хорошо снимаются грубые риски.

Для механизации работ по опиловке и зачистке широко применяют электрические или пневматические машинки, в патроне которых укрепляют специальные напильники или абразивные головки.

**Шабрение** в процессе сборки производят для получения ровной поверхности при пригонке сопрягаемых деталей. Хотя шабрение — трудоемкий и малопроизводительный процесс, при отсутствии специального оборудования — это один из основных способов достижения достаточной точности пригонки.

**Притирку и доводку** применяют при сборке для получения плотных соединений точных геометрических форм с высоким качеством поверхности (клапанов, сальников, втулок, кранов, плунжерных пар и др.). В качестве притирочных материалов используют пасты, например ГОИ, в состав которых вхо-

дят порошок оксида хрома (74... 81%), кремнезем, стеарин и др. Изготавливают грубые и средние пасты ГОИ для предварительной притирки и тонкие — для окончательной притирки и доводки.

Инструментом для притирки являются притиры — диски, цилиндры, конусы (подвижные притиры), плиты, бруски, трубы, кольца (неподвижные притиры), изготовленные по форме притираемых деталей. Притиры изготавливают из стекла, мелкозернистого чугуна, мягкой стали, красной меди, латуни, свинца, древесины (клен, дуб, бук).

**Сверление** отверстий чаще всего производят на вертикально-сверлильных станках. Кроме того, для этого широко используют настольные сверлильные и радиально-сверлильные станки. Однако при выполнении некоторых сборочных операций, особенно при сборке крупных машин, сверлильные работы, как правило, выполняют вручную. При ручном способе сверления отверстий обычно применяют ручные, пневматические и электрические дрели.

Пневматические дрели работают под действием сжатого воздуха (давление 0,5...0,6 МПа). Они бывают поршневые и роторные. Масса пневматических дрелей с роторным двигателем 1,5..14 кг. Их применяют для сверления отверстий диаметром 6...22 мм. Дрели с поршневым двигателем массой 12...20 кг используют для сверления отверстий диаметром 22...32 мм.

Электрические дрели экономичнее, чем пневматические, имеют реверс вращения, но более чувствительны к перегрузкам и требуют заземления.

Для удобства работы в узких и труднодоступных местах дрели снабжают специальными удлинителями, угловыми насадками и т. п.

В последнее время в производстве широко применяют высокочастотные дрели, работающие при напряжениях 72 и 36 В. Они значительно легче, меньше обычных и более безопасны в работе.

Пневматические и электрические дрели в случае необходимости могут быть установлены на специальные стойки и использованы как для сверления, так и для развертывания, нарезания резьбы и т. п.

**Нарезание резьбы** является одной из распространенных слесарных операций, выполняемых при сборочных работах, и осуществляется с помощью резьбонарезной головки и вручную.

Основными режущими инструментами для ручного нарезания резьбы в отверстиях являются метчики, а для нарезания резьбы на стержнях, болтах, винтах — винтонарезные плашки.

Наружную резьбу при сборочных работах обычно нарезают круглыми плашками за один проход с помощью воротка.

**Зачистку** базовых плоскостей в отверстиях при сборке выполняют цилиндрическими зенковками.

**Правку** деталей в процессе сборки производят для того, чтобы придать им требуемую форму перед монтажом в узлы или изделия. Правку деталей для обеспечения прямолинейности их осей в процессе сборки, как правило, не делают.

**Мойка.** Металлические опилки, кусочки стружки, остатки обтирочных материалов, абразивный порошок, попадающие в отверстия или каналы детали,

могут впоследствии при работе машины попасть вместе со смазкой в подшипники и привести к нагреву и преждевременному износу подшипников, а нередко и к выходу из строя всей машины. Для предотвращения этого детали и сборочные единицы перед сборкой следует промыть. Эту операцию выполняют в промывочных баках и шкафах, а также в механизированных моечных машинах.

Сильно загрязненные мелкие детали, особенно детали сложной конфигурации, трудно промывать с помощью обычных установок. В этих случаях применяют установки с использованием ультразвуковых колебаний. Благодаря эффекту кавитации частицы жидкости получают большую скорость и, ударяясь о поверхность детали со значительной силой, разрушают слой грязи или смазки, быстро очищая деталь.

**Сушка.** После промывки детали должны быть тщательно просушены. Обычно для этой цели используют сжатый воздух, которым обдувают детали. Сушку целесообразно проводить перед каждой сборочной операцией. Особенно тщательно необходимо продувать отверстия, пазы, канавки и прочие места, где легче всего задерживаются пыль и грязь. Для удобства обдувки каждое рабочее место сборки должно быть оборудовано постом от воздушной магистрали и гибким шлангом, оснащенным специальным устройством — пистолетом. Таким пистолетом удобно пользоваться при обдувке деталей и сборочных единиц сложной конфигурации. Удлиненный мундштук дает возможность направлять струю воздуха в различные углубления, что не всегда можно делать посредством обычного наконечника. К тому же малый диаметр ствола пистолета позволяет создать сильную струю воздуха.

## 12 СБОРКА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Резьбовые соединения в конструкциях машин составляют 15—25% от общего количества соединений. Такая распространенность объясняется их простотой и надежностью, удобством регулирования затяжки, а также возможностью разборки и повторной сборки соединения без замены детали.

Резьбовые соединения применяются для решения следующих технологических задач:

- обеспечение неподвижности и прочности сопрягаемых деталей;
- выдерживание требований прочности и герметичности;
- точности установки сопрягаемых деталей;
- регулирования взаимного положения деталей.

Трудоемкость сборки резьбовых соединений машин составляет 25—35% общей трудоемкости сборочных работ.

**Процесс сборки резьбового соединения в общем случае складывается из следующих элементов;**

- подачи деталей,
- установки их и предварительного ввертывания (наживления),
- подвода и установки инструмента,
- завинчивания и затяжки,

- отвода инструмента,
- дотяжки, шплинтовки или выполнения иного процесса, необходимого для предохранения от самоотвинчивания.

Из технологических работ в процессе завинчивания 12—17% идет на предварительное ввертывание, 18—20% на затяжку и 5—8% на дотяжку (от всего времени сборки соединения). В случае автоматической сборки все эти три элемента процесса выполняются последовательно одним инструментом. Однако при механизированном выполнении работ предварительное ввертывание часто производят вручную. Объясняется это тем, что от доброкачественности наживления зависит правильная первоначальная установка одной детали по резьбовому отверстию другой, а также возможность исключения срывов первых ниток резьбы, что нередко приводит к порче дорогостоящих корпусных деталей. Как показывает результат исследования, при механическом наживлении скорость вращения ввертываемой детали, диаметр, угол наклона и качества резьбы, а также величина осевого усилия, прикладываемого к детали, должны находиться в определенной зависимости. Ввертываемая деталь должна быть подведена к резьбовому отверстию до совпадения осей, затем необходимо создать осевое усилие для прижатия этой детали к кромке отверстия и после этого сообщить детали вращательное движение с определенной скоростью, величина которой обратно пропорциональна диаметру резьбы.

Примерно 80% энергии, расходуемой на весь процесс навинчивания, затрачивается на преодоление сил трения и около 20% на затяжку. Собираемость винтовых или болтовых соединений зависит от точности или достаточности зазоров между винтом (болтом) и соответствующими поверхностями скрепляемых деталей. Это определяется путем расчета размерных цепей соединений.

***Неподвижность шпильки, ввинченной в корпус, достигается натягом, создаваемым обычно одним из трех способов:***

- коническим сбегом резьбы ;
- упорным буртом;
- тугой резьбой с натягом по среднему диаметру.

При первом способе шпилька завинчивается достаточно свободно в гнездо вплоть до сбega, а при дальнейшем ее вращении в витках сбega возникают расклинивающие силы, создающие необходимый натяг.

Стабильность такого соединения зависит преимущественно от механических характеристик материалов корпуса и шпильки, угла сбega резьбы и момента завинчивания шпильки. Для стальных шпилек и корпусов из алюминиевых и магниевых сплавов угол сбega обычно составляет 20°. При стальных корпусах для повышения усталостной прочности и большей неподвижности соединения угол сбega уменьшают.

Этот способ постановки шпилек имеет существенные недостатки, состоящие в том, что расклинивающее действие нередко вызывает чрезмерное смятие начальных витков резьбы в отверстии и микроскопические радиальные трещины, особенно если базовая деталь чугунная. Поэтому, как свидетельствует опыт, использование сбega резьбы рационально лишь в соединениях, не не-

сущих особенно больших нагрузок и не подверженных вибрациям. Натяг, созданный упором бурта в базовую деталь, не имеет этого недостатка, но постановка таких шпилек, как и в первом случае, весьма усложняется при механизированной и тем более автоматизированной сборке, так как крутящий момент в конце завинчивания резко увеличивается, что может привести к поломке инструмента

В третьем случае неподвижность соединения достигается за счет натяга по среднему диаметру (радиальный натяг) всех витков.

В конструкциях машин применяются болтовые и винтовые соединения, собираемые без затяжки с предварительной затяжкой. Область использования соединений первого типа крайне ограничена, соединения же второго типа распространены чрезвычайно широко.

Предварительная затяжка соединений при сборке играет существенную роль в повышении долговечности работы сборочных единиц или машины и должна быть такой, чтобы упругие деформации деталей соединения при установившемся режиме работы машины или механизма находились в определенных пределах, обусловленных конструктивными особенностями.

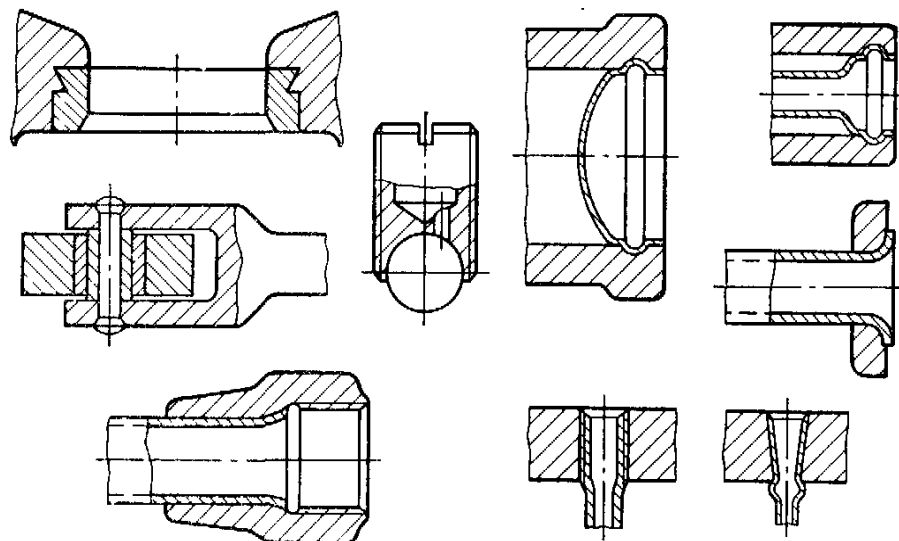
Степень предварительной затяжки болта или винта зависит от сил, нагружающих соединение.

### 13 СБОРКА НЕПОДВИЖНЫХ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В конструкциях машин неподвижные неразъемные соединения имеют широкое применение. Разборка этих соединений обычно связана с нарушением состояния сопрягаемых поверхностей, а нередко и с порчей одной или нескольких деталей сборочной единицы. Лишь некоторые виды из них, так называемые условно неразъемные, могут быть разобраны, но число разборок строго ограничивается.

Конструктивных разновидностей неподвижных неразъемных соединений чрезвычайно много. ***Большинство из них может быть отнесено к одной из трех групп:***

- соединения с силовым замыканием, относительная неподвижность деталей в которых обеспечивается механическими силами, возникающими в результате пластических деформаций;
- соединения с геометрическим замыканием, осуществляемым благодаря форме сопрягаемых деталей;
- соединения, в основе которых лежат молекулярные силы: сцепления или адгезия (рисунок 30).



*Рисунок 30 - Примеры соединений, осуществляемых способом пластической деформации.*

К наиболее распространенным в машиностроении относятся соединения с гарантированным натягом, сварные, паяные, склеиваемые и заклепочные. По способу получения нормальных напряжений на сопрягаемых поверхностях соединения с гарантированным натягом условно делят на поперечно-прессовые и продольно-прессовые.

**В поперечно-прессовых соединениях** сближение сопрягаемых поверхностей происходит радиально или нормально к поверхности; такие соединения осуществляют одним из следующих способов:

- нагреванием охватывающей детали перед сборкой;
- охлаждением охватываемой детали;
- путем пластической деформации (например, развальцовки);
- приданием упругости охватываемой детали.

При продольно-прессовом соединении охватываемая деталь под действием прикладываемых вдоль оси сил запрессовывается в охватываемую с натягом, в результате чего возникают силы трения, обеспечивающие относительную неподвижность деталей.

Сборку с нагревом охватывающей детали осуществляют чаще всего в тех случаях, когда в соединении предусмотрены конструкцией значительные натяги. При тепловых посадках создаются натяги, средняя величина которых примерно в 2 раза больше натягов при обычных посадках.

Нагрев применяют при сборке тяжело нагруженных соединений, требующих высокой прочности, а также когда охватывающая деталь выполнена из материала, имеющего высокий коэффициент линейного расширения, а соединение подвергается в машине воздействию повышенных температур. Если такое соединение собрать без нагрева, то в процессе эксплуатации прочность его, очевидно, значительно снизится. Нередко нагрев деталей применяют и при сравнительно небольших натягах. Тогда это облегчает процесс сборки и способствует сохранению качества поверхностей сопрягаемых деталей.

В одних и тех же условиях прочность тепловых посадок при передаче крутящего момента в 2—3 раза больше прочности обычных посадок.

Объясняется это тем, что при тепловых посадках микронеровности сопрягаемых поверхностей не сглаживаются, как при холодной запрессовке, а как бы сцепляются друг с другом. Время на запрессовку крупногабаритных деталей с нагревом или охлаждением сокращается в 2—4 раза. Кроме того, часто упрощается и удешевляется сборочное оборудование, ибо отпадает надобность в тяжелых прессах. Пластическую деформацию используют при сборке соединений, натяг в которых создается радиальным расширением охватываемой или сжатием охватывающей детали.

***Основное назначение соединений, получаемых таким способом, — обеспечить неподвижность и герметичность от проникновения газов или жидкостей.*** Они относятся к числу редко демонтируемых, так как их разборка во многих случаях сопровождается порчей одной или обеих деталей. В конструкциях машин соединения этого типа имеют большое распространение

Распространенными видами пластической деформации, используемыми в конструкциях машин для создания неподвижности и плотности, являются вальцевание, раздача, бортование, осадка, формирование, обжатие.

Пластическую деформацию используют при сборке соединений, натяг в которых создается радиальным расширением охватываемой или сжатием охватывающей детали. Трудоемкость сборки их составляет 10—12% от общей трудоемкости сборочных работ.

Процесс сборки продольно-прессовых соединений состоит в том, что к одной из двух деталей, охватываемой или охватывающей, прикладывается осевая сила надвигающая детали друг на друга. Сила запрессовки растет от нуля до некоторого максимального значения (рисунок 31).

Охватываемая деталь имеет наружный диаметр больший, чем диаметр отверстия охватывающей детали, и соединение их при относительном продольном перемещении в процессе сборки происходит с деформированием металла (явления механического и молекулярного характера), в результате чего на поверхности контакта возникают значительные нормальные давления и силы трения, которые препятствуют сдвигу этих деталей. Необходимость в дополнительных конструктивных креплениях деталей в таких соединениях обычно отпадает (рисунок 32).



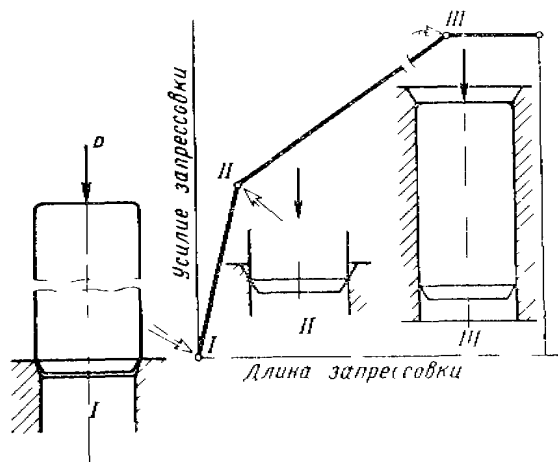


Рисунок 31- Теоретическая диаграмма запрессовки: I - ориентация деталей; I-II - наживление; II-III – запрессовка

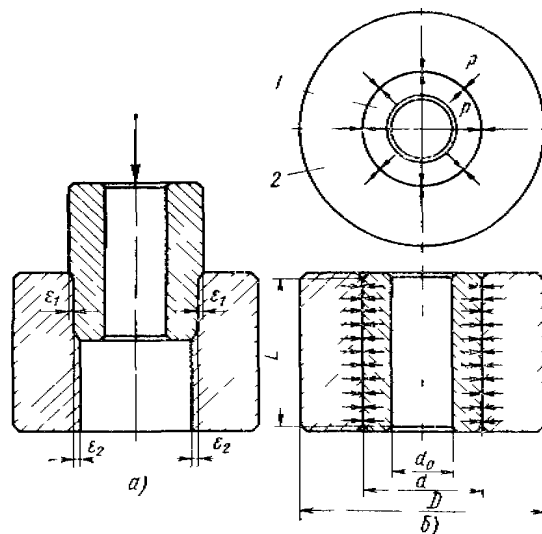


Рисунок 32 – Схема продольно-прессового соединения

Способность прессовых соединений выдерживать значительные нагрузки зависит от натяга.

Требуемый для данного соединения натяг определяется в процессе конструирования сборочной единицы при расчете посадок. В настоящее время для повышения долговечности и надежности соединений расчет посадок ведут по наибольшему допустимому натягу, что увеличивает прочность соединения.

Вследствие натяга на поверхности контакта возникает удельное давление, величина которого определяет характер деформации охватываемой и охватывающей деталей. Эти деформации могут быть либо упругими для обеих деталей, либо упругими для одной из них и упругопластическими для другой.

Необходимо отметить, что величина натяга в продольно-прессовых соединениях влияет также на износостойкость деталей. В частности, возникающие в напрессованных на вал или запрессованных в корпус кольцах тангенциальные напряжения растяжения и сжатия способствуют уменьшению износа этих деталей.

По мере уменьшения шероховатости посадочных поверхностей деталей, выполненных из одного и того же материала, диаметры отверстия и вала изменяются меньше. При равных условиях абсолютные значения этих изменений у деталей из разнородных материалов больше, чем из однородных.

Операции запрессовки втулок, особенно с тонкими стенками, во избежание их деформации целесообразно выполнять с помощью оправок, центрирующихся в отверстии (рисунок 33 а). Нижняя часть стержня 1 оправки имеет диаметр, равный диаметра отверстия, в которое должна быть запрессована втулка.

В ряде случаев направление детали при запрессовке удобно придавать путем базирования охватывающей и охватываемой детали на оправках приспособ-

соблюдения (рисунок 33 б) или у специальной направляющей стойке (рисунок 33 в).

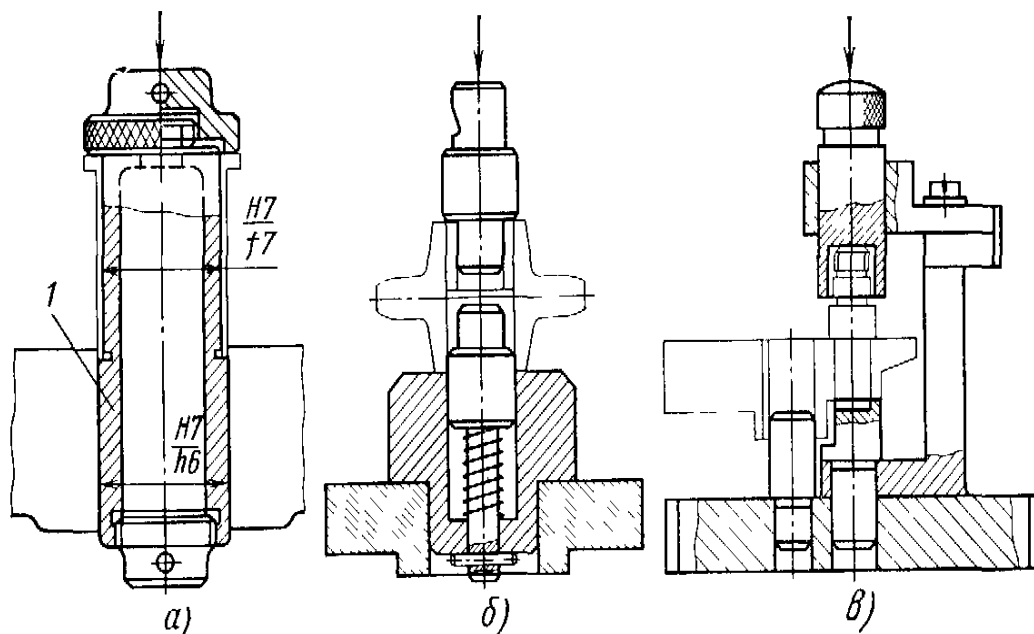


Рисунок 33 – Приспособление для направления деталей при запрессовке и выпрессовке

## 14 СБОРКА ИЗДЕЛИЙ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ.

Шариковые и роликовые подшипники качения получили особенно широкое применение в машиностроении. Надежная работа таких подшипников может быть обеспечена при условии строгого соблюдения правил их сборки.

**Качественная сборка шариковых и роликовых подшипников** в значительной степени влияет на работоспособность и точность машины. **Главные задачи при сборке таких узлов следующие:** избежать перекосов наружных и внутренних колец, снабдить движущиеся детали подшипника доброкачественной смазкой, предохранить подшипники и смазку от грязи, стружки и абразивной пыли. Если эти условия не соблюдаются, подшипниковые узлы в эксплуатации быстро нагреваются, шарики (ролики, иглы) отпускаются, в результате чего узел теряет работоспособность. Поэтому при сборке шариковых и роликовых подшипников следует соблюдать следующие правила:

- нельзя открывать упаковку подшипника до установки его на место;
- при установке надо промыть подшипник смесью бензина и 6 %-го машинного масла;
- необходимо высушить подшипник в струе воздуха;
- подшипник надо смазать перед установкой на место свежей смазкой того состава, который требуется по техническим условиям.

Чтобы не было перекосов колец при посадке на место, рекомендуется применять нагрев либо охлаждение соответствующих колец (при разборных подшипниках) или целых, неразборных, подшипников.

При посадке на вал внутреннее кольцо нагревают в масляной ванне в течение 15 - 20 мин до температуры, определенной расчетом. При посадке наружного кольца в корпус кольцо или подшипник охлаждают в термостате с твердой углекислотой до температуры  $(-70^{\circ}) - (-75^{\circ}\text{C})$  в течение 15 - 20 мин.

При запрессовке подшипника качения размер его колец изменяется: внутреннее кольцо увеличивается, а наружное уменьшается. Эти изменения вызывают уменьшение диаметрального зазора между рабочими поверхностями колец и шариков.

Вращающееся или внутреннее кольцо подшипника, сопряженное с цапфой вала, должно иметь посадку с натягом, а наружное — с небольшим зазором так, чтобы кольцо имело возможность во время работы незначительно провертываться.

При установке в узле двух или нескольких подшипников необходимо обеспечить самоцентрирование неподвижных колец в радиальном и осевом направлениях. Это позволит компенсировать возможные неточности обработки, сборки и температурных деформаций базовых деталей. Несоблюдение этого правила может привести к перекосам подшипников и заклиниванию шариков.

На рисунке 34 показаны приспособления для запрессовки подшипников.

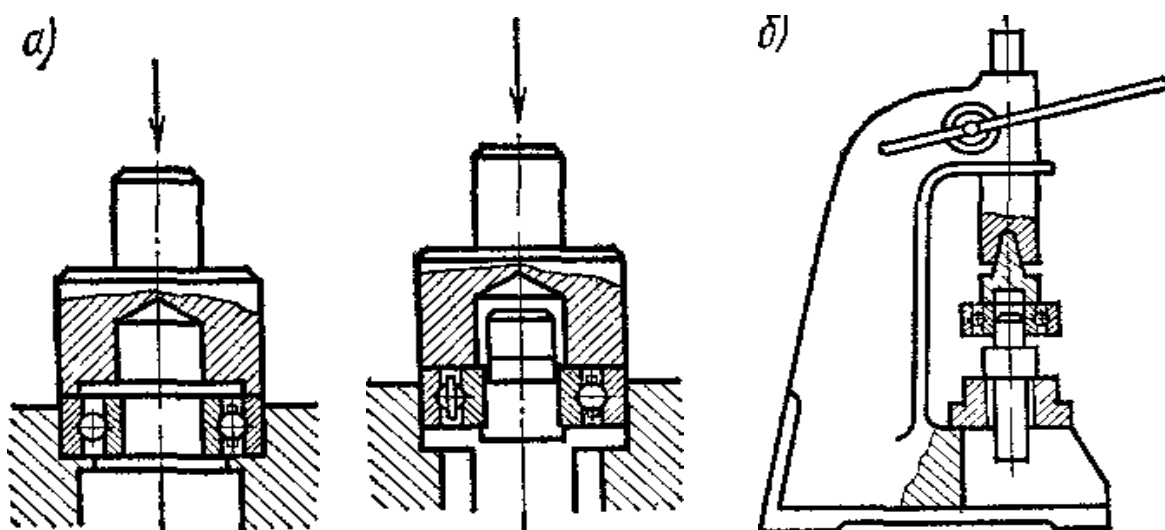


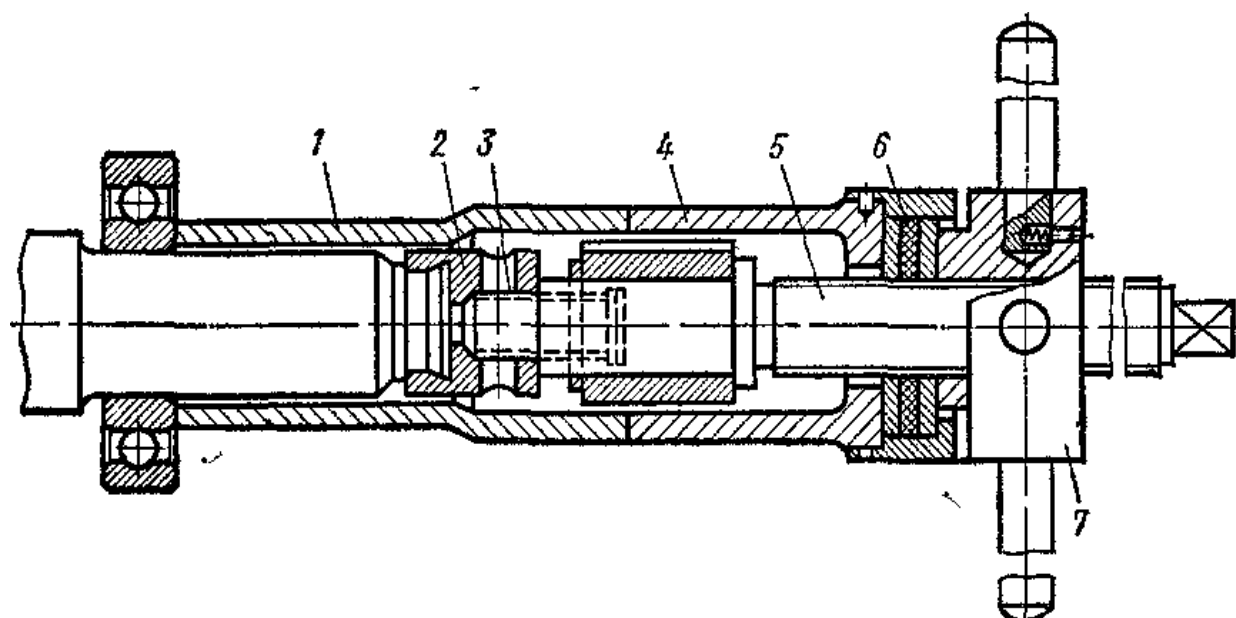
Рисунок 34 - Запрессовка подшипников  
а - с помощью оправок, б - на прессе

При запрессовке подшипников качения с помощью оправок необходимо, чтобы усилие запрессовки передавалось непосредственно на торец соответствующего кольца: внутреннего при напрессовке на вал, наружного при запрессовке в корпус и на оба торца колец, если подшипники одновременно напрессовываются на вал и входят в корпус.

При установке подшипника на коротком валу запрессовку можно производить, прикладывая осевое усилие к валу. При установке подшипников на валу, конец которого имеет резьбу, ее целесообразно использовать как опорную базу для приспособления (рисунок 35).

Через переходную гайку 2 и хвостовик 3 винт 5 соединяется с резьбовым концом вала. Осевое усилие для напрессовки создается гайкой 7 со штурвалом. Через упорный подшипник 6, стакан 4 и втулку 1 оно передается на кольцо монтируемого шарикоподшипника. После запрессовки особенно при сборке точных подшипниковых узлов, необходимо проверить зазоры при помощи индикаторов.

Регулировка радиального зазора в коническом роликовом подшипнике производится смещением наружного или внутреннего кольца в осевом направлении регулировочным винтом или гайкой или путем подбора соответствующего комплекта бумажных прокладок. Срок службы подшипников качения зависит в значительной мере от степени предохранения их от грязи и пыли. Поэтому после их сборки производится установка прокладок, предохраняющих подшипник от попадания в их рабочую зону пыли и влаги для задержания смазки.



*Рисунок 35 - Переносное винтовое приспособление для напрессовки подшипников на вал*

Неправильно установленный зазор в коническом роликовом подшипнике может вызывать преждевременный его износ.

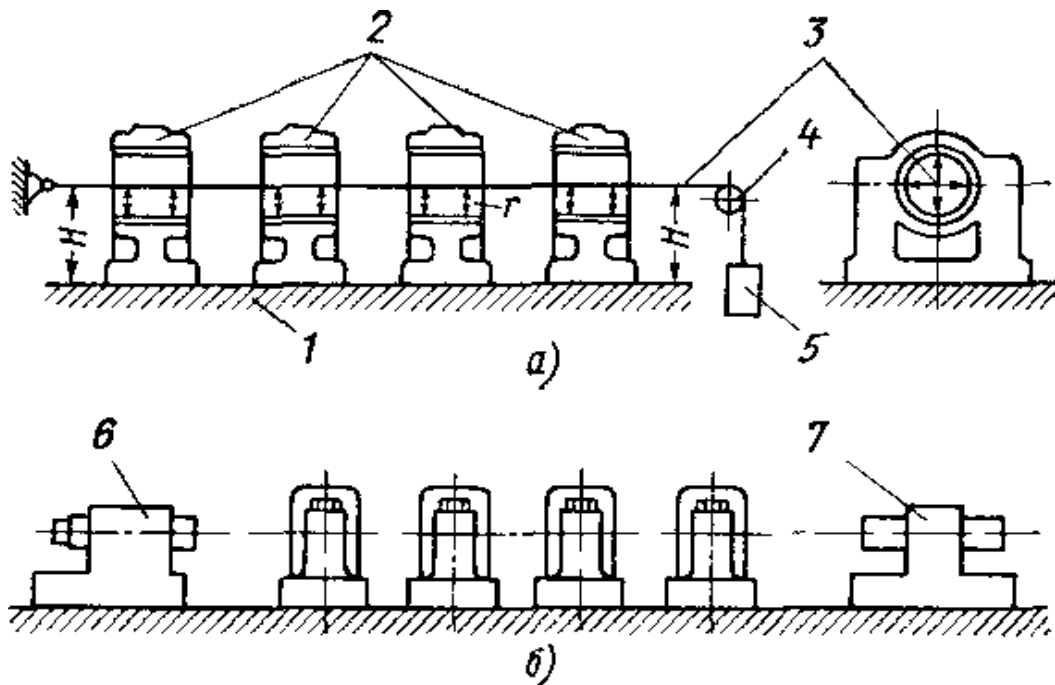


Рисунок 36. Схемы проверки соосности подшипников:

*а — при помощи струны; б — оптическим методом; 1 — корпус; 2 — подшипники; 3 струна; 4 ~ ролик; 5 — груз; 6 ~ коллиматор; 7 — телескоп*

Процесс сборки подшипников скольжения состоит из их установки, пригонки, укладки вала и регулирования опор. Сборку разъемных тонкостенных подшипников скольжения обычно начинают с пригонки их по шейкам вала. Затем изготавливают смазочные канавки, если они не были изготовлены заранее на станке и производят сборку подшипника. На рисунке 36 показаны схемы проверки соосности подшипников.

## 15 СБОРКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления составляют в конструкциях машин и механизмов 75—80% общего количества передач. Некоторые распространенные способы закрепления зубчатых колес на валах показаны на рисунке 37. **Наиболее употребительными из них являются первые четыре способа, при этом первый способ — в единичном и мелкосерийном производствах, а второй и третий — в крупносерийном и массовом.**

В конструкциях машин и механизмов наиболее широко распространены зубчатые передачи со следующими видами колес:

цилиндрическими — прямозубыми, косозубыми, шевронными, винтовыми и коническими — с прямыми, криволинейными и косыми зубьями. Червячные передачи применяют с цилиндрическим (архимедовым) и глобоидными червяками.

Для зубчатых цилиндрических и конических передач, а также червячных передач государственными стандартами устанавливается двенадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности степенями 1—12.

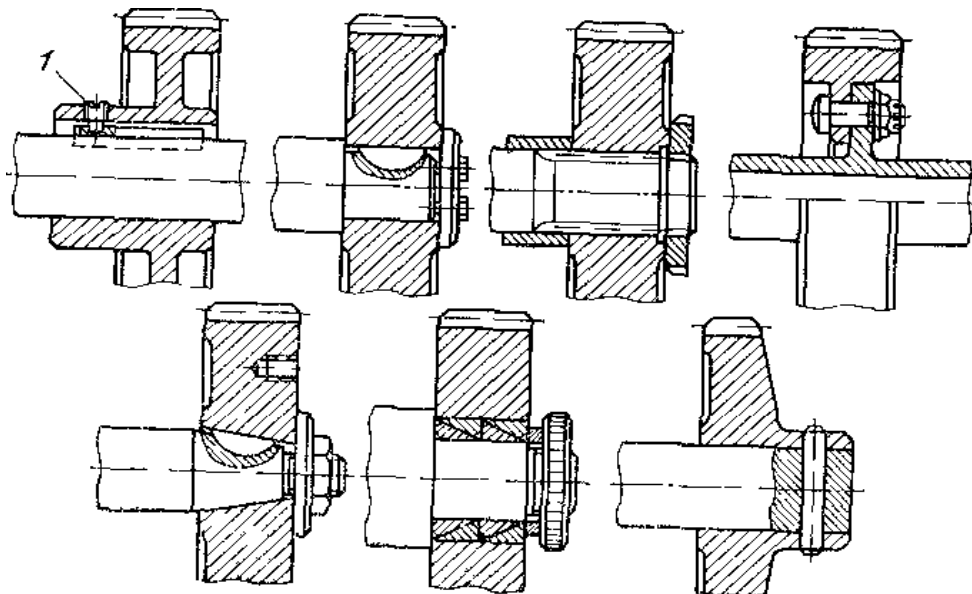


Рисунок 37 - Крепление зубчатых колес на валах

Для каждой степени точности зубчатых передач государственным стандартом установлены нормы: кинематической точности колеса, плавности работы колеса и контакта зубьев. **Нормы кинематической точности** определяют полную погрешность угла поворота зубчатых колес за оборот.

**Нормы плавности работы** колеса определяют величину составляющих полной погрешности угла поворота зубчатого колеса.

**Нормы контакта зубьев** определяют точность соблюдения относительных размеров пятна контакта сопряженных зубьев колес в передаче. **Независимо от степени точности колес и передач устанавливают нормы бокового зазора.**

Основными являются величины минимального гарантированного бокового зазора, обеспечивающего компенсацию уменьшения бокового зазора от нагрева передачи при разности температур зубчатой передачи и корпуса  $25^\circ$  и равенстве коэффициентов линейного расширения. Нормы гарантированного бокового зазора можно изменять.

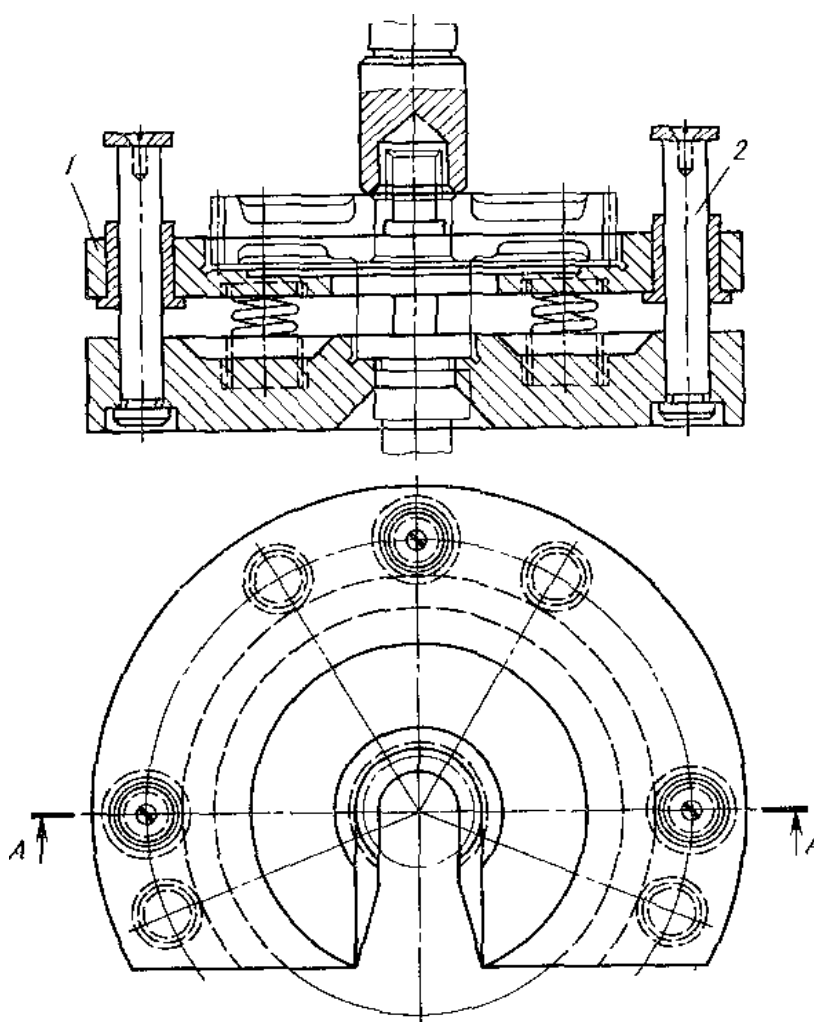
Важным фактором, определяющим эксплуатационное качество зубчатой передачи, является боковой зазор между зубьями колес. Боковой зазор измеряется для цилиндрических колес в сечении, перпендикулярном к направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрам, для конических — по нормали к поверхностям зубьев у большего основания делительного конуса.

Зазор в зацеплении является необходимым для компенсации возможных ошибок в размерах зубьев, неточности расстояния между осями зубчатых колес, изменения размеров и формы зубьев при нагреве в процессе работы передачи. Но вместе с этим зазор является причиной возникновения ударов и дополнительного износа зубьев при работе зубчатых колес, а также причиной появления в передаче так называемого мертвого хода, когда отклонение на некоторый угол ведущего зубчатого колеса не вызывает поворота ведомого. Таким образом, зазор в зацеплении должен быть таким, чтобы при работе передачи не

произошло заклинивания зубьев, не нарушилась плавность вращения и в то же время мертвый ход был возможно меньше.

Установку колес производят посредством пресса (рисунок 38) или же вручную при помощи специальной мягкой оправки и молотка. Последний способ применяют в мелкосерийном производстве лишь для зубчатых колес малого размера, термически не обработанных, монтируемых с небольшими натягами. Зубчатые колеса большого размера, термически обработанные, а также устанавливаемые со значительными натягами, следует напрессовывать только посредством пресса, с применением специальных приспособлений. Примером таких приспособлений могут быть пневматические или гидравлические скобы.

Основным требованием, предъявляемым к приспособлениям, является обеспечение точного направления напрессовываемого зубчатого колеса и, таким образом, устранение перекоса его на посадочной шейке.



*Рисунок 38 - Напрессовка зубчатых колес на вал при помощи пресса и приспособления*

При больших диаметрах зубчатых колес целесообразно при напрессовке применять приспособления с направляющими планками или стержнями. В таком приспособлении (рисунок 38) зубчатое колесо устанавливают или укреп-

ляют на упорной доске 1, которая движется по направляющим стержням 2. В результате этого осуществляют точное центрирование колеса при запрессовке, особенно в начале ее.

В ряде случаев воспользоваться универсальными прессами не представляется возможным, например, при установке зубчатых колес на длинных валах. Тогда целесообразно для напрессовки применить специальные несложные установки, имеющие привод от пневматической сети, насосных станций или пневмогидравлических устройств.

Точность сборки смонтированного на валу зубчатого колеса оценивают при контроле сборочной единицы с помощью индикатора (рисунок 39).

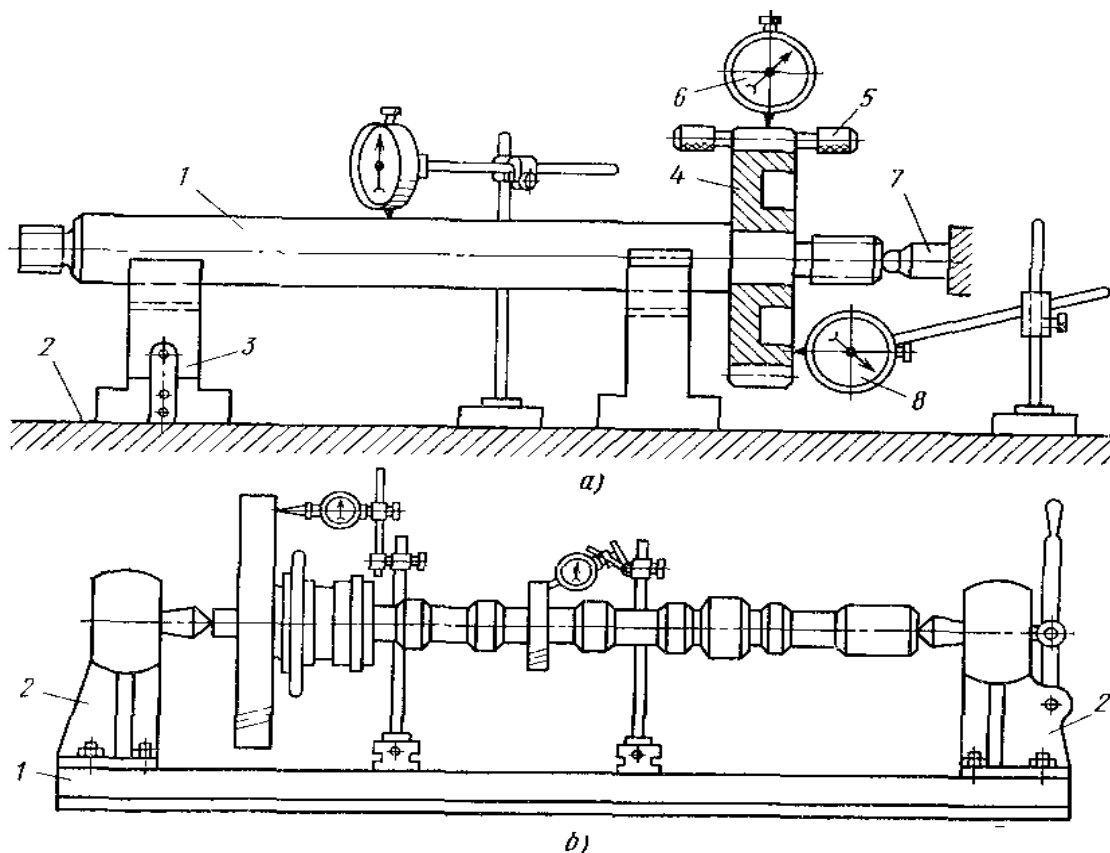


Рисунок 39 - Контроль на биение узла зубчатое колесо — вал:  
а—на призмах; б — и центрах

Для этого вал 1 устанавливают на плите 2 на призмы и изменением высоты регулируемой призмы 3 добиваются параллельности оси вала плоскости плиты. После этого сверху между зубьями колеса 4 помещают цилиндрический калибр 5 диаметром  $1,68m$  ( $m$  — модуль), на который устанавливают ножку индикатора 6.



## 16 СБОРКА ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Эти передачи обычно начинают собирать со сборочной единицы червячного колеса, т. е. при отдельно выполненных зубчатых венцах (рисунок 40) — со сборки венца со ступицей. Венец напрессовывают с помощью пресса или в приспособлении на ступицу (рис. 40 а) в холодном, чаще в подогретом состоянии до упора в бурт 1. Затем сверлят отверстия и нарезают в них резьбу для стопоров, ввертывают стопоры с последующим раскерниванием их. При сверлении отверстий под стопоры оси их смещают на 1—2 мм к оси колеса относительно поверхности сопряжения, с тем, чтобы исключить увод сверла. Стопор в виде винта под ключ (рис. 40 б) более рационален, так как затяжка его надежнее. Посадку в сопряжении венца со ступицей выбирают такой, чтобы при насаживании венец не деформировался. После этого колесо проверяют на биение венца в центрах на оправке.

При креплении венца болтами (рис. 40 в) его вначале подбирают по пояску ступицы для обеспечения необходимой посадки. Затем для точных тяжело нагруженных передач венец устанавливают на ступицу так, чтобы центры отверстий под винты совпадали в обеих деталях, и закрепляют тремя временными болтами (рис. 40 в). В таком виде проверяют зубчатые колеса на биение. Далее развертывают остальные отверстия, устанавливают в них болты и предельным ключом затягивают гайки. Затем снимают поставленные вначале временные болты, также развертывают отверстия, устанавливают и затягивают рабочие болты.

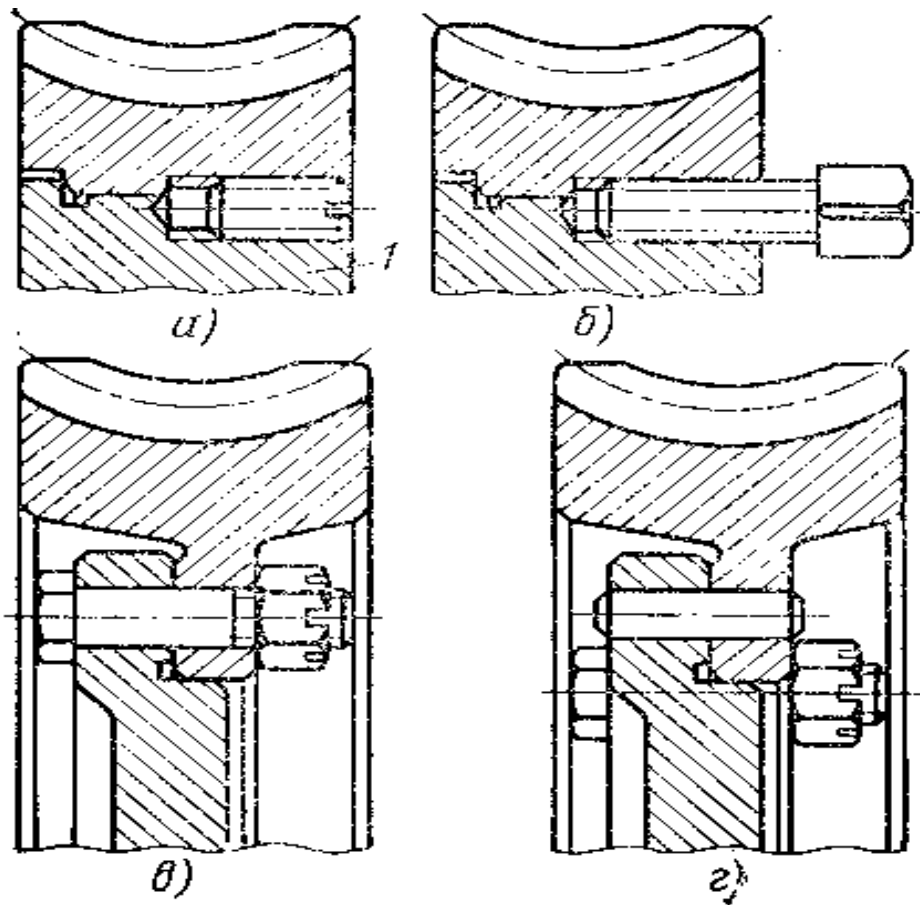
В конструкции, показанной на (рис. 40 г), после установки венца на ступицу развертывают отверстия под штифты (2—3 шт.) и запрессовывают последние. Болты в этом случае входят в отверстия с зазорами, гайки затягиваются предельным ключом.

Монтаж червячных зубчатых колес на валах и проверку их осуществляют так же, как и в случаях сборки обычных цилиндрических зубчатых колес.

Существенным при сборке червячных передач является обеспечение правильного зацепления червяка с зубьями колеса.

Контроль межосевого расстояния в корпусе и на перекося осей отверстий производят после их растачивания, а при скользящих подшипниках — после запрессовки втулок с помощью контрольных валов, эталонного колеса, измерительного червяка и специальных шаблонов.

Проверка межосевого расстояния посредством контрольных валов и микрометрических приборов обеспечивает точность измерения до 0,01 мм. Шаблоном и щупом межосевое расстояние может быть измерено с точностью до 0,02 мм.



*Рисунок 40 - Сборные червячные колеса*

Важным фактором, характеризующим работоспособность червячной передачи, является совпадение оси червяка со средней плоскостью колеса. Смещение средней плоскости колеса может быть проконтролировано по пятну контакта. Последнее представляет собой часть боковой поверхности зуба червячного колеса, на которой располагаются следы краски при сопряжении его с парным червяком, после вращения передачи, при легком торможении. Краску наносят на винтовую поверхность червяка, после чего он вводится в зацепление с зубчатым колесом. Последующим медленным поворотом червяка получают отпечатки на зубьях червячного колеса (рисунок 41 а), по характеру которых судят о качестве зацепления.

Относительные размеры пятна определяются: по длине – отношениям расстояния между крайними точками следов прилегания, за вычетом разрывов, превышающих величину модуля (рисунок 41 б).

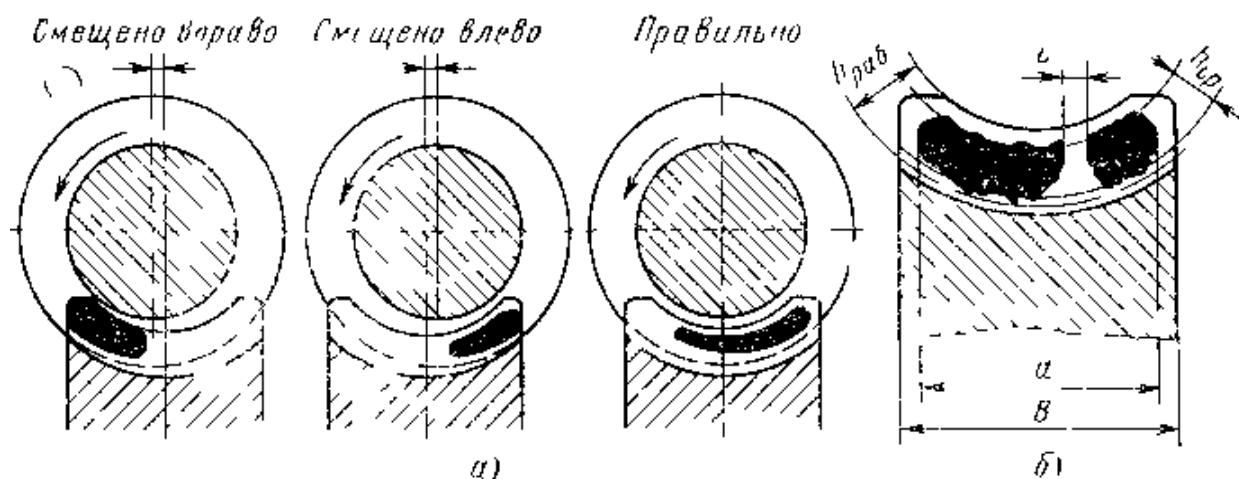


Рисунок 41 - Виды отпечатков на зубьях червячного колеса при проверке зацепления на краску

При правильном зацеплении червяка краска должна покрывать поверхность зуба червячного колеса не менее чем на 60—70% по длине и высоте.

В собранном червячном зацеплении контролируют величину бокового зазора между сопряженными боковыми поверхностями витка червяка и зубьев колеса, обеспечивающего свободный поворот червячного колеса при неподвижном червяке. Этот зазор определяется в линейных величинах по нормали к боковым поверхностям.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин А.А. Технология машиностроения. - Л.: Машиностроение 1985. - 496 с.
2. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. - М.: Высшая школа, 1986. - 534 с.
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.
4. Дерябин А.Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ-М.: Машиностроение, 1984. –224 с.
5. Картавов С.А. Технология машиностроения. - Киев.: Выща школа, 1984. - 272 с.
6. Корсаков В.С. Основы технологии машиностроения - М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
7. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1969. – 559 с.
8. Новиков Н.П. Основы технологии сборки машин и механизмов - М.: Машиностроение, 1980. –592 с.

**Учебное издание**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ: “ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН”**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
7.090202: “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”**

Составители: Ковалевский Сергей Вадимович,  
Косенко Анатолий Григорьевич,  
Онищук Сергей Григорьевич,  
Ямпонец Николай Григорьевич,  
Борисенко Юрий Борисович.

Подписано в печать  
Офсетная печать усл. печ. л.

Формат 60х84/16  
уч. изд.л.

Тираж 100 экз.      Заказ №

ДГМА, 343913, г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72 .