

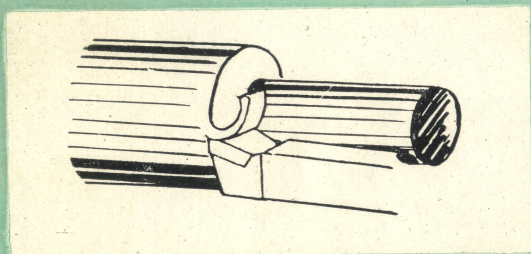
БИБЛИОТЕЧКА



ТОКАРЯ - НОВАТОРА

Выпуск 7

Г. А. БРЕЙКИН, Е. И. ПАЗЮК



**ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ
НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ
СТАНКАХ**

МАШГИЗ



ВЫПУСК 7

Г. А. БРЕЙКИН, Е. И. ПАЗЮК

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

*Под общей редакцией
канд. техн. наук доц. М. А. АНЦЕРОВА*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1958 ЛЕНИНГРАД

В серии брошюр второго издания библиотечки токаря-новатора в обобщенном и систематизированном виде излагаются последние достижения в области оборудования и технологии токарной обработки.

Со времени выхода в свет первого издания библиотечки (1953 г.) в практику токарной обработки внесено много нового (гидравлические копировальные супорты, улучшенные конструкции приспособлений, новые приемы обработки и т. д.), в связи с чем материал был подвергнут коренной переработке. Кроме того, заново написаны брошюры по обработке деталей на крупных токарных и токарно-карусельных станках.

Библиотечка рассчитана на квалифицированных токарей; она может также служить пособием для слушателей курсов повышения квалификации и учащихся технических и ремесленных училищ.

Все выпуски библиотечки (перечень см. в конце брошюры) написаны членами Технологического комитета Ленинградского областного правления НТО Машпрома.

В настоящем выпуске рассматриваются основные модели крупных токарных станков; типовые детали, обрабатываемые на этих станках, и виды заготовок для них; методы обработки, технологическая оснастка и режимы резания, применяемые токарями-новаторами.

Редактор канд. техн. наук *А. С. АЗАРОВ*

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Главный редактор инж. *С. А. БОЛЬШАКОВ*

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Основными видами обработки на крупных токарных станках являются: обтачивание, растачивание, нарезание резьбы, подрезание и отрезание.

С помощью приспособлений и специальных устройств круг работ, выполняемых на этих станках можно расширить. Применяются, например, приспособления для фрезерования шпоночных пазов, для наружного и внутреннего шлифования, а также используются устройства для накатывания поверхностей вращения роликами, для суперфиниширования и обработки сложных поверхностей по копирам.

Целесообразность применения тех или иных устройств определяется в конечном счете снижением себестоимости обработки при обеспечении заданной точности и чистоты поверхностей.

На крупных токарных станках обработка деталей производится в центрах, в патроне (одном или двух), в патроне с подерживанием задним центром и, при необходимости, с опорой на люнет. Токарные операции или переходы (проходы) делятся на обдирочные, черновые, получистовые и чистовые.

I. Характерные детали, обрабатываемые на крупных токарных станках

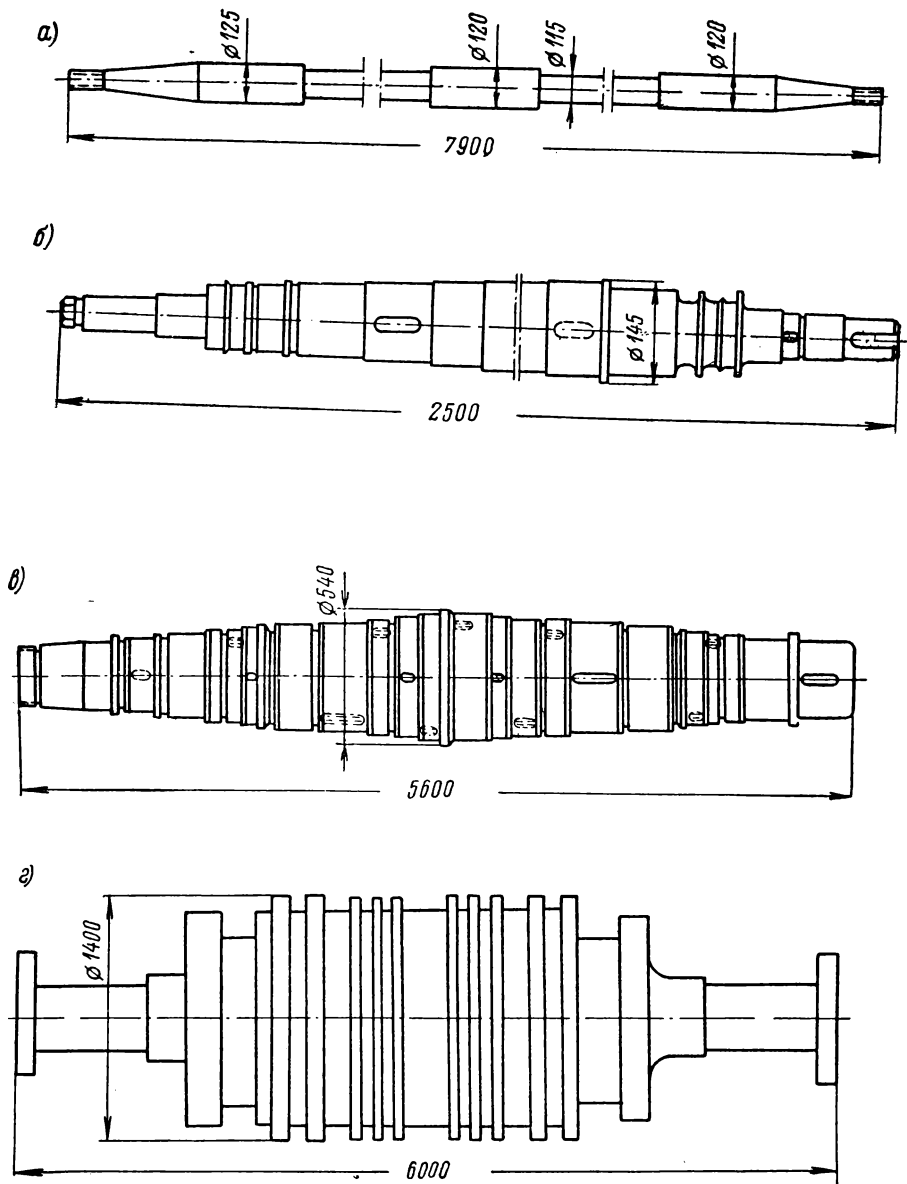
Все детали, обрабатываемые на крупных токарных станках, можно разделить на три группы.

В первую группу входят валы цельные и пустотелые, вторая объединяет диски и втулки, третья группа содержит различного вида барабаны и цилиндры.

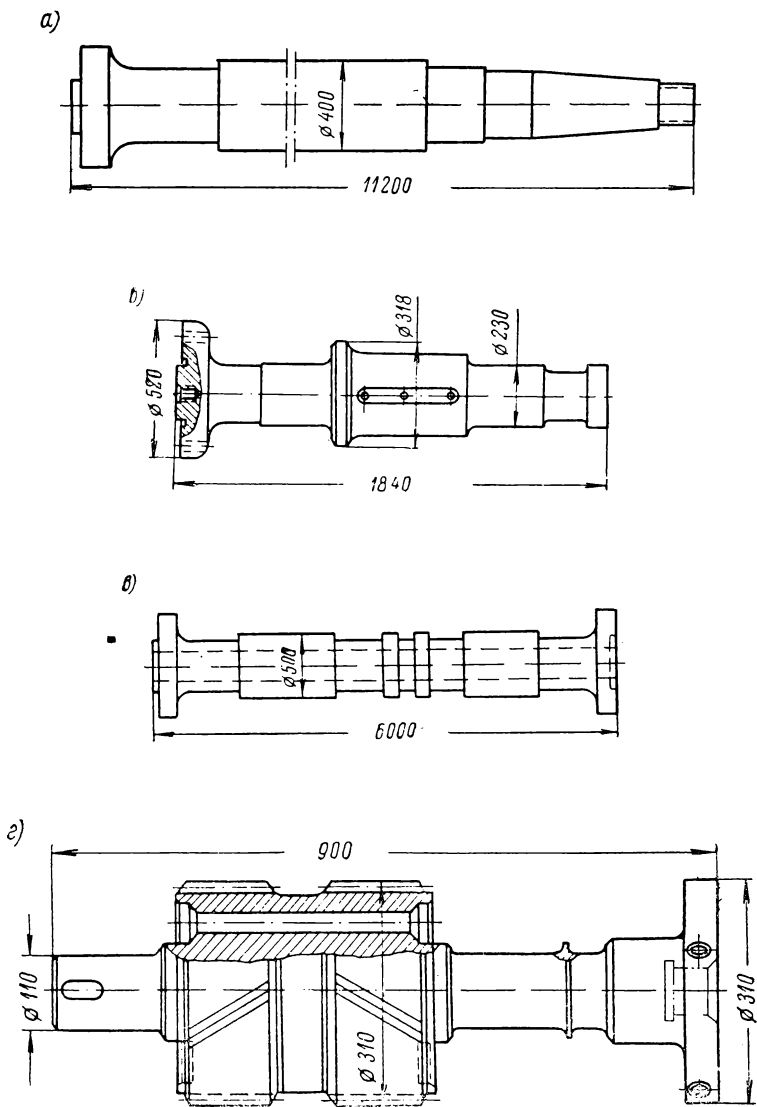
Разновидностями валов являются:

- 1) цельнокованные роторы;
- 2) многоступенчатые валы;
- 3) валы, имеющие развитые конические поверхности и резьбы;
- 4) фланцевые валы;
- 5) валы-шестерни;
- 6) коленчатые валы.

Некоторые характерные конструкции валов указанного типа представлены на фиг. 1 и 2.



Фиг. 1. Конструкции ступенчатых валов: а — нежесткого; б — полужесткого; в, г — жесткого.

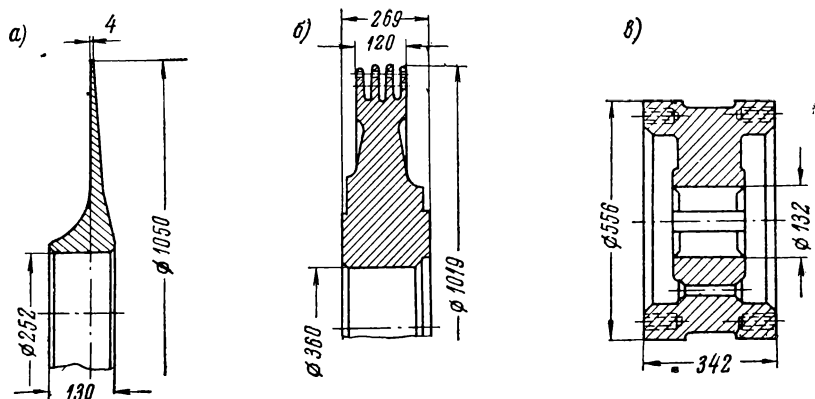


Фиг. 2. Конструкции фланцевых валов: а — однофланцевый полужесткий; б — однофланцевый жесткий; в — двухфланцевый жесткий; г — однофланцевый вал-шестерня.

Одной из важнейших конструктивных и технологических характеристик крупных валов является их жесткость. Степень жесткости вала обычно оценивается значением отношения длины его L к диаметру D .

Валы относятся к жестким, если $\frac{L}{D} < 12$; при $\frac{L}{D} = 12 \div 35$ валы являются полужесткими, а при $\frac{L}{D} > 35$ — нежесткими.

Наибольшее количество крупных валов, встречающихся в машинах, относится к разряду жестких (фиг. 1, *в* и *г*; 2, *б* и *в*) и полужестких (фиг. 1, *б* и 2, *а*). Такие валы обычно имеют диаметры



Фиг. 3. Конструкции дисков и втулок: *а, б* — диски; *в* — втулка.

до 500—600 мм и длины до 5000—6000 мм. Конструкция нежесткого вала показана на фиг. 1, *а*. Реже встречаются валы диаметром до 1400—1500 мм при длине 10 000—15 000 мм, а также и валы, длина которых достигает 20 000—25 000 мм.

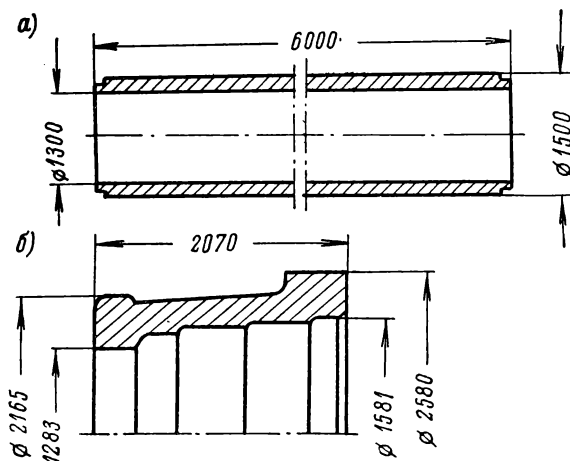
Разновидности втулок и дисков также отличаются большим разнообразием конструктивных форм. Характерные представители этой группы деталей показаны на фиг. 3. Как видно из фигуры, детали отличаются наличием сложных наружных и внутренних концентрических поверхностей.

Детали типа барабанов (фиг. 4) имеют отверстия сравнительно большого диаметра при незначительной толщине стенок.

Требования, предъявляемые к точности размеров и чистоте обрабатываемых поверхностей рассмотренных деталей, чрезвычайно разнообразны. Так, например, базовые шейки валов обрабатываются по 2—3-му классам точности и 8—9-му классам чистоты; прочие поверхности — по 4—7-му классам точности и 5—7-му классам чистоты.

Допустимое биение шеек валов 0,02—0,03 мм; овальность и конусность 0,015 мм.

Точность при обработке шеек валов специального назначения нередко 1-го или 2-го класса. Допускаемое смещение оси центрального отверстия относительно наружных поверхностей вала обычно не более 0,3—1,0 мм.



Фиг. 4. Конструкции цилиндров и барабанов:
а — барабан; б — цилиндр.

Валы и барабаны обрабатываются на центровых токарных станках; диски и втулки — на токарных и токарно-лобовых. В некоторых случаях диски и барабаны обрабатываются на карусельных станках.

2. Виды заготовок и требования, предъявляемые к ним

Заготовки деталей, обрабатываемые на крупных токарных станках, изготавливаются из проката, поковок или литья, а также в виде металлоконструкций, главным образом, сварных.

Валы диаметром до 190 мм обычно изготавливаются из проката и, реже, из поковок. Применение проката выгоднее в тех случаях, когда вес заготовки из него не превышает веса поковки более чем на 15%. Преимущество проката заключается в том, что при его использовании обеспечивается уменьшение припусков.

Диски и втулки изготавливаются из поковок или литья и, реже, сварными из проката. Заготовками для барабанов служат поковки и сварные конструкции из штампованного проката.

Размеры заготовок валов из проката устанавливаются с учетом влияния следующих факторов:

- 1) кривизны заготовки, достигающей 3 мм на 1 пог.м;
- 2) неточности центрирования;
- 3) дефектов поверхностного слоя заготовки (обезуглероживание, волосовины, трещины и др.);
- 4) отрицательной части допуска, которая для больших диаметров нормального проката достигает 2,5 мм.

Требования, предъявляемые к поковкам и отливкам, сводятся к обеспечению правильности геометрической формы, назначению минимально возможных припусков на обработку и хорошей обрабатываемости, достигаемой соответствующей термической обработкой заготовки.

Заготовки из проката подвергаются перед механической обработкой нормализации, а иногда закалке и отпуску или улучшению (высокий отпуск), но могут и не проходить этих операций.

Заготовки из поковок, отливок и сварные конструкции, как правило, подвергаются термической обработке — отжигу. Другие операции термической обработки (закалка, отпуск, нормализация) применяются по мере необходимости.

3. Припуски на механическую обработку, вырезание образцов для испытаний и на технологические базы

Заготовки из проката. Если обработка производится без деления операции на черновую и чистовую, то припуски для валов диаметром 120—200 мм и длиной 2000—6000 мм назначаются в пределах 12—18 мм на диаметр. При выделении черновой операции в самостоятельную общий припуск на обработку увеличивается и назначается для валов указанных размеров в пределах 16—25 мм.

Заготовки валов из поковок. Припуски на механическую обработку крупных валов из поковок назначаются с учетом достижимой точности горячей обработки.

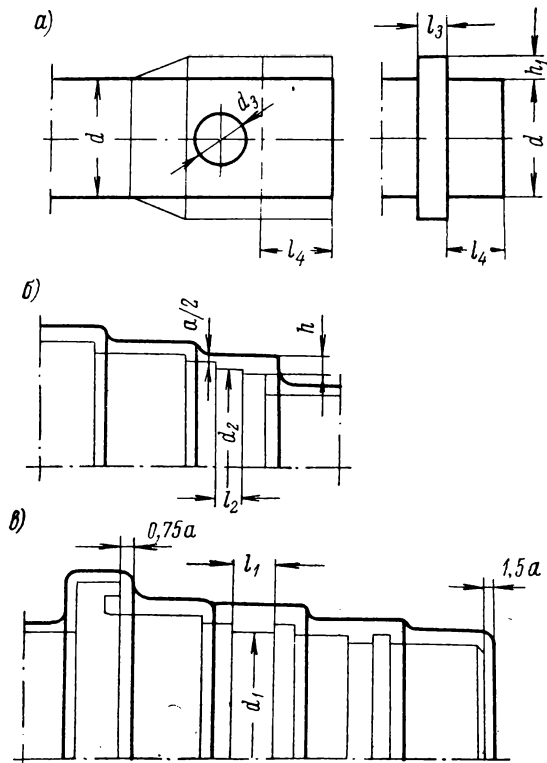
При ковке заготовок на прессах припуски на валы диаметром $d = 200—2000$ мм и длиной $L = 1000—15\,000$ мм назначаются в диапазоне $a = 13—60$ мм в зависимости от диаметра ступени и длины вала (фиг. 5). Столь резкое повышение припусков на обработку валов из поковок объясняется большими допусками на неточность обработки методомковки.

Припуски на размеры по длине устанавливаются с учетом возможностей кузнечно-прессового оборудования. На торцевые поверхности вала припуск обычно составляет $1,5 a$, на поверхности уступов — $0,75 a$.

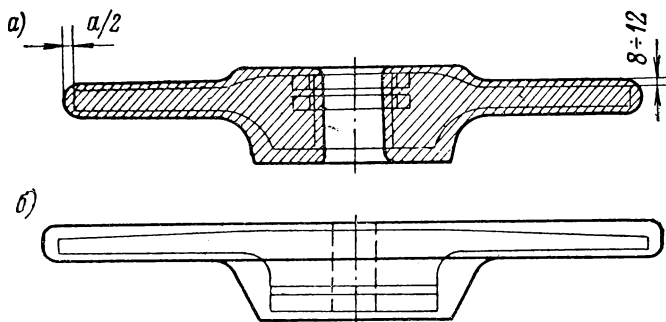
С целью упростить изготовление заготовок валов методомковки смежные ступени их длиной $l_2 < 0,24 d_2$ перекрываются общим припуском, при этом над меньшими диаметрами допускается «напуск» h величиной не более a . Канавки и выточки валов длиной $l_1 < 0,24 d_1$ в заготовках также перекрываются припуском смежной ступени.

Заготовки дисков и втулок. Величины припусков на заготовки дисков, изготавливаемых из поковок, назначаются в зависимости от наружного диаметра и толщины обода на периферии.

Для дисков диаметром 400—1200 мм и толщиной обода на периферии 50—30 мм припуски назначаются в пределах $a = 25÷40$ мм на диаметр и 8—12 мм на торцевые поверхности неравномерно по всему контуру, так как с целью упрощения изготовления поковок пазы, канавки, выточки и прочие геометрические элементы, которые



Фиг. 5. Припуски на поковках валов: *а* — на технологические базы; *б, в* — на механическую обработку.



Фиг. 6. Поковки дисков с различным расположением припусков на образцы: *а* — в отверстии ступицы; *б* — на торце ступицы.

трудно или невозможно образовать ковкой, перекрываются «напуском» (фиг. 6). Припуск на диаметр отверстия составляет $1,25 a$.

Для стальных литых втулок, маховиков и подобных деталей этого типа диаметром $1000\text{--}4000$ мм и высотой $100\text{--}400$ мм припуски назначаются в пределах: на нижние поверхности $8\text{--}12$ мм, боковые — $10\text{--}16$ мм и верхние — $12\text{--}18$ мм.

Заготовки барабанов. Стальные заготовки барабанов с центральным отверстием диаметром менее 180 мм отковываются сплошными. Припуски на заготовки цилиндров диаметром $d = 500\text{--}2500$ мм и длиной $L = 1600\text{--}10\,000$ мм составляют $a = 36 \div 66$ мм (соответственно указанным пределам размеров). На торцевые поверхности припуски назначаются в $2\text{--}3$ раза больше, чем на диаметральные размеры.

При изготовлении крупных деталей ответственного назначения заготовки их подвергаются ряду испытаний, целью которых является установление соответствия качества металла требованиям технических условий. Для проведения некоторых из этих испытаний из заготовок вырезаются образцы.

Припуски на вырезание образцов. Прочность и пластичность стали определяются временным сопротивлением ее разрыву и относительным удлинением. С целью оценки этих свойств как вдоль волокон заготовки, так и поперек их, у последней вырезаются образцы, для которых и предусматривается специальный припуск.

Припуски для продольных образцов располагаются на концах заготовки, как показано на фиг. 5, а. Величина припуска l_4 для этих образцов у валов турбин принимается равной 200 мм. Для поперечных образцов припуск располагается в виде кольца на утолщенной части заготовки вала. Размеры сечения отрезаемого кольца должны быть не менее 25×40 мм, а с учетом ширины реза — 40×60 мм.

Припуски на вырезание образцов у заготовок дисков располагаются обычно на торцах и в отверстии ступицы, как показано на фиг. 6, а и б, или на периферии детали. Сечение этого припуска берется не менее 40×50 мм.

Если в металле обрабатываемой заготовки остаточные напряжения превышают норму, предусмотренную техническими условиями, то при чистовой обработке, вследствие перераспределения напряжений, заготовка может деформироваться в недопустимых пределах. Особенно чувствительны к такого рода деформациям крупные заготовки, имеющие неравномерное распределение масс металла, например, диски с массивной втулкой и тонким ободом.

В практике наблюдаются случаи, когда при чистовой обработке подобные диски деформируются, причем прогиб на отдельных участках периферии обода достигает $1,5$ мм. Определение остаточных напряжений производится на кольцах, вырезанных у заготовок.

Величина припуска для этих образцов на заготовках валов устанавливается с учетом размеров сечения кольца и ширины реза. При диаметре кольца больше 200 мм сечение его составляет 25×25 мм, для колец диаметром меньше 200 мм — 15×15 мм.

Припуски на кольцевые образцы для определения величины остаточных напряжений на заготовках дисков также располагаются у ступицы. Кроме того, в ряде случаев предусматриваются припуски у ступиц колец для испытаний с целью выявления внутренних трещин — флокенов, которые наблюдаются в изломе образцов стали в виде круглых пятен — хлопьев.

Припуски на технологические базы. Если по условию эксплуатации вала на его концах не допускается наличие центровых отверстий и выточек для установки центрирующих пробок, то для них в заготовках предусматриваются припуски, удаляемые после окончательной обработки.

Крепление валов и роторов при подвешивании их в печах для термической обработки также предусматривает припуски (фиг. 5, а).

Размеры кольцевого выступа для захвата его хомутом берутся равными $l_3=0,25 d$ и $h_1=0,3 l_4$. Если для подвешивания в заготовке предусматривается отверстие, то его диаметр d_3 принимается равным $0,25 d$.

4. Центровые отверстия

Заготовки деталей устанавливаются на станках и закрепляются с помощью патронов, планшайб, центров, бугелей и люнетов. Большой вес заготовок, при значительной неуравновешенности массы их металла, применение высоких скоростей резания и повышение точности обработки заставляют заботиться о высокой жесткости и точности станков.

Для установки на центры у заготовок предусматриваются центровые отверстия (гнезда), которые выполняются согласно ОСТ 3725 с углом конуса рабочей части 60° . Для повышения прочности центров станка угол конуса рабочей части центровых отверстий заготовок крупных валов устанавливается до 75° , а иногда и до 90° .

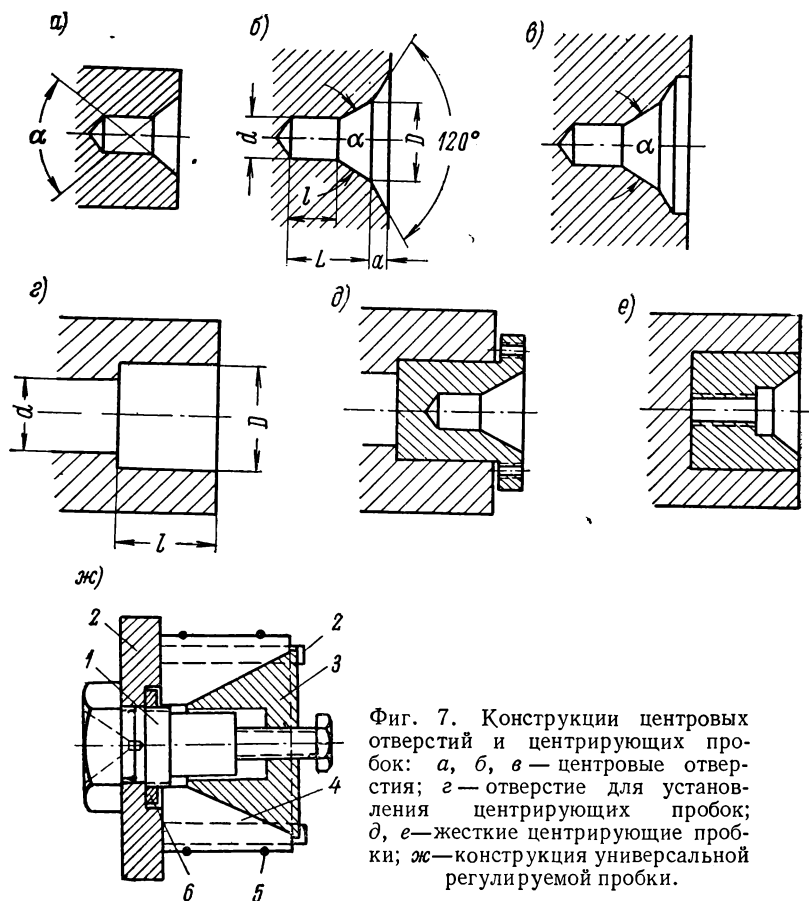
Центровые отверстия (фиг. 7, а) применяются при обдирке, когда за ней следует термообработка; после ее выполнения обычно возникает необходимость удаления центровых отверстий и центрования заготовки вновь. Если центровые отверстия остаются после окончательной подрезки торцов, то их следует выполнять, как показано на фиг. 7, б.

Центровые отверстия, показанные на фиг. 7, в, имеют выточку, обеспечивающую сохранение их после чистой подрезки торцов. Размеры отдельных элементов центровых отверстий с углом рабочего конуса 90° назначаются в зависимости от веса заготовки вала и диаметра торца (табл. 1).

У заготовок валов со сквозными центральными отверстиями центровые отверстия выполняются в пробках, вставляемых в гнезда, расточенные специально для этой цели (фиг. 7, г).

Глубина гнезд назначается в пределах $l = 15 \div 30$ мм, в зависимости от диаметра отверстия, а диаметр его определяется по формуле $D = d + (2 \div 30)$ мм. Пробки бывают жесткие (фиг. 7, д и е), устанавливаемые в расточенное отверстие по легкопрессовой

посадке, или разжимные (фиг. 7, жс), являющиеся более удобными для применения, так как установка и выемка их производится быстрее, при одновременном устранении перекосов.



Фиг. 7. Конструкции центровых отверстий и центрирующих пробок: а, б, в — центровые отверстия; г — отверстие для установки центрирующих пробок; д, е — жесткие центрирующие пробки; жс — конструкция универсальной регулируемой пробки.

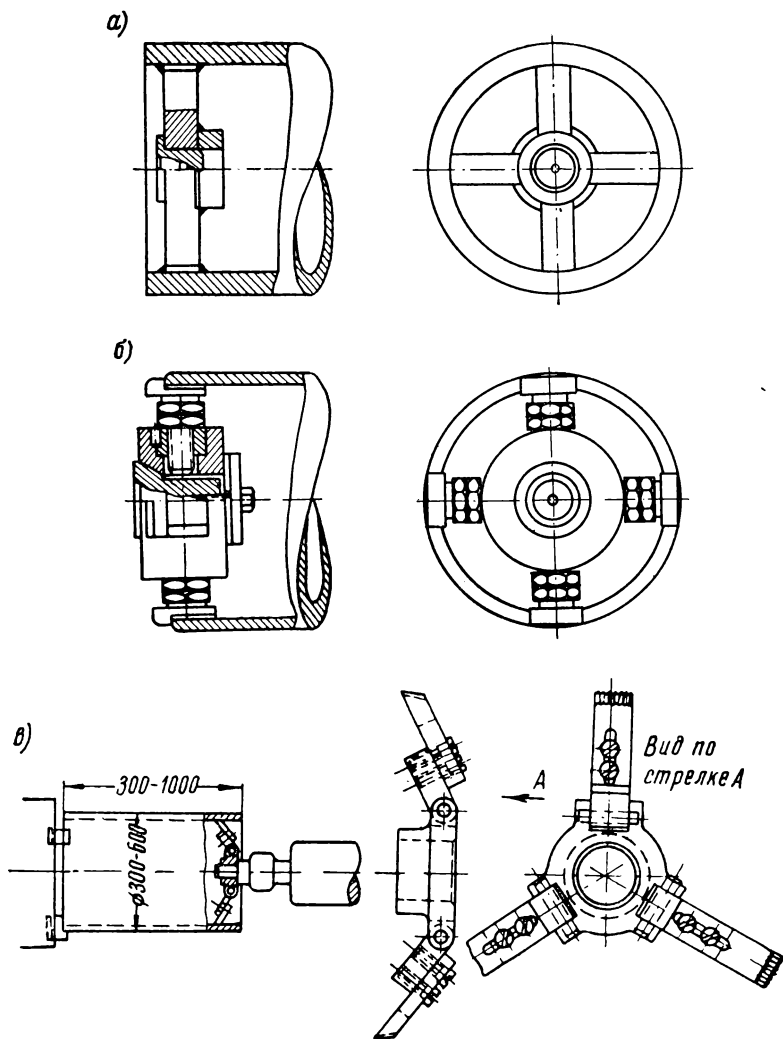
Например, на Ново-Краматорском машиностроительном заводе (Донбасс) применяется предложенная П. П. Троциным универ-

Таблица 1

Размеры центровых отверстий

| Диаметр торца заготовки в мм | Ориентировочный вес заготовки в кг | Размеры центровых гнезд в мм |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 160—300 | 2 000 | 48 12 15 32 4 |
| 300—500 | 5 000 | 70 18 18 44 7 |
| 500—900 | 20 000 | 100 20 20 60 8 |
| 900—1300 | 40 000 | 120 20 32 72 10 |

сальная разжимная регулируемая центровая пробка (фиг. 7, ж). Поворотом шестигранной головки ступенчатого валика 1 конус 3 перемещается поступательно, раздвигая кулачки 4, вставленные

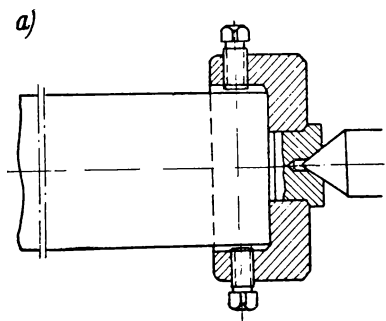


Фиг. 8. Крестовины для центровых отверстий: а — нерегулируемая; б, в — регулируемые.

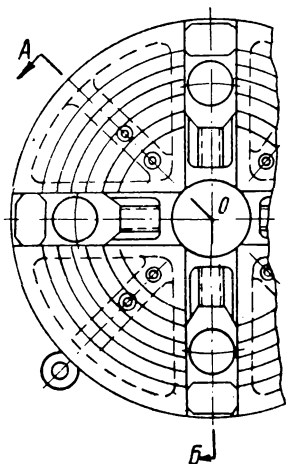
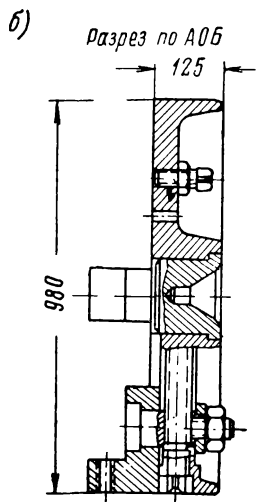
в корпус 2, которые скользят по конусу, увеличивая или уменьшая диаметр пробки. Ход кулачков 100 мм. Ступенчатый валик соединяется с корпусом 2 при помощи гайки 6. Кольцевые пружины 5 предохраняют кулачки 4 от выпадения из пазов корпуса.

Для установки разжимной пробки требуется 5 мин.

Для установки на центры барабанов, имеющих большой диаметр отверстия, применяются специальные приспособления — крестовины. Центровые крестовины, нерегулируемые, соединяются с обрабатываемой заготовкой сваркой (фиг. 8, а). Недостаток их очевиден. Регулируемые крестовины (фиг. 8, б) устанавливаются в предварительно обработанное (на глубину 150—200 мм) отверстие.



Для установки тонкостенных цилиндров диаметром 300—600 мм при длине до 1000—1500 мм применяются универсальные распорные крестовины (фиг. 8, в), обеспечивающие быструю установку детали и позволяющие растачивать отверстие на длине до 200 мм от торца.



Фиг. 9. Бугели для центровых отверстий:
а — специальный; б — универсальный.

Бугели (фиг. 9, а) применяются при обработке как пустотелых, так и цельных заготовок. Заготовка устанавливается одним концом в патрон, на другой ее конец надевается бугель, во втулку которого вводится задний центр. С целью экономии металла и расходов, связанных с изготовлением специальных бугелей, применяются универсальные регулируемые конструкции их (фиг. 9, б). Эти же бугели используются и как жесткие, для чего их кулачки устанавливают на определенный размер, закрепляют и, если необходимо, растачивают и шлифуют.

5. Разновидности крупных токарных станков

Большие размеры и вес обрабатываемых заготовок обуславливают специфичность конструкций и способов эксплуатации крупных токарных станков. Ниже приводятся краткие характеристики некоторых из последних моделей центровых и лобовых станков.

Токарные центровые станки. Крупные центровые станки используются как для черновой, так и для чистовой обработки. Станины, шпиндели и супорты этих станков отличаются высокой жесткостью. На этих станках снимаются стружки сечением до 160 мм². Наиболее распространенные модели станков позволяют обрабатывать валы диаметром до 1300—1400 мм, длиной 10 000—20 000 мм и весом до 60 000 кг.

Мощность главного электродвигателя таких станков достигает 100 кВт и больше; силы резания иногда достигают 10 000—15 000 кг.

Все тяжелые узлы станков — супорты, задняя бабка, ее пиноль — обычно имеют механизмы с электродвигателями для ускоренных перемещений. При установке резца «на стружку» используются дополнительные каретки, управляемые вручную. Поворот верхнего супорта также производится от руки с помощью червячной передачи.

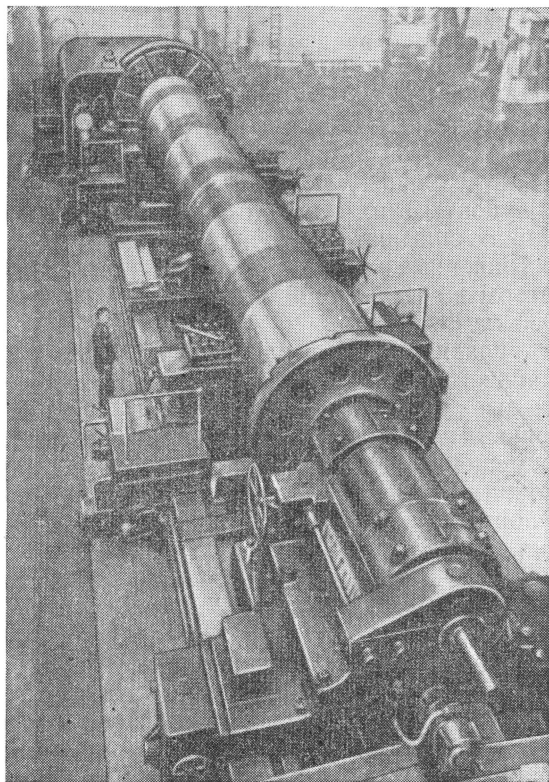
На крупных токарных станках легко достигается точность 3-го класса; обработка с точностью до 2-го класса требует особых приемов.

С целью расширения эксплуатационных возможностей некоторые крупные токарные станки оснащаются супортами с шлифовальными кругами, головками для суперфиниширования и устройствами для фрезерования шпоночных пазов.

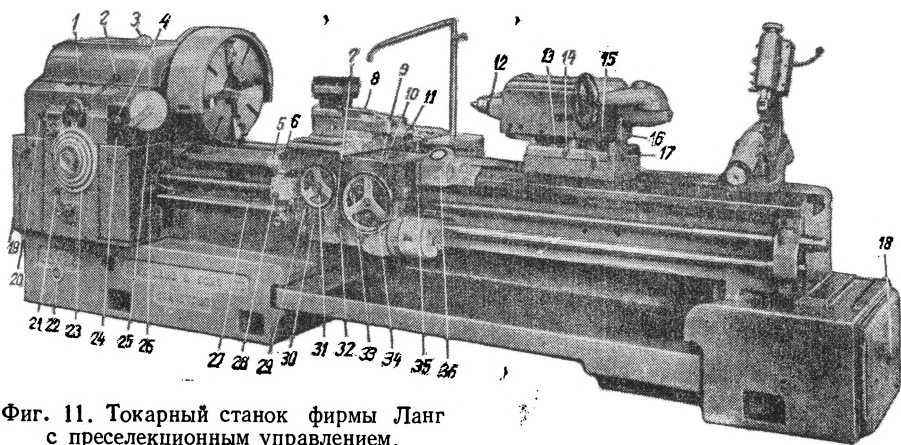
Высокопроизводительный токарный станок фирмы Нобл и Лунд, на котором показана обработка поковки барабана, изображен на фиг. 10. Высота центров этого станка 1375 мм; мощность главного привода 250 л. с. При черновой обработке на этом станке может быть снято до 3500 кг стружки в час. Стружка захватывается скреперным конвейером, размещенным в основании станка, и отводится в бункер у задней бабки. Из бункера стружка периодически убирается обычными средствами.

Эта же фирма изготавливает станки, снабженные двумя передними и двумя задними бабками и пятью супортами. Передние бабки имеют независимые друг от друга приводы. Это позволяет производить одновременно обработку двух заготовок. При необходимости на станке можно обрабатывать одну заготовку, используя всю длину станины.

Заслуживает внимание токарный станок Ланг, экспонированный в 1956 г. на международной выставке станков и инструмента в Лондоне (фиг. 11). На этом станке наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 622,3 мм; длина станины 9296 мм; наибольшая длина обрабатываемой детали 7620 мм. Мощность главного привода 22,5 кВт; число оборотов шпинделя от 14 до 1470 об/мин. Высокие числа оборотов шпинделя и наличие ряда устройств для



Фиг. 10. Токарный станок фирмы Нобл Лунд для валов большой длины.



Фиг. 11. Токарный станок фирмы Ланг с преселекционным управлением.

быстрого управления станком обеспечивают возможность высокопроизводительной обработки.

Быстродействующая резцовая головка станка легко поворачивается и фиксируется в восьми положениях одним рычагом 8. На фартуке супорта размещены: шкала 5, используемая при нарезании резьбы; рукоятки 6 и 7 соответственно для зажима супорта и включения поперечной подачи; отверстие 9 для наполнения смазочной камеры супорта маслом; рукоятка 10 для включения быстрой подачи; микрометрический лимб 11 салазок резцедержателя; рычаг 27 включения маточной гайки; рукоятка 28 для установления «тонкой» подачи; маховик 29 винта поперечной подачи; рукоятка 30 для изменения направления подачи; микрометрический лимб 31 поперечных салазок; рукоятка 32 для пуска, остановки и изменения направления продольной подачи; шкала 33 для оценки величины перемещения салазок; маховик 34 для ручной подачи супорта; рукоятка 35 для установления подачи; прибор 36 для контроля расхода мощности.

На корпусе передней бабки и коробки подач размещены: рукоятка 2 для торможения, изменения числа оборотов и подач; прозрачная крышка 3 масляного резервуара; таблица 1 с указаниями по подбору подач при точении и нарезании резьбы; кнопки 4 для пуска и остановки главного привода; рукоятка 19 для установления подачи при нарезании резьбы; рукоятки 20 и 21 для установления величины и направления подачи; указатель уровня масла 22; шкала 23 с непосредственным отсчетом для предварительного установления подач и резьбы; кнопки 24 для пуска и остановки насоса; шкала 25 для предварительного автоматического выбора числа оборотов или скорости резания для любого диаметра обрабатываемой детали; рукоятка 26 для пуска, остановки и перемены направления вращения шпинделя. Включение станка в электрическую сеть осуществляется поворотом рукоятки 18.

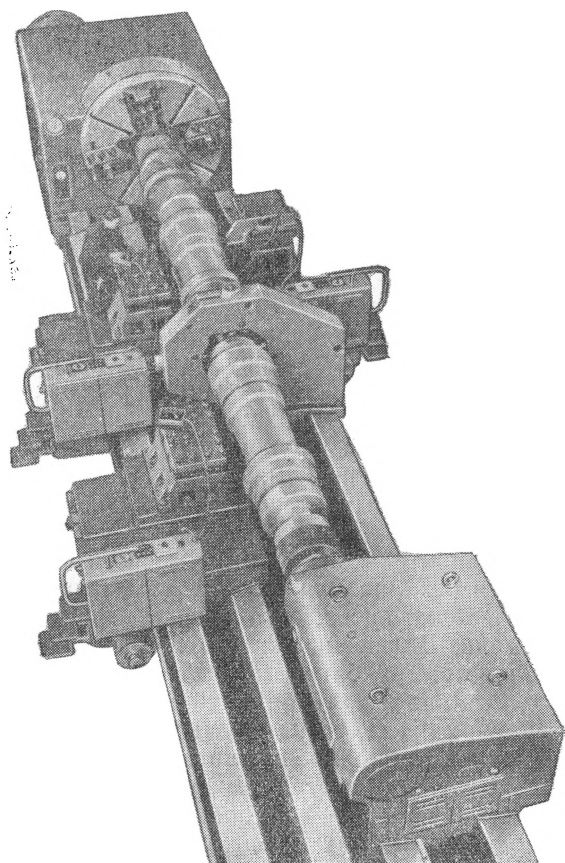
Задняя бабка станка имеет призматическую пиноль, износ которой компенсируется клином, регулируемым винтами 15 и 16. Выверка положения задней бабки производится винтами 14, а закрепление — болтами 13 и 17. Отсчет перемещения пиноли производится по шкале 12. Конструкция задней бабки позволяет весьма близко подводить резцовую державку к оси пиноли, поэтому вылет резца получается минимальным.

Гидравлическое управление скоростью перемещения пиноли и величиной давления позволяет производить на станке сверление и растачивание с автоматической подачей.

На фиг. 12 показан современный высокопроизводительный станок фирмы Фрорип (ФРГ). Станок предназначен для обработки заготовок валов весом до 100 000 кг, длиной 10 000 мм и диаметром до 2000 мм. Число оборотов шпинделя станка $1,0 \div 100,0$ об/мин; подачи в поперечном направлении от 0,05 до 5,00 мм/об, в продольном — от 0,1 до 10,0 мм/об. Мощность главного привода 250 л. с.

Особенность конструкции станка — в отсутствии ходового вала и винта подачи. Точное перемещение супортов на один оборот

шпинделя осуществляется специальным приводом, управляемым датчиком, находящимся в передней бабке. Подача электроэнергии асинхронным электродвигателям супортов производится через специальные скользящие контакты. Регулирование продольной и поперечной подач, а также числа оборотов шпинделя, бесступенчатое с возможностью изменения их в процессе обтачивания.



Фиг. 12. Токарно-винторезный станок для тяжелых работ фирмы Фрорип.

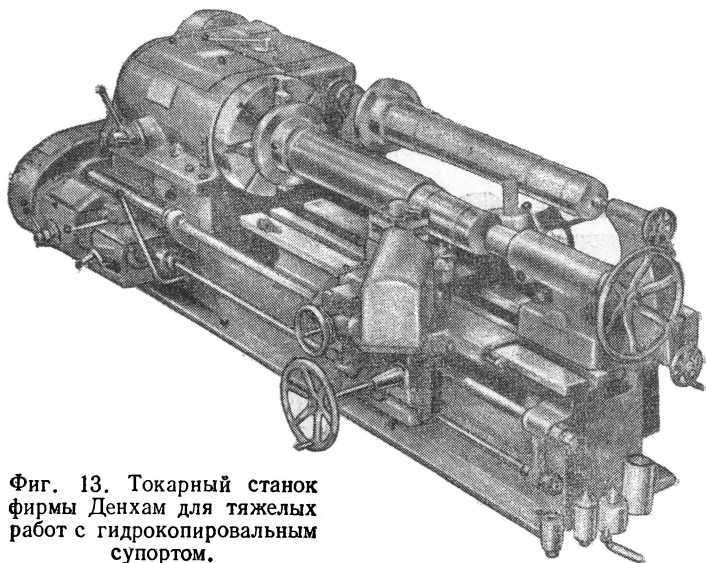
Задняя бабка станка имеет вращающийся центр, встроенный в пиноль, и устройство для компенсации температурных деформаций заготовки. Перемещение задней бабки, ее пиноли и люнетов производится электродвигателями, а закрепление по окончании перемещения — специальными гидравлическими устройствами, действующими автоматически.

На станке совершенно отсутствуют рукоятки управления; они заменены переносными и стационарными кнопочными станциями, действующими на каждом из четырех супортов независимо.

Стружка отводится через люки в дне станины станка в ящики или на транспортер, устанавливаемые в траншее сбоку от станка.

Последние модели токарных станков средних размеров, предназначенных для обработки валов, снабжаются гидрокопировальными супортами. Один из таких станков фирмы Денхам, демонстрировавшийся на международной выставке в Лондоне в 1956 г., показан на фиг. 13.

Расстояние между центрами станка 3000 мм; наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 725 мм. Возможное изменение диаметров при обтачивании по копиру до 225 мм. Мощность главного привода 30 л. с.



Фиг. 13. Токарный станок фирмы Денхам для тяжелых работ с гидрокопировальным супортом.

Станок характеризуется большим диапазоном регулирования числа оборотов и подач, ускоренным перемещением супортов; на нем возможна автоматическая обработка валов сложной формы.

Копиры, применяемые на станке, имеют форму и размеры обрабатываемого вала или выполняются в виде плоских шаблонов из листовой стали. Цилиндрический копир устанавливается в центрах параллельно обрабатываемому валу; плоский копир — на специальных опорах.

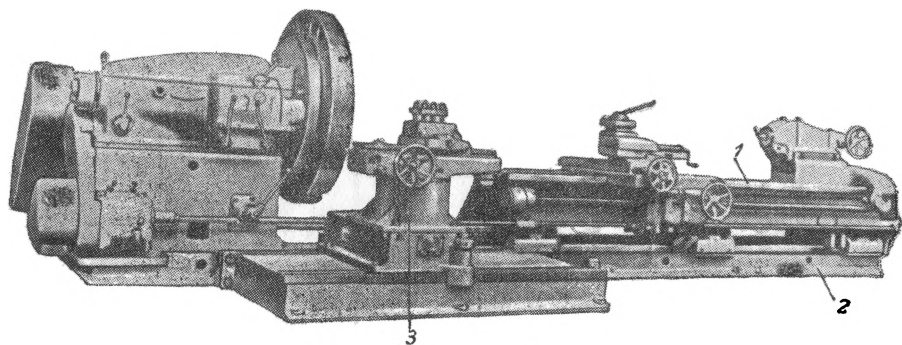
Гидрокопировальный супорт фирмы Метрополитен-Виккерс расположен под углом 45° к центральной линии станка, что позволяет обтачивать уступы под углом 90° и канавки, боковые поверхности которых образуют углы величиной до 20° .

Из отечественных крупных токарных станков следует отметить уникальные станки моделей 1680, 1682А и 1683, предназначенные для обдирочных и чистовых работ и нарезания коротких метрических и дюймовых резьб.

Основные характеристики этих станков следующие.

| | | | |
|--|-------------|---------|---------|
| Типы станков: | 1 680 | 1 682А | 1 683 |
| Высота центров в мм | 1 000 | 1 600 | 2 000 |
| Расстояние между центрами в мм . . . | 10 000 | 16 000 | 20 000 |
| Наибольший диаметр обрабатываемого изделия в мм: | | | |
| над супортом | 1 650 | 2 500 | 3 300 |
| , станиной | 1 900 | 3 200 | 4 000 |
| Вес заготовки в кг | 50 000 | 150 000 | 150 000 |
| Пределы подач в мм/об: | | | |
| продольные | 0,2 — 19 | — | — |
| поперечные | 0,09 — 7 78 | — | — |
| Наибольшее число оборотов в минуту . . | — | 128 | — |

На новом универсальном токарно-винторезном станке для тяжелых работ, изготовленном на Ново-Краматорском станкостроительном заводе, можно обрабатывать валы диаметром до 900 мм,



Фиг. 14. Токарный станок фирмы Ланг с передвижной станиной.

длиной 16 000 мм и весом до 30 000 кг. Можно также обрабатывать отверстия диаметром до 300 мм и глубиной до 6000 мм, обтачивать конические поверхности на длине до 2500 мм и нарезать резьбу.

Станок имеет установку для подачи охлаждающей жидкости производительностью 350 л/мин, автоматически убирающиеся опоры для ходового вала и кнопочное управление.

Токарно-лобовые станки. Для обработки крупных заготовок разнообразной формы широко применяется токарный станок фирмы Ланг с передвижной станиной (фиг. 14).

Станина 1 может перемещаться по основной несущей станине 2 вручную с помощью винта и храпового механизма. После перемещения в необходимое положение станина 1 прочно закрепляется. Задняя бабка перемещается по направляющим станины 1 с помощью реечной передачи и надежно закрепляется в требуемом для работы положении.

Если передвижная станина устанавливается в крайнем левом положении — у патрона, то станок используется как токарный

с наибольшим расстоянием между центрами 3353 мм при высоте центров 914 мм.

При отводе передвижной станины 1 в правое крайнее положение расстояние между центрами станка можно увеличить до 4648 мм. Кроме того, перед патроном появляется свободное пространство, позволяющее установить в него заготовки диаметром до 1727 мм при длине до 1524 мм. В этом случае в работу вводится супорт, установленный на опорной колонне 3, и станок используется как токарно-лобовой. Наименьший диаметр заготовки, обрабатываемой с помощью супорта, связанного с опорной колонной, — 635 мм. Мощность главного электродвигателя станка — 25 л. с.

Супорты станка, установленные на опорной колонне и передвижной станине, могут перемещаться вручную и механически с помощью коробики подачи. Количество подач для обтачивания — 28, такое же количество подач имеется для нарезания нормальных дюймовых резьб. Нарезание резьб специальных и метрических производится с помощью сменных шестерен.

Токарно-лобовые станки фирмы Свифт снабжаются двумя супортами; на одном из них устанавливается обычный резцедержатель, а на втором — револьверная головка для шести инструментов. При таком оформлении узла супорта сокращается вспомогательное время.

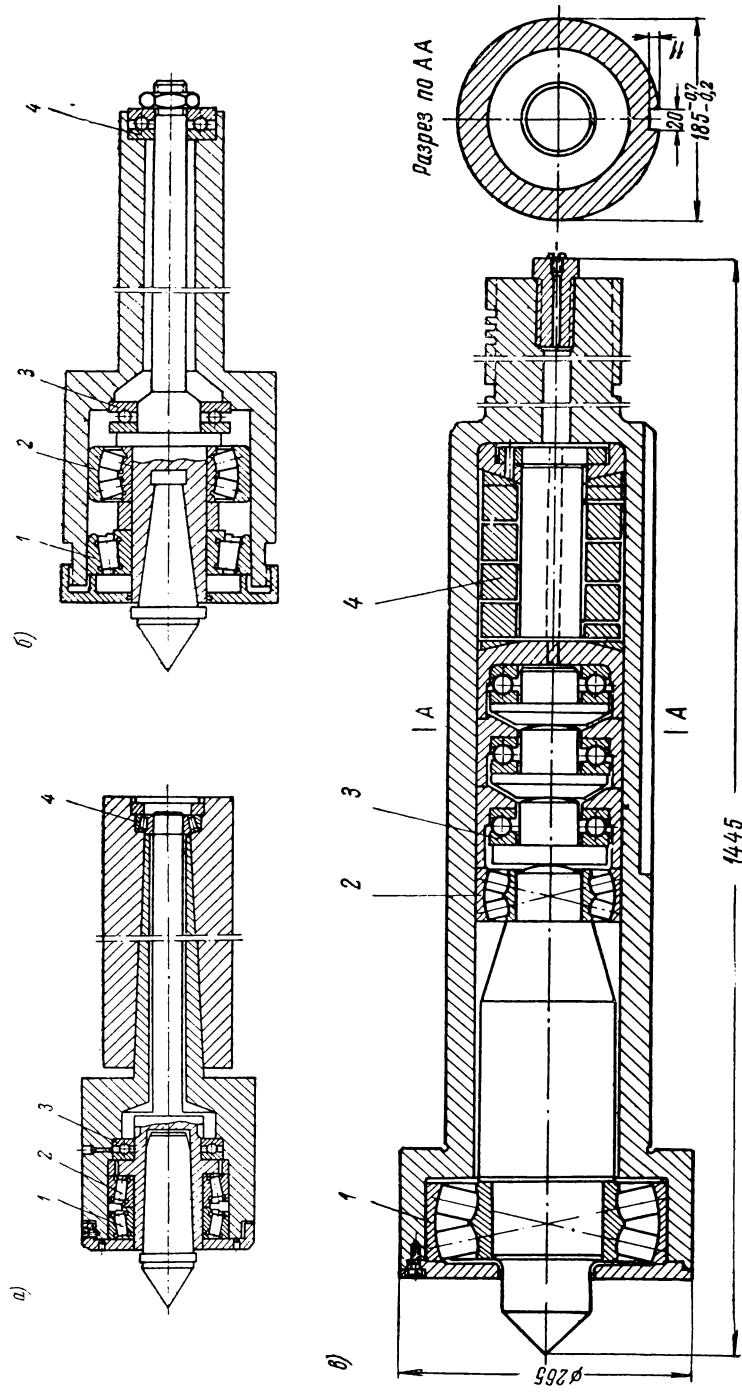
6. Приспособления, применяемые при обработке крупных деталей

Центры. На задний центр крупных токарных станков в процессе обработки действуют значительные радиальные и осевые силы: вес детали, силы резания и силы, возникающие от теплового расширения заготовки вала. Скольжение поверхности центрального отверстия относительно неподвижного центра сопровождается изнашиванием и нагреванием как поверхности отверстия, так и самого центра.

Если пренебречь температурными деформациями обрабатываемого вала, то следует заметить, что с увеличением глубины и скорости резания температура рабочего конуса неподвижного центра возрастает, а с увеличением подачи — снижается, так как осевая составляющая силы резания, направленная от центра к патрону, разгружает центр.

При обработке с большой скоростью резания крупных заготовок валов нагревание и износ неподвижного центра быстро достигают недопустимой величины и делают работу на станке невозможной. Поэтому применяются обычно вращающиеся задние центры, что позволяет значительно повысить скорости резания при обработке. Применяются два типа вращающихся центров: съемные и встроенные.

Съемные центры более удобны в эксплуатации, чем встроенные, и используются при чистовом и получистовом обтачивании заготовок небольшого веса (до 4000—5000 кг). Одна из конструкций такого центра, применяемого на Балтийском заводе МСП, показана на фиг. 15, а. Радиальные силы, действующие на центр, восприни-



Фиг. 15. Вращающиеся центры: а — съемный; б — встроены; в — встроены пружинный.

маются тремя роликовыми подшипниками 1, 2 и 4, осевые силы — упорным шариковым подшипником 3.

Съемные центры всех конструкций характеризуются относительно большим вылетом из пиноли и малой поверхностью контакта в отверстиях пиноли, вследствие чего жесткость их ниже жесткости центров, встроенных в пиноль.

На рис. 15, б показана конструкция встроенного центра, применяемого на том же заводе при обтачивании валов весом до 15 000 кг со скоростью резания до 300 м/мин. В этой конструкции радиальные усилия воспринимаются двумя роликовыми подшипниками 1 и 4 и шариковым подшипником 2, а осевые силы — упорным подшипником 3. Высокая точность подшипников, малый вылет рабочего конуса и большое расстояние между концевыми опорами обеспечивают достаточную жесткость и точность центра. В конструкции предусмотрена возможность устранения и регулирования зазоров в подшипниках, образующихся по мере износа последних. Для устранения биения поверхность рабочего конуса шлифуется после установки его в гнездо шпинделя 5 с помощью специального шлифовального приспособления на токарном станке.

Под действием осевых сил, возникающих при тепловом расширении вала, обычно происходит интенсивный износ подшипников вращающихся центров. Этот недостаток устраняется применением встроенных центров с компенсаторами. На фиг. 15, в представлена одна из таких конструкций, разработанных ЦНИИТМАШ для Ново-Краматорского машиностроительного завода (Донбасс). В этой конструкции радиальные силы, действующие на центр, воспринимаются двумя роликовыми сферическими подшипниками 1 и 2. Осевая сила передается через три упорных подшипника 3 пружине 4.

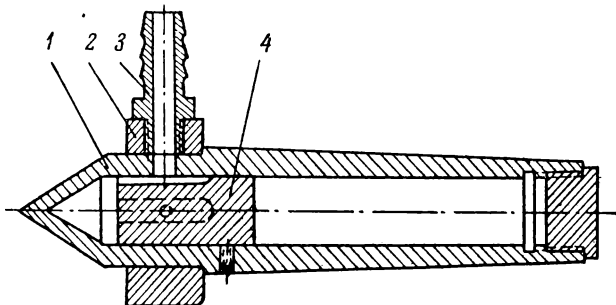
В предварительно сжатом состоянии упругая сила пружины составляет 12 000 кг. Если осевая сила, действующая на центр, меньше 12 000 кг, пружина не деформируется, являясь жестким звеном конструкции. При нагревании и удлинении вала, когда усилие возрастает за пределы 12 000 кг, пружина сжимается, вследствие чего действие силы от теплового расширения вала на центр снижается. Нагрузка на упорные подшипники от дополнительного сжатия пружины в сравнении с нагрузкой, возникающей от теплового расширения, весьма незначительна. Осевое смещение центра ограничивается упором и составляет 1,5—2 мм.

Описанный центр применяется при черновой и получистовой обработке жестких и тяжелых валов, весом до 24 000 кг, имеющих небольшое осевое удлинение от нагревания в процессе обтачивания.

Уменьшение типоразмеров центров, встраиваемых в пиноли, достигнуто на Уралмашзаводе за счет унификации размеров отверстий пинолей и соответствующей модернизации задних бабок. Это обеспечило широкую применяемость вращающихся центров грузоподъемностью до 25 000 кг.

Имеется также оригинальная конструкция неподвижного заднего центра (фиг. 16), предложенная Ю. Б. Серебряником.

Полый корпус 1 центра из стали У8А закаливают до $H_{RC} = 55 \div 58$. На цилиндрическую часть корпуса плотно посажено кольцо 2 с двумя штуцерами 3 для резиновых шлангов, а в отверстие встроены вкладыш 4 с двумя пазами для направления охлаждающей жидкости.

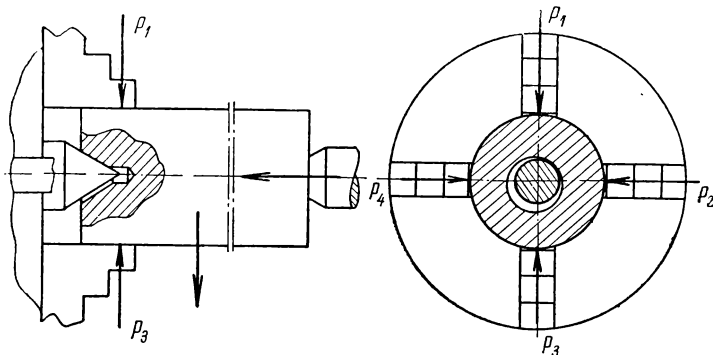


Фиг. 16. Жесткий центр с принудительным охлаждением жидкостью.

В процессе работы охлаждающая жидкость подается насосом через один из штуцеров, омывает корпус и через второй штуцер отводится по резиновому шлангу в бак станка.

При полустачковом и чистовом обтачивании с высокой скоростью резания температура поверхности центра не превышала 100° , что значительно ниже допускаемой по теплостойкости стали У8А.

Патроны. При обработке крупных заготовок валов трехкулачковые самоцентрирующие патроны из-за их ненадежности не приме-

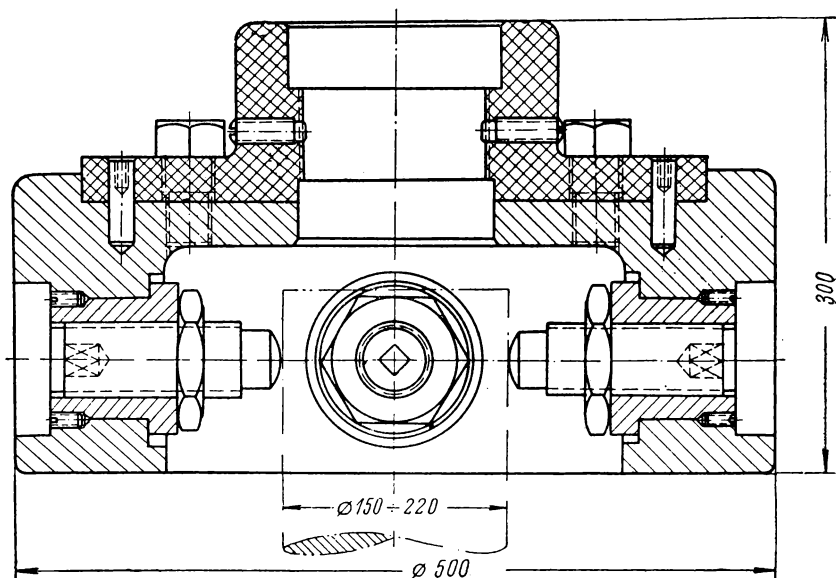


Фиг. 17. Силы, действующие на заготовку вала, установленную на центры и закрепленную в патроне.

няются, а используются обычно четырехкулачковые патроны с независимым перемещением кулачков.

Если заготовку жесткого вала установить на центры станка и закрепить в обычном четырехкулачковом патроне, то после чистовой обработки она может быть значительно искривленной. Причина

этого в том, что силы P_1 , P_2 , P_3 и P_4 (фиг. 17), передаваемые кулачками на заготовку, не равны между собой. Если, например, силы P_1 и P_2 больше P_3 и P_4 , то происходит смещение заготовки в сторону задней бабки и центрирование нарушается, что приводит к неправильной форме обработанной заготовки. Устранение этого достигается, в частности, применением особых приемов закрепления заготовки в специальном патроне со сферическими кулачками (фиг. 18), предложенном токарем Невского машиностроительного завода

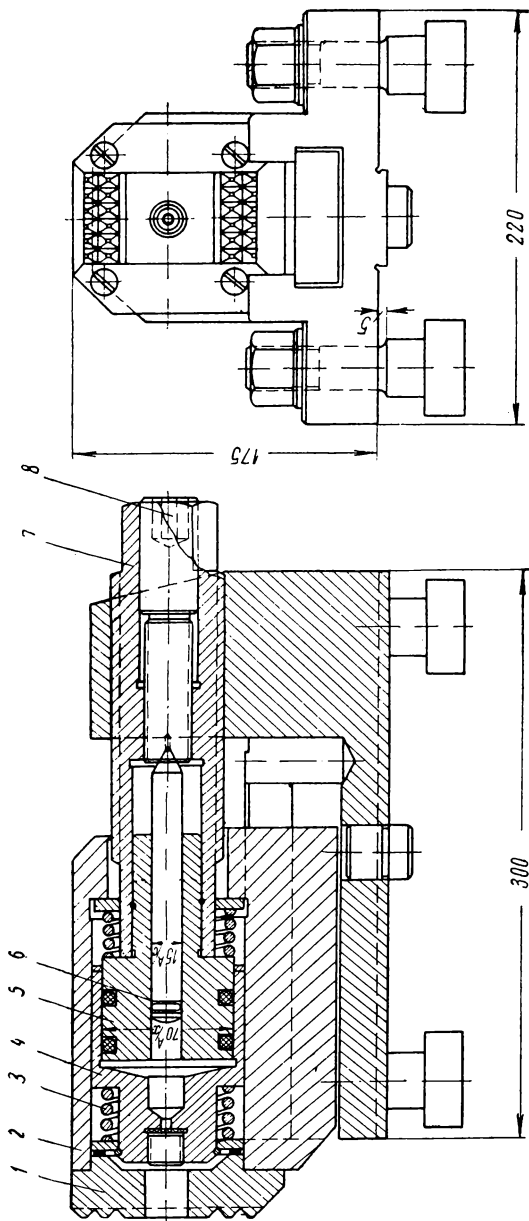


Фиг. 18. Конструкция патрона со сферическими кулачками.

им. В. И. Ленина А. Г. Павловым и хорошо зарекомендовавшем себя в работе. При закреплении в патроне заготовок жестких валов применения сферических кулачков не требуется.

Выберка заготовки при ее закреплении в патроне требует значительного физического напряжения и больших затрат вспомогательного времени. Для облегчения труда и сокращения времени при затягивании и «пережиме» кулачков в ЦНИИТМАШ разработана конструкция специальных кулачков с гидропластическим усилителем (фиг. 19).

При вращении винта 7 ползун 2 легко перемещается до контакта губки 1 с обрабатываемой деталью. При дальнейшем вращении винта 7 поршень 5, гидропласт, находящийся между поршнем и цилиндром 4, и сам цилиндр 4 смещаются влево относительно ползуна 2 до тех пор, пока цилиндр 4, сжав пружину 3, не упрется в губку 1. Необходимая сила зажатия заготовки обеспечивается поворачиванием внутреннего шестигранника винта 8. Давление p плунжера 6 трансформируется гидропластом и, увеличенное до зна-



Фиг. 19. Кулачок патрона с гидропластическим усилителем.

чения P , передается через цилиндр 4 и губку 1 на закрепляемую деталь. Так как $P = \frac{D^2}{d^2} \cdot p$, где D и d — соответственно диаметры поршня 5 и плунжера 6, то для рассматриваемой конструкции имеем:

$$P = \frac{4900}{225} p.$$

Учитывая, что давление F на ключ длиной l при шаге винта s равно $F = 0,16 \frac{p \cdot s}{l \eta}$, где $\eta = 0,45$ — к. п. д. винтовой передачи, а также принимая $l = 500$ мм и $s = 3$ мм, имеем:

$$p \approx 10^5 F.$$

Применяя кулачки рассмотренной конструкции, можно при зажатии заготовки легко получить давление $P = 7000 \div 8000$ кг при весьма незначительной затрате физического труда рабочего. Кулачки с гидропластом рекомендуются для закрепления заготовок весом до 5000—6000 кг. Облегчение и ускорение закрепления заготовок обеспечивается повышением точности их центрирования, устранением биения переднего центра и созданием одинакового давления кулачков на заготовку.

Люнеты. Конструкции неподвижных люнетов весьма разнообразны. Трекулачковые люнеты обычно применяются для заготовок валов диаметром до 250—300 мм, люнеты пятикулачковые — для заготовок более крупных, диаметром до 900 мм. Удобными в работе оказываются открытые двухкулачковые люнеты. Их стремятся применять во всех случаях, когда возможность «подхватывания» или «выжимания» заготовки во время обработки полностью исключена. Эти люнеты применяются для обработки крупных и тяжелых заготовок диаметром 200—1600 мм.

Во время обтачивания, как известно, нагревается шейка, соприкасающаяся с кулачками люнета, а вместе с этим вал нагревается и удлиняется. Нагрев и удлинение возрастают с увеличением сил трения и скорости резания. Уменьшение деформации вала, при работе с высокими скоростями резания, достигается уменьшением сил трения на рабочих поверхностях кулачков люнета. Применение роликов, вместо неподвижных кулачков, сопровождается наклепом поверхности вала в месте соприкосновения его с роликами, что приводит к снижению точности при чистовом обтачивании.

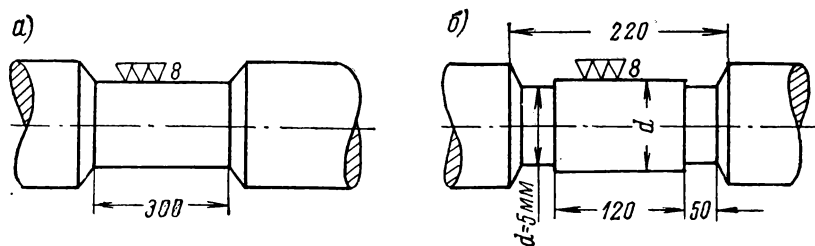
Применение кулачков с большой поверхностью контакта, наплавленных баббитом Б83, сопровождается значительным снижением удельного давления на них, уменьшением трения и соответственно нагревания, что позволяет значительно увеличивать скорости резания.

Рабочие поверхности базовых шеек вала, соприкасающиеся с кулачками люнета, должны быть точными и иметь 8-й класс чистоты.

Длина основной базовой шейки устанавливается в зависимости от посадочного места люнета и удобства подвода резцов (фиг. 20, а).

Диаметр основной базовой шейки должен быть равен или несколько меньше (в пределах допуска) диаметра сменных с ней участков заготовки, обточенных на требуемый размер. Промежуточные базовые шейки (фиг. 20, б) нет надобности делать такой же длины, как и основные, так как при обтачивании заготовки они не опираются на люнеты. Диаметры промежуточных шеек назначаются из расчета наличия в зоне шейки достаточного припуска на дальнейшую обработку.

Диаметры отдельных переходных шеек на данной заготовке не должны отличаться один от другого более чем на 0,1—0,15 мм. Отклонение рабочей поверхности шеек от правильной геометриче-



Фиг. 20. Конструкция базовых шеек: а — основная; б — промежуточная.

ской формы не должно превышать 0,02 мм, а чистота этой поверхности должна быть не ниже 8-го класса. Высокая точность геометрической формы шеек необходима в связи с тем, что погрешность их формы сопровождается соответственной погрешностью обтачиваемой поверхности.

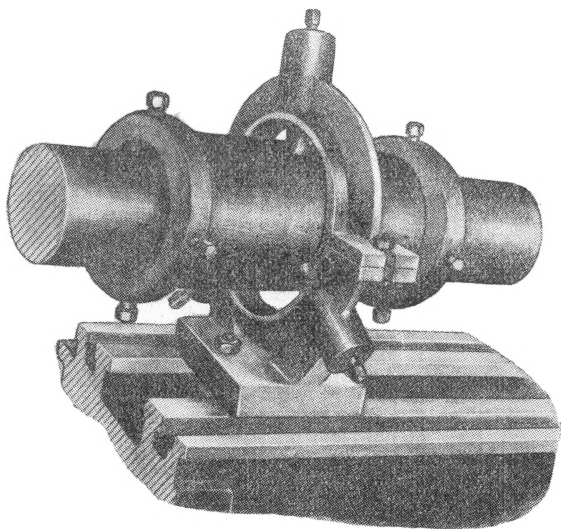
Базовые шейки заготовок жестких валов обтачиваются при установке их на центры. У заготовок нежестких валов и у заготовок, не имеющих центровых отверстий, базовые шейки обтачиваются с помощью базовой муфты.

Базовая муфта (фиг. 21) представляет собой стальную втулку с восемью регулируемыми винтами, расположенными у торцов. Муфта должна быть жесткой и иметь высокую чистоту наружной (рабочей) поверхности правильной геометрической формы. Установленная на заготовку муфта поддерживается кулачками люнета.

Для обтачивания средней базовой шейки крупных коленчатых валов применяется разъемная базовая муфта, отдельные половинки которой фиксируются точными шпонками и скрепляются болтами. В остальном конструкция не отличается от нормальной (цельной) муфты. Заслуживает внимания конструкция люнета для заготовок валов среднего веса, применяемая токарями А. Г. Павловым и А. С. Семеновым на Невском машиностроительном заводе им. В. И. Ленина.

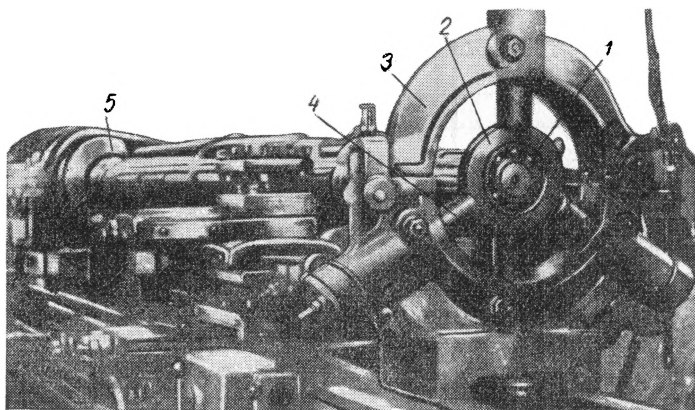
По ранее принятой технологии заготовка вала турбины устанавливалась одним концом на передний центр и закреплялась четырехкулачковым патроном; второй конец поддерживался задним вращающимся центром. При такой установке заготовки жесткость кре-

пления была недостаточной, а применение высоких режимов резания являлось невозможным из-за быстрого износа подшипников вращающегося центра. По предложению токарей Павлова и Семе-



Фиг. 21. Базовая муфта.

нова заготовки вала стали устанавливаться в люнет с применением стандартного роликового или шарикового подшипника (фиг. 22),

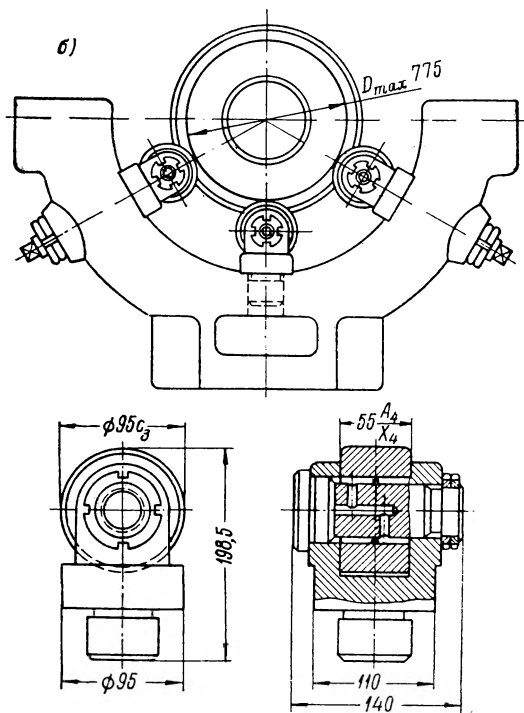
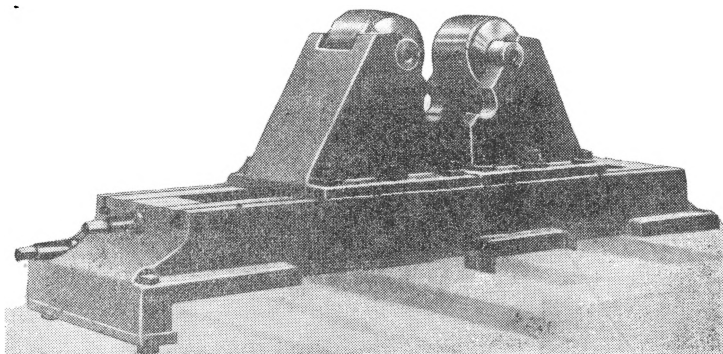


Фиг. 22. Люнет с вращающейся опорой.

надеваемого на шейку заготовки. Такой способ использования нормального люнета обеспечивает необходимую жесткость и позволяет вести обтачивание на высоких режимах, допускаемых твердосплавными резцами.

Двухроликковый люнет современной конструкции показан на фиг. 23, а. Оси роликов укладываются в открытые гнезда стоек. В зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки стойки раздвигаются или сближаются с помощью винта и закрепляются

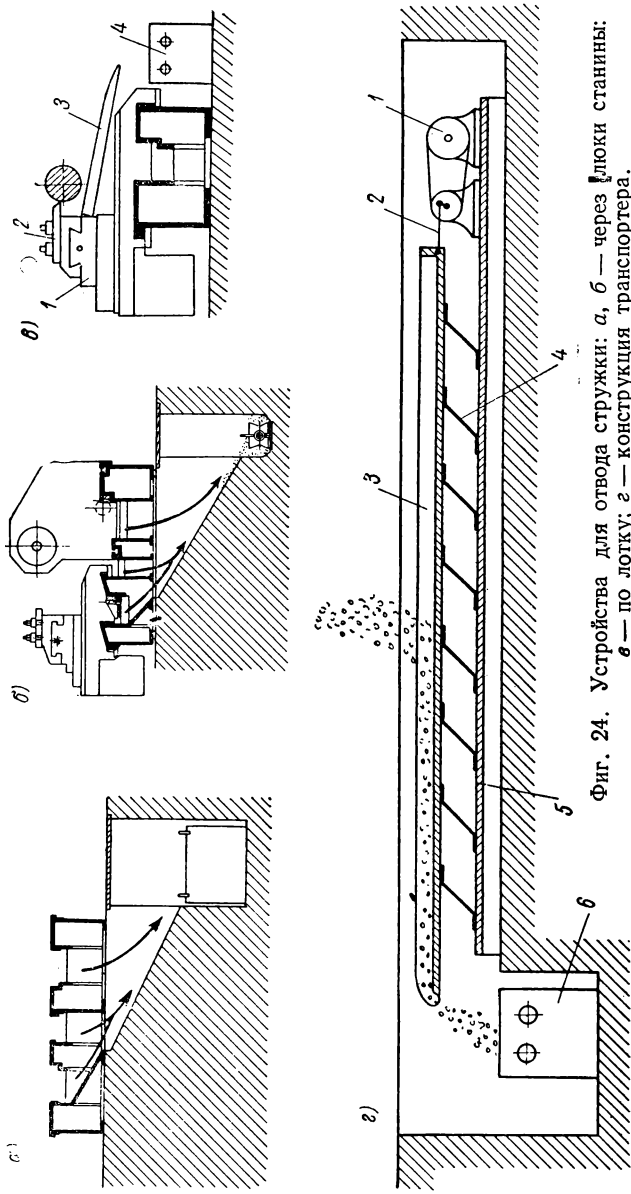
а)



Фиг. 23. Люнеты с вращающимися опорами: а — двухроликковый; б — трехроликковый.

на корпусе в требуемом положении болтами и гайками. Перемещения люнета вдоль станины станка осуществляются вращением рейки и шестерни.

На Уралмашзаводе бронзовые вкладыши люнетов на некоторых крупных токарных станках заменены роликами, вращающимися



Фиг. 24. Устройства для отвода стружки: а, б — через люки станны; в — по лотку; г — конструкция транспортера.

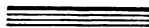
в игольчатых подшипниках. Конструкция люнета с роликовыми опорами показана на фиг. 23, б. Применение роликовых опор уменьшило нагревание детали и улучшило качество обработки.

Крупные современные токарные станки имеют в дне станины окна, а в фундаменте — соответствующие наклонные люки, по которым стружка поступает в специальную траншею с установленными в ней ящиками (фиг. 24, а) или транспортером (фиг. 24, б), с помощью которых она отводится от станка в надлежащее место. Принципиальная схема одного из простейших транспортеров показана на фиг. 24, г.

Металлический желоб 3 транспортера размером 300×60 мм жестко связан с пружинами 4, укрепленными наклонно на несущей раме 5. Желоб приводится в движение электродвигателем 1 через ременную передачу и кривошипно-шатунный механизм 2. В процессе поперечного движения желоба стружка скользит вперед по его поверхности и, достигнув конца, сваливается в ящик 6.

Для транспортера длиной 30 000 мм требуется электродвигатель мощностью 1 квт. Скорость перемещения стружки 10 м/мин. Производительность такого транспортера составляет 6000 кг стружки в час. Транспортер не имеет вращающихся частей, безопасен в работе, компактен и прост в обслуживании. Им может транспортироваться стальная стружка, мелкая и в виде небольших витков, сухая и мокрая, а также чугунная стружка. Жидкость можно возвращать по желобу к месту назначения; для этого ему придается небольшой (до 2°) уклон в сторону, обратную движению стружки. Однако у большинства старых станков, установленных на фундаменты, люков и траншей для отвода стружки нет. Поэтому стружка собирается из корыт в металлические ящики и транспортируется мостовыми кранами или автокарами в центральный стружкоприемный пункт. Для извлечения стружки из корыта пользуются специальными крючками, совками и скребками.

Для сокращения затрат времени на уборку стружки токари-новаторы стремятся убирать ее во время работы станка. Для этого применяют, например, специальное корыто (фиг. 24, в) отводящее стружку непосредственно из-под резца за пределы станка. Корыто 3 закрепляется на суппорте 1 и, проходя под заготовкой поперек станины, выступает за край последней. Резец 2, снабженный стружколомом или имеющий специальную геометрию, обеспечивающую устойчивое дробление стружки, устанавливается передней гранью вниз. Обтачивание производится при левом вращении заготовки, при этом стружка падает в корыто и скатывается по наклонному дну его в ящики 4, установленные вдоль станины станка или на транспортер.



Г Л А В А II

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ

Задачей обработки на токарных станках является получение правильных по форме и размерам наружных и внутренних поверхностей вращения, а также торцевых плоскостей при соблюдении требуемой концентричности поверхностей вращения и перпендикулярности торцов к оси обрабатываемой детали.

При обработке затрачивается много вспомогательного времени. Например, при обработке крупных валов вспомогательное время составляет в ряде случаев от 30 до 50% операционного времени, а при обработке дисков турбин — около 30%.

Сокращение вспомогательного времени может привести к резкому снижению продолжительности изготовления деталей и, следовательно, к повышению производительности труда.

Это может быть обеспечено за счет рационализации приемов установления заготовок и выверки их на станке; усовершенствования методов снятия «пробной стружки» и процесса измерения на станке; механизации управления станком; рационализации приемов крепления режущего инструмента и сокращения количества переустановок заготовки в процессе обработки, а также улучшения организации работ по снятию готовой детали со станка и ее сдаче.

Большая часть вспомогательного времени затрачивается на установку заготовки и выверку ее на станке. Новаторами внесено немало предложений, позволяющих сократить это время.

7. Установка, выверка и закрепление заготовок

Заготовка, обрабатываемая на токарном станке, находится под действием сил резания, собственного веса и центробежных сил, достигающих в силу больших габаритов и веса заготовки значительной величины. В этих условиях точность размеров, правильность геометрической формы обрабатываемой детали и производительность в значительной мере зависят от правильной установки ее на станке, т. е. от совмещения ее оси вращения с осью шпинделя или линией центров станка.

Подъем заготовки. Установке заготовки вала на станок предшествует подъем ее на уровень установочных баз станка. Если она началена стропами неправильно, то под действием упругой силы

скрученного троса заготовка стремится повернуться в горизонтальной плоскости, что может сопровождаться перекосом ее относительно линии центров. Правильно застропленная заготовка, находясь в свободно подвешенном состоянии, должна оставаться параллельной линии центров станка.

Сокращение времени на подъем заготовок и правильное их положение в подвешенном состоянии обеспечивается рядом специальных приспособлений, предложенных новаторами. Правильное положение заготовки при подъеме и зачаливании ее стропами, подвешенными на крюк крана, достигается специальными устройствами; два из них представлены на фиг. 25. С траверсой 1 (фиг. 25, а) соединены шарнирно подвески 2, к которым прикреплены одним концом стропы 3. Вторые концы их имеют петли, надеваемые на крюки подвесок. Это устройство применяется для подъема тяжелых валов большого диаметра, но относительно коротких.

Длинные валы поднимаются устройствами с рычажными захватами (фиг. 25, б). Под действием веса поднимаемого вала рычаги 2 и 3 автоматически сжимаются, обеспечивая надежный его захват.

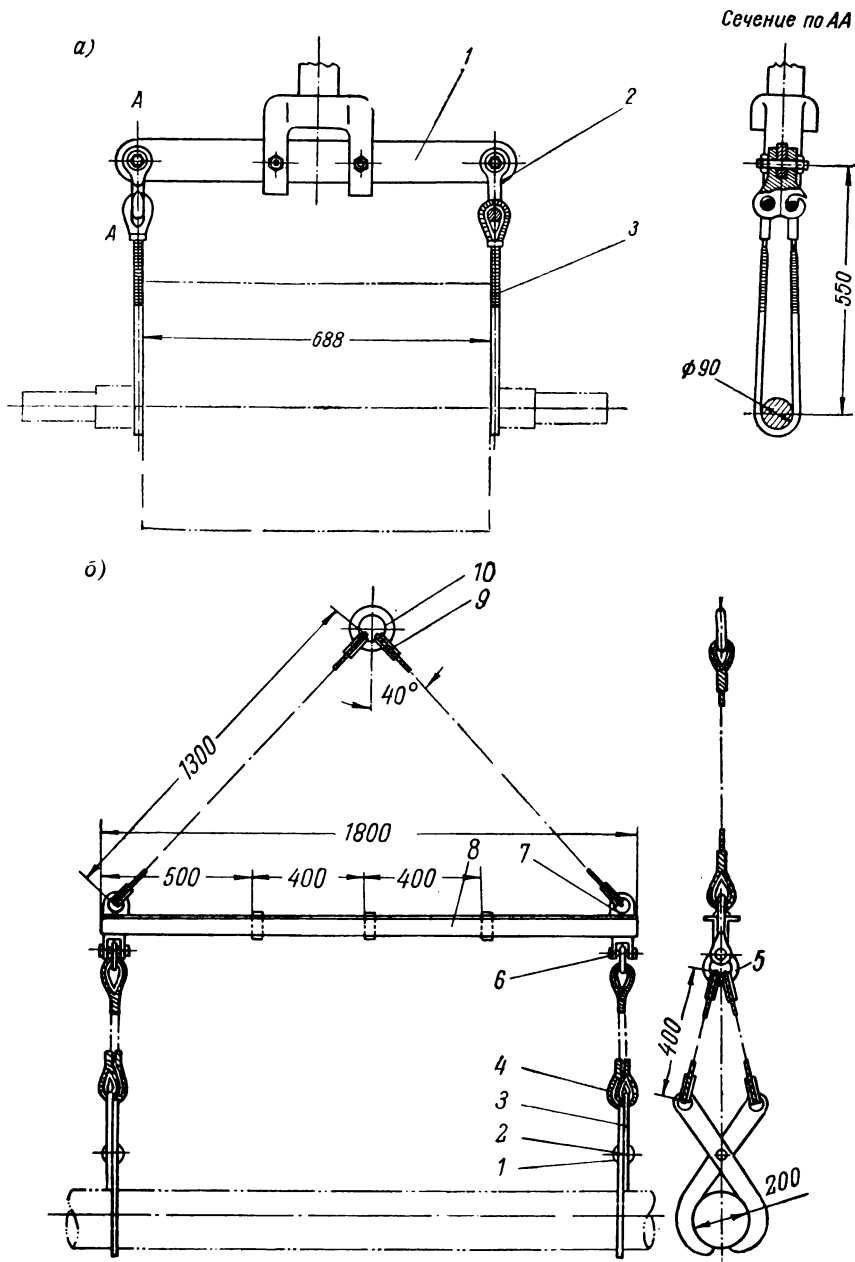
Рычаги изготавливаются из полосовой стали и соединяются шарниром 1. Кольца 5, коуши 4 и рычаги могут быть сменными в соответствии с диаметром заготовки. Кольцо 5 надето свободно на палец 6 ушка 7, приваренного к траверсе 8. Приспособление подвешивается на крюк крана с помощью коушей 9 и кольца 10.

На Магнитогорском крановом заводе И. В. Кроликов разработал и применил приспособление (фиг. 26), резко сокращающее вспомогательное время, требуемое на установку детали в патрон станка. Приспособление закрепляется в патроне станка, заготовка подается краном и устанавливается на штырь 5. Затем на него надевается конусное кольцо 3 и гайка 4. При ее завинчивании ступица катка входит в полость втулки, и пружины 2 сжимаются. Втулка 6 опускается, направляемая отверстием планшайбы 1, и обод катка опирается на рифленные опоры 7. Приспособление автоматически центрирует каток с точностью до 1 мм.

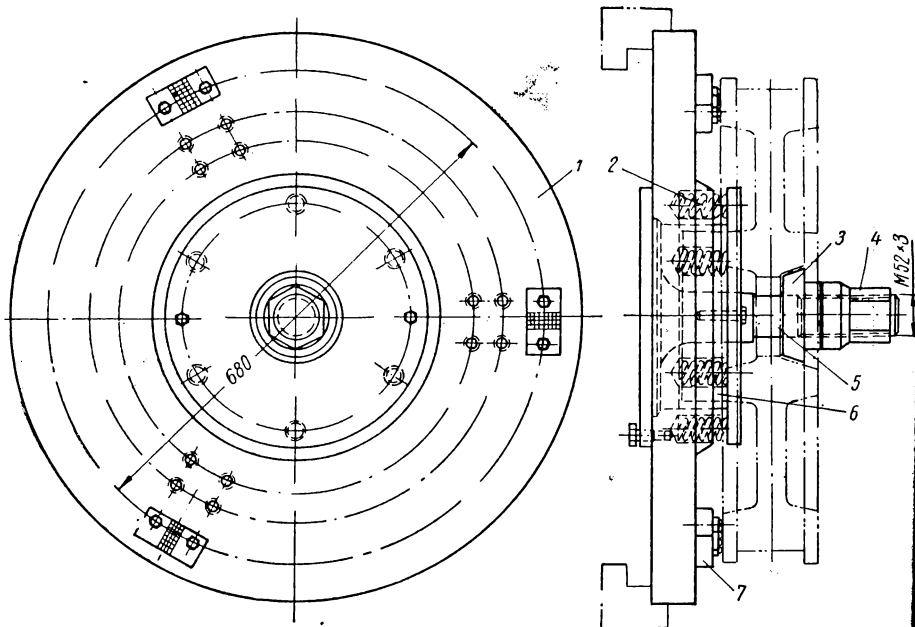
Сокращение вспомогательного времени при установке дисков диаметром 250—450 мм, не имеющих центрального отверстия, обеспечивается применением устройства, показанного на фиг. 27. Оно характеризуется незначительным весом, поэтому токарю не требуется посторонняя помощь независимо от того, в каком положении находится поковка перед подъемом.

Корпус 6 изготовлен из листовой стали, усиленной ребрами жесткости 7. В нижней части имеются наклонные полки 9 с ножевидными козырьками 8, а на верхней — усиленная перемычка 1, с которой связан рым 2. Верхняя полка 3 может перемещаться по пазу корпуса; закрепляется она гайкой 4, навинчиваемой на шпильку 5. Опорные полки расположены так, что приспособление свободно подходит вплотную к передней плоскости трехручачкового патрона.

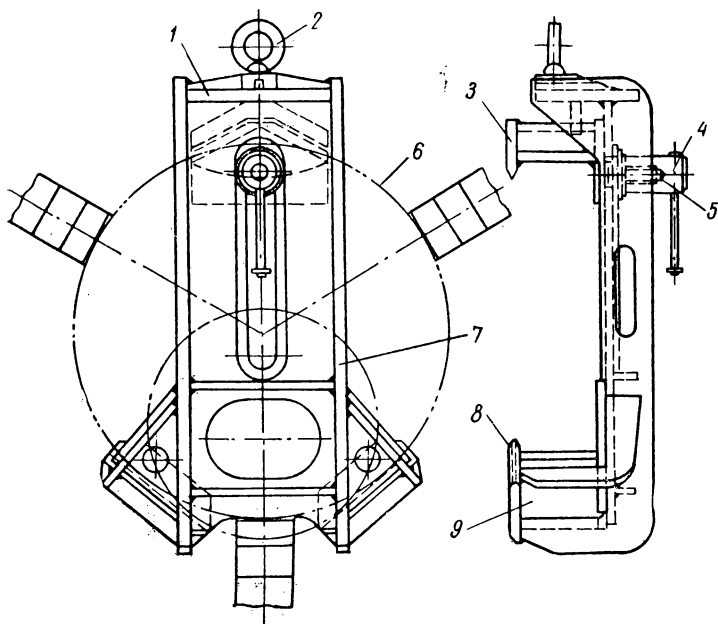
Приспособление накладывается на заготовку, закрепляется на ней; производится подъем краном. После закрепления в патроне подвижная полка 3 поднимается и приспособление снимается.



Фиг. 25. Приспособления для подъема заготовок валов: а — стропами; б — рычажными захватами.



Фиг. 26. Приспособление для закрепления заготовок деталей типа дисков без выверки.



Фиг. 27. Приспособление для подъема и установки заготовок деталей типа дисков.

Методы контроля при выверке. Перекос оси заготовки определяется рейсмассом, штангенциркулем и угольником или индикатором путем измерения отклонения от параллельности ее образующих и направляющих станины станка в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Перекас оси заготовки, закрепленной в патроне, выявляется по торцевому биению ее поверхностей.

Смещение оси вращения заготовки относительно оси шпинделя во всех случаях определяется по радиальному биению.

Выявление радиального и торцевого биения отметкой мелом — неточный метод, который применяется для выверки заготовок с необработанными поверхностями.

Более точно биение определяется рейсмассом по изменению зазора между иглой и поверхностью медленно вращающейся заготовки. Изменяя положение заготовки, добиваются получения равномерного зазора. Наибольшая точность выверки достигается при измерении биения индикатором. Биение определяется как разность наибольшего и наименьшего показаний индикатора.

Установка на центры. Выверка заготовки, установленной на центры, производится путем определения биения в различных сечениях ее.

Иногда в процессе выверки ободранной заготовки появляются сомнения в возможности получить из нее вал требуемого диаметра d_g . В таком случае определяется поправка на смещение центровых отверстий путем вторичного центрования заготовки.

Для этой цели в нескольких сечениях измеряются диаметр заготовки $D_{зав}$, величина биения Δ и определяется величина наименьшего припуска, который должен оставаться для удаления дефектного слоя a_{\min} (фиг. 28).

Чтобы при обработке заготовки вал вышел годным, необходимо соблюдение условия

$$d_g \leq 2(r_{\min} - a_{\min}).$$

Если это условие не выполнено, необходимо сместить центры на величину δ , определяемую из формулы

$$\delta_{\min} \geq \frac{p_g}{2} + \frac{a_{\min}}{2} - r_{\min}.$$

Приведем пример. Диаметр ободранной заготовки $D_{зав} = 800$ мм; диаметр готового вала $d_g = 780$ мм; наибольшее биение $\Delta = 35$ мм; наименьший припуск $a_{\min} = 5$ мм.

Определяя возможность «выхода» годного вала, имеем:

$$2r_{\min} = 800 - 35 = 765 \text{ мм.}$$

$$d_g \leq 765 - 5 = 760 \text{ мм,}$$

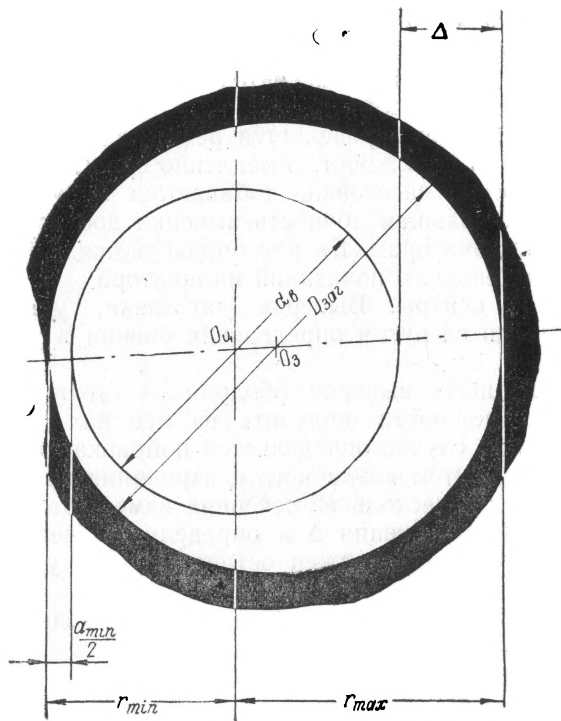
следовательно, необходимо смещение центров.

Наименьшее необходимое смещение центров

$$\delta_{\min} = \frac{780}{2} + 2,5 - \frac{765}{2} = 10 \text{ мм}$$

Зная величину необходимого смещения центров, следует измерить диаметр $D_{заг}$ и биение Δ в других сечениях заготовки, чтобы убедиться, что смещение центров не вызовет появления «черновин» в этих сечениях.

Выверка заготовки, установленной на центры с помощью регулируемой крестовины и закрепленной одной стороной в патроне, производится рейсмассом или индикатором на двух концах: в вер-



Фиг. 28. Смещение центрального отверстия заготовки вала.

тикальной и горизонтальной плоскостях (фиг. 29). Достижимая точность при установке заготовок с отверстием $d = 400—1500$ мм составляет 0,5 мм.

При применении сварных крестовин проверка биения производится в вертикальной плоскости у патрона. Для заготовок с отверстием $d > 1500$ мм точность установки в этих случаях приблизительно 0,2 мм.

Если заготовка вала устанавливается на задний центр и в патрон, выверка производится со стороны патрона в вертикальной плоскости. Смещение заготовки в горизонтальной плоскости выверяется по биению ее у патрона, которое определяется индикатором. Точность установки при этом не превышает 0,05 мм. При замене обычного центра грибковым выверка заготовки производится ана-

логично предыдущему, при этом точность выверки уменьшается до 0,1 мм.

Установка с применением люнетов. Необходимость обработки торца заготовки вала или растачивания центрального отверстия исключает возможность использовать в качестве опоры задний центр и вынуждает применять неподвижный люнет. Таким образом, заготовка одним концом закрепляется в патроне, а другим опирается на люнет.

Если при выверке установленной заготовки совместить ось ее OO с теоретической осью центров станка, то в процессе обработки заготовка может «выползти» из кулачков патрона. Это происходит потому, что под действием веса заготовки шпиндель станка перекашивается в пределах зазоров, имеющихся в его подшипниках (фиг. 30, а). Особенно большие перекосы наблюдаются у шпинделей с подшипниками скольжения.

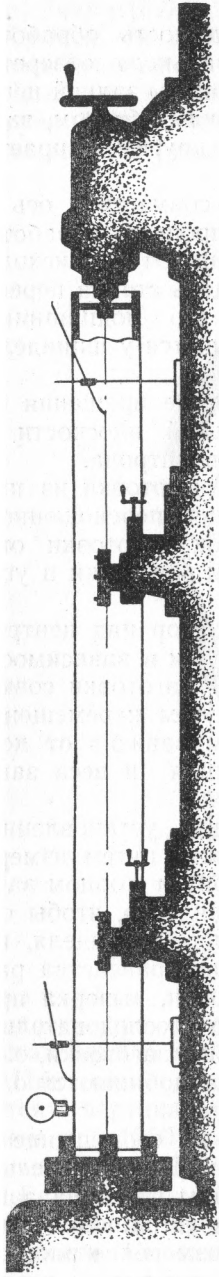
Выверенная таким образом заготовка в процессе вращения вокруг оси O_1O_1 будет перемещаться в вертикальной плоскости и, в конечном счете, может «выползти» из кулачков патрона.

Чтобы исключить возможность «выползания» заготовки из патрона, ось ее OO совмещается с осью вращения перекошенного шпинделя O_1O_1 . Для этой цели свободный конец заготовки опускается вниз на величину h , зависящую от длины заготовки и угла перекоса.

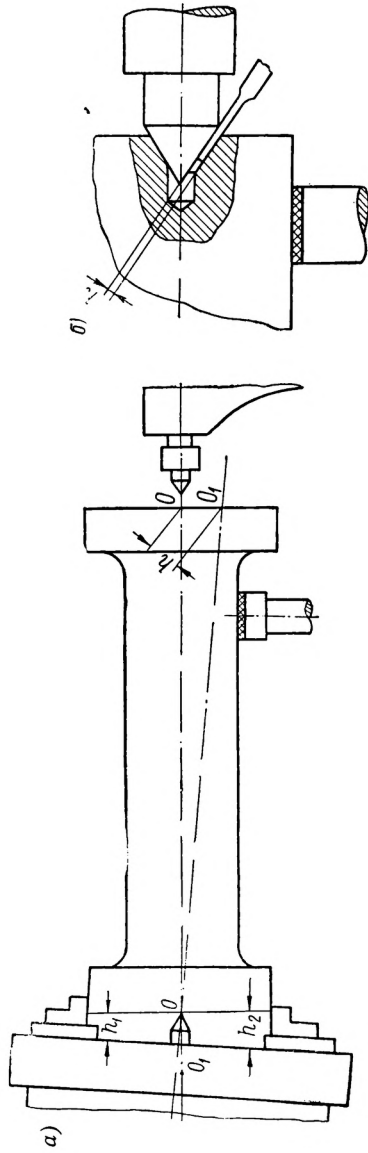
Выверка заготовки производится так, чтобы зазор над центром был равен нулю, а под ним — составлял 0,2—0,5 мм в зависимости от степени перекоса (фиг. 30, б), при этом ось заготовки совмещается с осью вращения шпинделя станка путем перемещения кулачков люнета. Величина зазора под центром зависит от конструкции подшипников шпинделя, их состояния и веса заготовки.

Выверка соосности шпинделя станка и заготовки, установленной в патрон и на люнет, может осуществляться также путем измерения расстояний h_1 и h_2 между плоскостью патрона и торцом заготовки в вертикальной плоскости (фиг. 30, а). Для того, чтобы ось заготовки совпала с осью вращения перекошенного шпинделя, необходимо, манипулируя кулачком люнета, добиться равенства расстояний h_1 и h_2 . Если торец заготовки не обработан, выверка производится с помощью уровня, устанавливаемого последовательно на цилиндрическую поверхность патрона и на шейку заготовки, опирающуюся на люнет. Перемещая кулачки люнета, добиваются одинакового показания по шкале уровня.

Токарем В. Д. Дрокиным выверка заготовки на совмещение ее оси с осью шпинделя производится несколько иначе. Предварительно проверяется штихмасом расстояние от планшайбы до торца заготовки в четырех положениях. Разница в размерах устраняется регулировкой кулачков люнета. Затем производится измерение расстояния от наивысшей точки на планшайбе до торца заготовки в вертикальной плоскости, после чего заготовка и планшайба последовательно поворачиваются четыре раза на угол 90° . В каждом из



Фиг. 29. Выверка заготовки, установленной в патрон и на задний центр.



Фиг. 30. Выверка заготовки вала при перекошенном шпинделе: а — схема установки; б — выверка положения заготовки.

четырёх положений измеряется расстояние от той же точки на планшайбе до торца заготовки.

Если результаты измерений неодинаковы, то регулированием кулачков патрона и люнета добиваются их равенства. При одинаковых результатах измерений (разница не более 0,01 мм) производится окончательное закрепление заготовки и контрольная проверка. В том случае, когда отклонения при контрольных измерениях также не превышают 0,01 мм, выверка считается оконченной.

Если шпиндель станка не перекошен, то выверка положения заготовки сводится к совмещению ее оси с линией центров. В этом случае выверка может производиться задним центром. После подведения под заготовку люнета задний центр отводится, при этом правильность первоначальной ее установки неизбежно нарушается. Выверка производится введением заднего центра в центровое отверстие. О правильности положения заготовки судят по величине кольцевого зазора, проверяя его щупом.

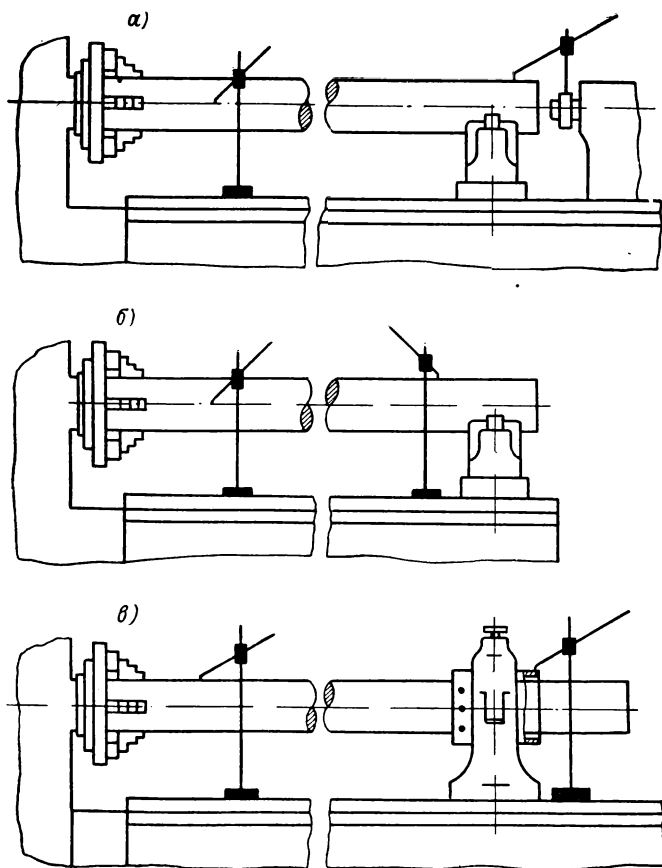
Если выверку с помощью заднего центра осуществить невозможно, применяется специальный угловой рейсмасс *I* (фиг. 31, а). Вершина иглы рейсмасса подводится к поверхности заготовки на расстояние 0,3—0,5 мм. Медленно вращая иглу вокруг оси пиноли и наблюдая зазор между вершиной иглы и поверхностью заготовки, добиваются правильного положения ее путем перемещения кулачков люнета. В тех случаях, когда применение углового рейсмасса невозможно, выверка производится рейсмассом, основание которого может перемещаться вдоль образующей заготовки вала параллельно направляющим станины станка (фиг. 31, б). Правильность положения заготовки оценивается по наблюдению зазора между вершиной иглы рейсмасса и образующими на концах заготовки в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Более удобно и точно можно производить выверку заготовки, приняв за базу для измерения люнет. Для этого в люнете растачивается поясок. От поверхности пояска в трех точках измеряются штихмасом расстояния до поверхности выверяемой заготовки. Последняя считается установленной правильно, если эти расстояния равны. Недостаток такого метода выверки в том, что деформация станины станка и местный износ ее направляющих могут снизить точность установки.

На полужестких и нежестких заготовках валов базовые шейки под люнет затачиваются от базовых муфт. Заготовка с надетой базовой муфтой устанавливается на центры станка и закрепляется в патроне. Выверка положения базовой муфты производится индикатором и регулируемые винтами по биению наружной поверхности муфты (фиг. 31, в).

Токарем А. Г. Павловым установка заготовок валов диаметром до 450 мм при длине до 6000 мм с применением неподвижного люнета с шариковым или роликовым подшипником производится следующим образом. На заготовке вала (фиг. 22) предусматривается базовая шейка для напрессовки на него подшипника *I*. Торце правой крайней ступени вала подрезается так, чтобы торцевое биение

не превышало $0,02$ мм. Левый конец вала устанавливается на передний центр и в специальный четырехкулачковый патрон 5. Правый конец вала во время установки поддерживается задним центром. Обойма 2, напрессованная на наружное кольцо подшипника, устанавливается в люнете 3 на кулачки 4 и выверяется индикатором по



Фиг. 31. Выверка заготовки вала: а — вращающимся рейсма-
сом; б — двумя рейсма-
ссами; в — двумя рейсма-
ссами при наличии базовой муфты.

биению шейки на правом конце заготовки; допустимое биение — не более $0,01$ мм. Базовая шейка вала протачивается по внутреннему диаметру шарикового подшипника с натягом $0,01—0,02$ мм, при этом эллиптичность не должна превышать $0,01$ мм. Насадка подшипника на шейку вала осуществляется легким ударом свинцового молотка или с помощью пиноли задней бабки.

Выверка осевого положения шарикового подшипника также производится индикатором по торцевой поверхности внутреннего кольца

подшипника. Биение торцевой поверхности не должно превышать 0,02 мм. Регулирование положения вала производится при помощи кулачков люнета. После окончательной выверки заготовки задний центр отводится вправо на 1 — 1,5 мм, что обеспечивает возможность удлинения вала (при нагревании в процессе обработки) без его изгиба и влияния на точность обработки.

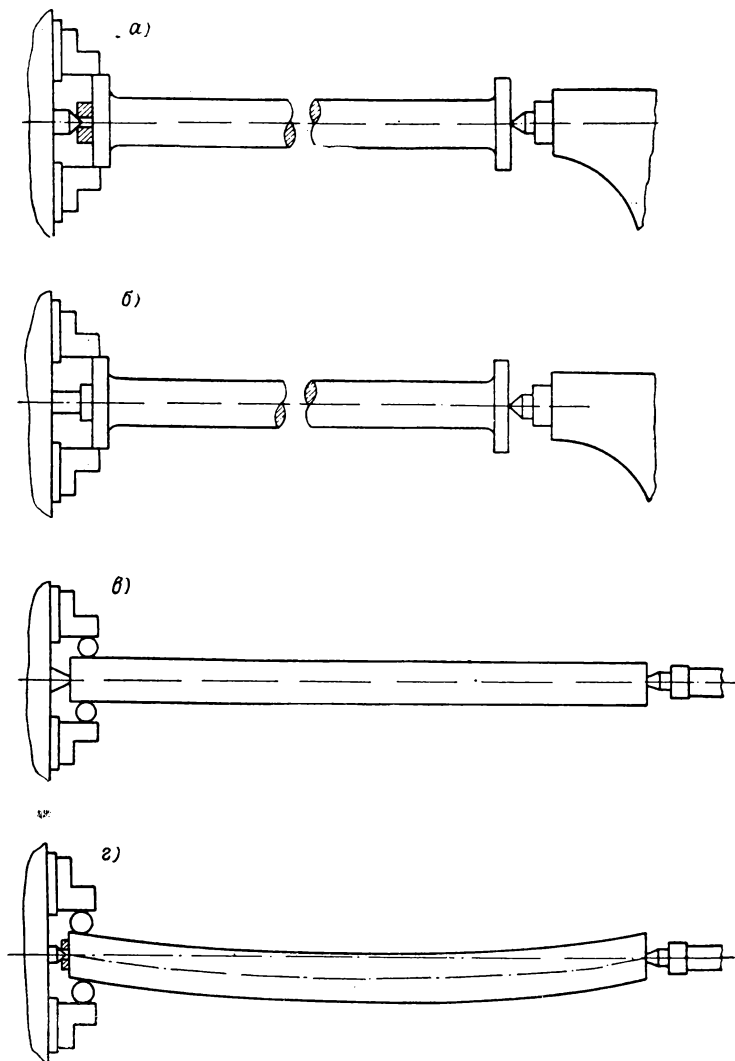
Такой способ закрепления валов обеспечивает большую жесткость и позволяет вести механическую обработку на более высоких режимах резания.

Закрепление заготовки. Обтачивание заготовки жесткого вала, установленной на оба центра и закрепленной в кулачках обычного патрона, не обеспечивает правильной геометрической формы по причине неравномерного давления на заготовку отдельных кулачков патрона (фиг. 17). Такой метод закрепления приводит к нежелательным результатам после обтачивания еще и потому, что у переднего центра станка часто имеется биение. Неравномерное действие кулачков и биение переднего центра при чистовом обтачивании устраняются путем установки между передним центром и торцом заготовки специального упорного кольца (фиг. 32, а) или упора (фиг. 32, б) (встроенного в отверстие шпинделя), поддерживающих заготовку и позволяющих ей смещаться в соответственном направлении под действием на нее кулачков. При таком закреплении заготовки силы зажатия, развиваемые кулачками, уравновешиваются, сохраняется правильное положение заготовки после выверки, чем и создаются условия для получения вала правильной формы.

Закрепление заготовок полужестких валов с центрирующими заглушками, устанавливаемых обязательно на передний и задний центры, производится с помощью стальных шаров диаметром 20—35 мм (в зависимости от веса заготовки). Шары устанавливаются под кулачки патрона, как показано на фиг. 32, в. При зажатии шары деформируют заготовку, а также поверхности кулачков в местах контакта на различную глубину в зависимости от давления, развиваемого кулачком. При таком закреплении заготовка не имеет возможности сместиться в направлении к заднему центру, положение переднего центра не изменяется, центрирование не нарушается.

Заготовка полужесткого вала, имеющая значительный прогиб от собственного веса в процессе обтачивания, непрерывно деформируется во всех радиальных сечениях в момент совмещения их с вертикальной плоскостью. Эта деформация приводит к врезанию кулачков в тело заготовки, что сопровождается ослаблением закрепления, а вместе с этим и к нарушению правильного ее положения. Замена шаров стальными валиками не приводит в таких случаях к положительному результату. В силу большого трения кулачков патрона и заготовки о валики, последние быстро разрушаются. По опыту Балтийского завода, получение хороших результатов при закреплении заготовок полужестких валов обеспечивается с помощью упорного кольца и стальных шаров (фиг. 32, г). При такой установке заготовка соединяется с патроном шарнирно, и врезание ее в кулачки исключается.

Закрепление заготовок нежестких валов, также обязательно устанавливаемых на оба центра, кулачками патрона не рекомендуется; причем вращение их обычно осуществляется с помощью



Фиг. 32. Закрепление заготовок валов: *а, б* — жесткого, *в* — полужесткого; *г* — нежесткого.

поводков. Применение патрона можно допускать в исключительных случаях, при условии закрепления заготовки так, как показано на фиг. 32, *г*.

Установка заготовки намного ускоряется, если для выверки используются кольцевые риски, нанесенные на планшайбе (расстояние

между рисками обычно равняется 100 мм). По кольцевым рискам корпуса кулачков заранее устанавливают в нужное положение. Кроме того, сами кулачки также устанавливаются по шкалам (чаще всего с ценой деления 5 мм).

8. Некоторые сведения о механической обработке

Количество токарных операций, содержание их и последовательность выполнения в процессе изготовления детали зависят от ряда факторов, из которых основными и наиболее общими являются:

- 1) размеры и вид заготовки;
- 2) наличие или отсутствие испытаний по определению механических свойств, остаточных напряжений и структуры металла;
- 3) наличие или отсутствие термических операций по ходу механической обработки;
- 4) жесткость заготовки;
- 5) необходимость применения, кроме токарных операций, других видов обработки: шлифования, фрезерования, сверления и т. д.

Ниже рассматриваются особенности отдельных операций механической обработки валов на крупных токарных станках.

Для обтачивания заготовок применяется четыре вида обработки: обдирка и обтачивание — черновое, получистовое и чистовое.

Каждый из этих видов обработки может изменяться в зависимости от материала, формы и жесткости обрабатываемой заготовки. Эти же факторы влияют на конструкцию и геометрию режущего инструмента, а также на способ установки и закрепления его на станке.

Установка и закрепление режущего инструмента. Опыт работы на крупных токарных станках показывает, что обтачивание заготовок жестких и нежестких валов, растачивание и нарезание всех видов резьб целесообразно производить при левом вращении шпинделя. В этом случае резец устанавливается передней гранью вниз, выше линии центров на 0,1—5,0 мм в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки. При такой установке резца охлаждающая жидкость задерживается между обрабатываемой поверхностью и режущей кромкой, способствуя улучшению процесса резания. Кроме того, сила резания P_z и вес заготовки действуют в одном направлении, что способствует повышению виброустойчивости системы станок — заготовка — инструмент.

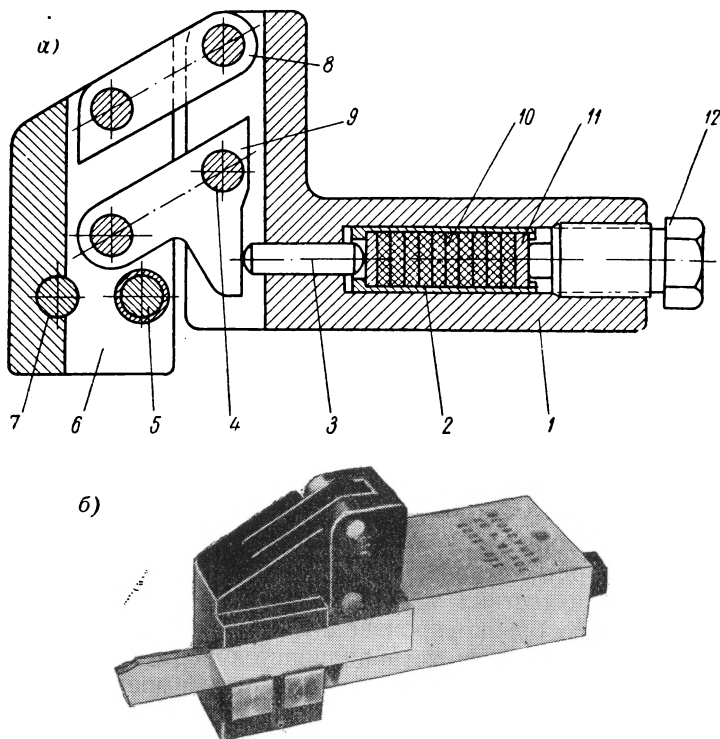
При левом вращении заготовки отпадает необходимость применения крышки люнета.

При расположении резца передней гранью вниз процесс отделения стружки делается менее опасным, улучшаются условия ее отвода и уборки, что способствует облегчению труда токаря и повышению производительности.

Отрезание и центрование. «Бахрома» и другие технологические припуски отрезаются обычно дисковой пилой (после предварительной разметки), но отрезание может осуществляться на токарном станке, на котором производится и разметка. Заготовка одним кон-

цом закрепляется в патроне, а другим опирается на люнет. Основное требование при отрезании — малая ширина реза и перпендикулярность плоскости реза к оси заготовки.

На заводах Чехословакии для отрезания применяется оригинальная державка с амортизатором (фиг. 33, *а* и *б*). Резец в виде пластины устанавливается на базовую поверхность подвески *б* и закрепляется болтами *5* и *7*. Подвеска соединена с корпусом державки *1* с помощью пластин *8* и *9*, установленных на осях *4*. Пластина *9* упи-



Фиг. 33. Державка для тяжелых отрезных работ: *а* — конструкция державки; *б* — внешний вид.

рается через шток *3* и амортизирующий блок *2*, *10* и *11* в регулируемый упор *12*. При установившемся режиме резания амортизатором уравнивается радиальная составляющая силы резания, и державка обращается в жесткую систему.

При резких перегрузках резца (ударах) амортизатор несколько деформируется, поглощая значительную часть энергии удара, при этом режущая кромка резца отходит несколько вниз (ниже центра), оставаясь параллельной самой себе. Глубина резания уменьшается, что благоприятно влияет на работу резца.

При отрезании и прорезании глубоких канавок на крупных токарных станках часто возникают затруднения из-за увода резца,

забивания канавки стружкой и появления вибраций. Новаторы внесли много предложений, направленных на совершенствование закрепления режущей пластинки отрезных резцов, повышение прочности и жесткости их головки, а также улучшение отвода стружки. Ниже приводятся данные о геометрии отдельных отрезных резцов.

Новатором Л. А. Никитиным на Калужском турбинном заводе предложена новая геометрия отрезного резца, обеспечивающая свободный выход стружки, перпендикулярность и малую ширину реза, а также отсутствие «заедания» резца при отрезании заготовок диаметром 300 мм.

Режущая кромка резца (фиг. 34, а) имеет три участка: средний — горизонтальный, шириной 2 мм, и два наклонных, расположенных под углом 15° . Задний угол $\alpha = 8^\circ$. Режущая часть резца выполнена из твердого сплава Т15К6. При работе таким резцом стружка перемещается в трех направлениях: средняя — вдоль канавки, а боковые отходят от стенок образующейся канавки навстречу друг другу. Такое распределение стружки обеспечивает беспрепятственный выход ее из канавки. Обработка резцом производится при скорости резания $v = 50\text{—}60$ м/мин с подачей $s = 0,15 \div 0,25$ мм/об. С применением резцов новой геометрии их поломки вследствие «заедания» прекратились.

В конструкции отрезных резцов, предложенных З. И. Дружковским и И. А. Дивень (фиг. 34, б), режущая кромка также разделена на две кромки, расположенные под углом 10° к линии центров. Наличие криволинейной передней грани улучшает отвод стружки. Прочность крепления пластинки обеспечивается пайкой в закрытом гнезде. Применение этих резцов позволяет вести отрезание при скорости резания $v = 250 \div 300$ м/мин и подаче $s = 0,2 \div 0,3$ мм/об.

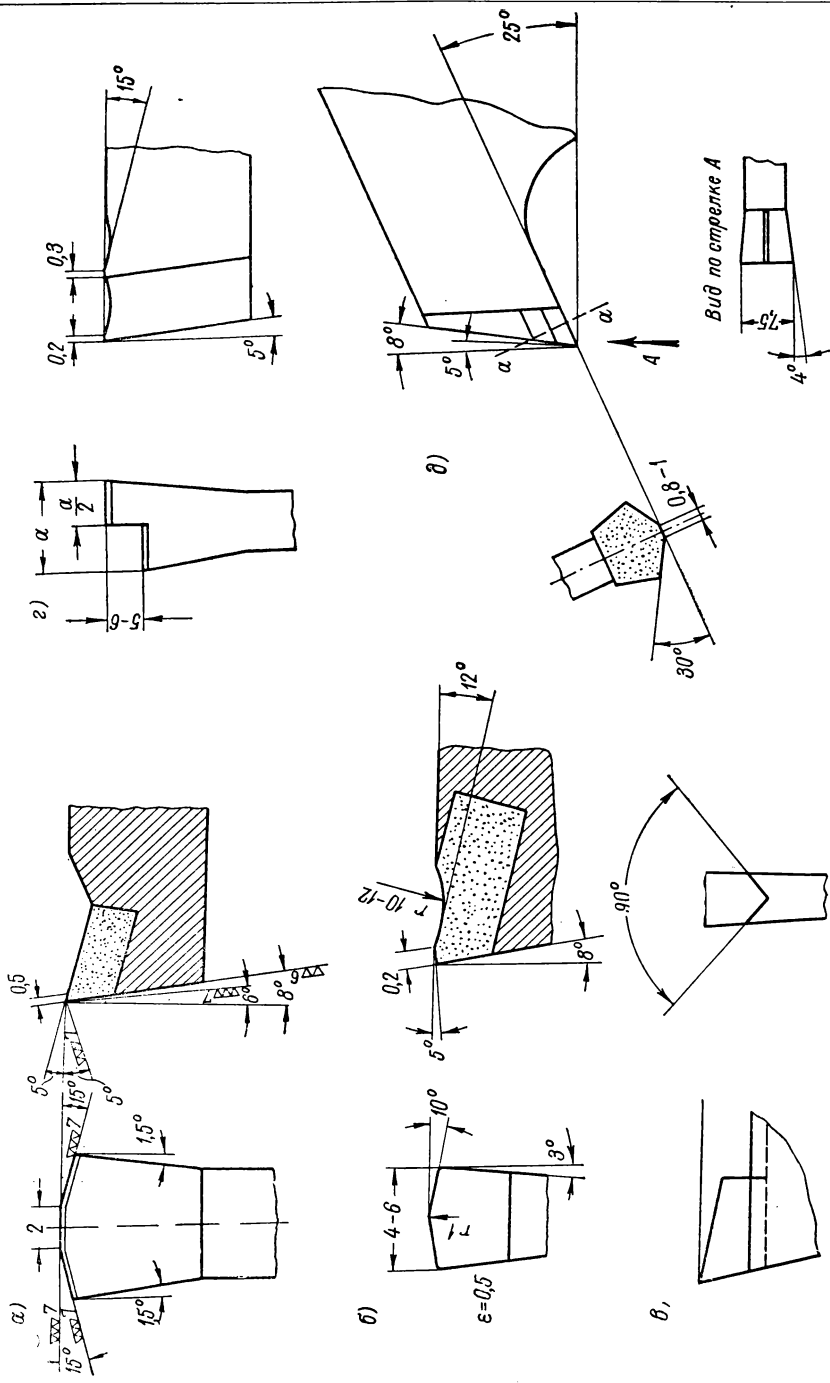
Более простое и весьма эффективное крепление режущих пластинок отрезных резцов предложено В. Н. Годяевым (фиг. 34, в).

На фиг. 34, г показана оригинальная конструкция отрезного быстрорежущего резца конструкции А. П. Рыбакова. Этот резец обеспечивает разделение стружки на две части, легко отводимые из зоны резания при обработке крупных заготовок.

Геометрия отрезного твердосплавного резца, разработанного новатором В. А. Карасевым, показана на фиг. 34, д. Наличие наклонных режущих кромок обеспечивает центрирование резца и получение ширины стружки меньше ширины реза. Большой передний угол облегчает резание и создает благоприятные условия для плавного схода стружки. Резцами с этой геометрией можно работать на повышенных режимах резания — с подачей $s = 0,4$ мм/об и скоростью резания $v \leq 120$ м/мин, в зависимости от обрабатываемого материала.

Обработке центровых отверстий предшествует операция разметки. Назначение разметки — найти ось вращения заготовки. На фиг. 35 схематично показано «смещение биения» (точки 1, 2, 3, 4) в различных сечениях заготовки и расположение оси центровых отверстий.

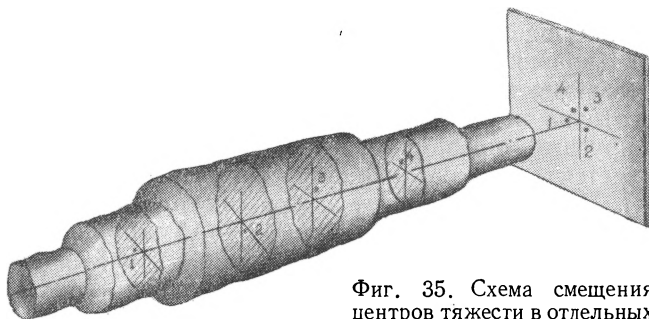
Центровые отверстия последовательно обрабатываются центровым сверлом, нормальным сверлом и зенковкой, устанавливаемыми



Фиг. 34. Конструкции отрезных резцов.

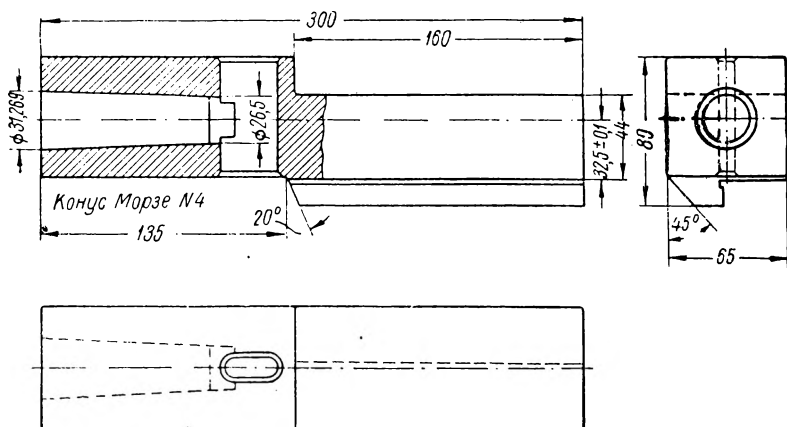
в пиноль задней бабки. Зенкование в ряде случаев заменяется растачиванием резцом, установленным в резцедержателе.

Если вращающийся центр встроен в пиноль задней бабки, то сверла и зенковки для обработки центровых отверстий закрепляются



Фиг. 35. Схема смещения центров тяжести в отдельных сечениях заготовки вала.

ются в резцедержателе. Для этого может быть, например, использована державка (фиг. 36), предложенная М. А. Абрамовым, которая закрепляется в резцедержателе токарного станка. Выверка точности



Фиг. 36. Державка для установления сверл и зенковок на резцедержатель.

установки державки производится совмещением вершин переднего центра станка и центра, установленного в гнездо державки. При пользовании державкой подача сверла может производиться механически, а удаление его осуществляется с помощью клина.

9. Обдирка валов и дисков

Крупные тяжелые заготовки валов и роторов перед обдиркой проверяются и размечаются для отрезания «бахромы», которое производится дисковой пилой. После отрезания клёйма с отрезанного конца переносятся на торец заготовки, и производится вто-

ричная разметка с целью определения положения центровых отверстий.

«Бахрома» может отрезаться и на токарном станке. В этом случае заготовка вала обрабатывается в следующем порядке.

Производится проверка годности поковки, нанесение осевых рисок и разметка под обработку. Затем заготовка поступает на расточный станок (колонку) для фрезерования мест под кулачки и растачивания отверстия под центрирующую пробку. После установления пробки заготовка помещается одним концом в четырехкулачковый патрон, а другим — на задний центр токарного станка, выверяется и закрепляется для обтачивания базовой шейки под люнет (фиг. 37, а). Припуск снимается за три прохода при следующих режимах резания: $v = 7 \div 8 \text{ м/мин}$, $s = 0,1 \div 0,3 \text{ мм/об}$, $t = 15 \div 20 \text{ мм}$.

Под базовую шейку подводится люнет, после чего заготовка размечается по осевым размерам. После разметки обтачиваются наружные диаметры фланцев (фиг. 37, б) и подрезаются внутренние торцы их (фиг. 37, в). В обоих случаях обработка ведется двумя суппортами одновременно. Затем следует обработка трех ступеней средней части заготовки, которая также производится двумя суппортами одновременно (фиг. 37, г).

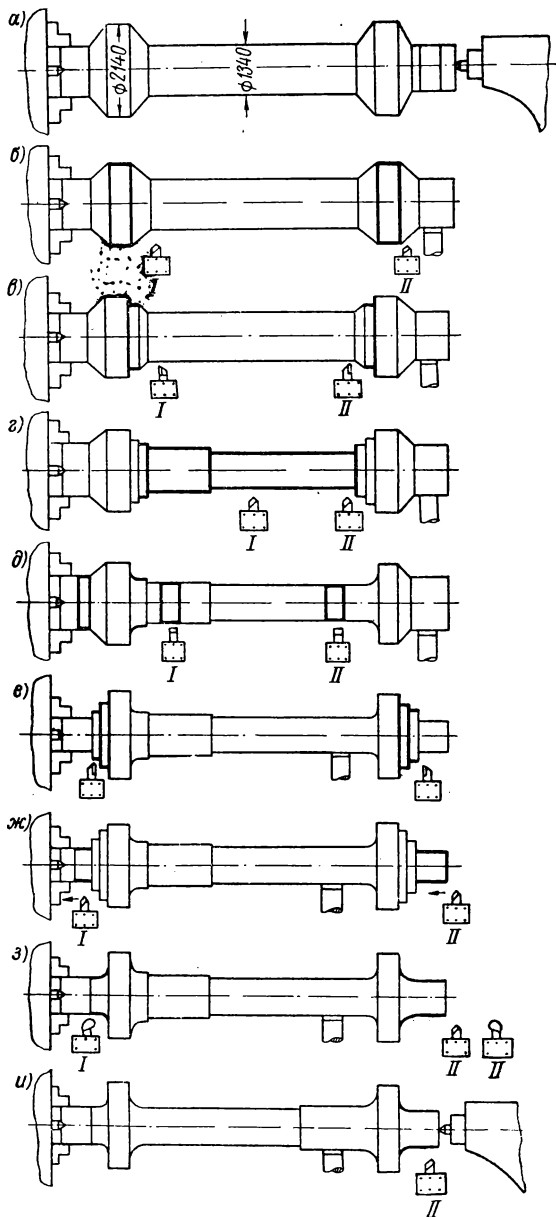
После обтачивания средней части заготовки обрабатываются внутренние галтели у двух фланцев, конец заготовки у патрона (до кулачков) и галтели на торцах ступеней средней части.

Перед обработкой участков заготовки у задней бабки и патрона с внутренней стороны фланцев обтачиваются и полируются две базовые шейки. Обработка ведется двумя суппортами одновременно (фиг. 37, д). Затем второй суппорт перегоняется к задней бабке, люнет переустанавливается под вновь обточенную шейку у задней бабки, после чего последняя отводится от заготовки. Одновременно двумя суппортами обтачиваются наружные торцы фланцев (фиг. 37, е), концы заготовки у фланцев (до галтелей, фиг. 37, ж), наружная галтель и правый конец заготовки у левого фланца (фиг. 37, з) и наружная галтель у правого фланца. Для обтачивания конца, зажатого в патроне, заготовка поворачивается, вновь устанавливается в патрон и на задний центр и подпирается люнетом (фиг. 37, и).

Перед отрезанием «бахромы» в отверстие заготовки закладываются и расклиниваются в нем деревянные шпалы. После надрезания и снятия «бахромы» на одном конце заготовка переустанавливается для отрезания «бахромы» на другом.

На этом первая серия обдирочных операций заканчивается. Заготовка поступает на предварительное растачивание центрального отверстия и термическую обработку.

После термической обработки производится отрезание колец для образцов. Для отрезания колец заготовка должна быть установлена в патроне и на люнет. Поэтому перед отрезанием обтачиваются две базовые шейки. Сначала отрезаются кольца 1 на обоих концах заготовки для выявления остаточных напряжений (фиг. 38). В случае положительных результатов испытаний отрезаются кольца 2 и 3 на

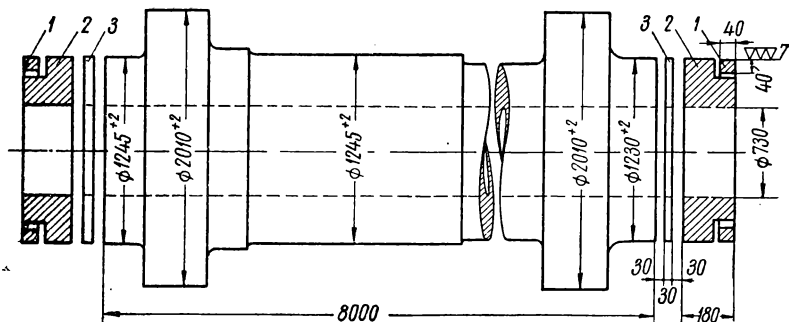


Фиг. 37. Последовательность переходов при обдирке заготовки вала: а — обтачивание первой базовой шейки; б, в, г — обработка средней части заготовки; д — обтачивание двух базовых шеек; е, ж, з, и — обработка концов заготовки.

одном конце заготовки и после переустановки — на другом конце. Из колец 3 изготавливаются образцы в виде сегментов для испытаний на макроструктуру, а из колец 2 — для определения механических свойств.

После отрезания колец и проведения всех испытаний окончательно растачивается отверстие, и на этом обдирка заготовки заканчивается.

Существующие методы разметки не позволяют определить смещения мест биения в различных сечениях заготовки и вследствие этого точно наметить положение центровых отверстий. По данным



Фиг. 38. Отрезание образцов для испытаний.

ЦНИИТМАШ, биение в отдельных сечениях заготовок достигает 35 мм, а разность в величине биения по отдельным сечениям — 10—25 мм.

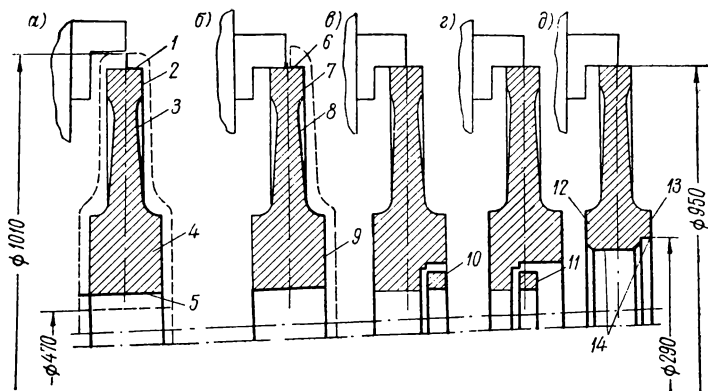
Большая погрешность разметки и обработки центровых отверстий, несвоевременное выявление волосовин, трещин и других дефектов, а также возможность деформации заготовки после термической обработки приводят к необходимости выверки точности положения ее после установки на центры станка.

Разметка заготовок обычно выполняется на разметочных плитах, а подрезание торцов и центрование отверстий — на расточных станках («колонках»). У заготовок валов, имеющих центральное отверстие, подрезаются торцы и растачиваются выточки под центрирующие пробки; это выполняется обычно также на расточных станках.

Если центрирование производится на токарном станке, то для обработки центровых отверстий заготовку вала закрепляют одним концом в патроне; другой конец с надетой базовой муфтой укладывают в люнет. С помощью кулачков патрона и люнета ось заготовки совмещается с осью вращения шпинделя; заготовка окончательно закрепляется, производится обработка первого центрального отверстия и обтачивание базовой шейки у патрона. Затем муфта снимается, вал переустанавливается базовой шейкой на люнет, а зацентрированный конец — в патрон, и вновь выверяется, после чего обрабатывается второе центральное отверстие.

Для обдирки дисков заготовки их закрепляются в кулачках патрона поверхностью обода до половины его ширины, производится выверка по наружным цилиндрической и торцевой поверхностям и по поверхности центрального отверстия, если оно имеется.

Обдирка начинается с подрезки торцов ступицы 4 и обода 2 (фиг. 39, а). Затем следуют растачивание отверстия 5, обтачивание свободных поверхностей обода 1 и полотна 3, после чего заготовка переустанавливается (фиг. 39, б) и вновь выверяется по поверхностям 1 и 2 с точностью до 0,5 мм. После вторичной установки подрезаются торцы обода 7 и ступицы 9, обтачиваются поверхности



Фиг. 39. Последовательность переходов при обдирке заготовки диска: а — обтачивание одной стороны и растачивание отверстия; б — обтачивание второй стороны; в, г — вырезание колец; д — растачивание отверстия и подрезание торцов.

обода 6 и полотна 8, восстанавливаются клейма и производится контроль размеров ОТК.

Далее заготовка подвергается термической обработке с целью снятия остаточных напряжений и предупреждения деформации в процессе чистового обтачивания. Затем она вновь устанавливается на токарный станок, выверяется с точностью до 0,5 мм, и производится вырезание кольцевого образца 10 (фиг. 39, в) с целью определения остаточных напряжений. Обработка начинается с подрезания торца ступени; отверстие растачивается на длину 60 мм, полируется и измеряется в нескольких сечениях, которые маркируются, после чего протачиваются канавки для отделения кольца. Затем аналогичными приемами вырезается кольцо 11 (фиг. 39, г) для испытаний механических свойств металла.

Необходимо отметить, что на заводах Чехословакии термообработка заготовок дисков производится в шахтных электрических печах, обеспечивающих высокую точность и стабильность термической обработки. Это позволяет отказаться от испытаний на остаточные напряжения, исключить токарную операцию вырезания колец и тем самым упростить изготовление дисков.

Дальнейшая токарная обработка заготовки производится при условии получения удовлетворительных результатов испытаний. Заготовка устанавливается в патроне и выверяется с точностью 0,05 мм (фиг. 39, д), затем подрезаются торцы 12 и 13 и растачиваются поверхности отверстия 14. Заканчивается обдирка полированием торцов ступицы и поверхности отверстия под травление с целью выявления макроскопических трещин и флокенов.

При обдирке заготовок крупных габаритов обычно снимаются значительные припуски на больших поверхностях, в связи с чем применение скоростных режимов резания в таких случаях является весьма эффективным.

Глубина резания в целях повышения производительности принимается возможно большей, насколько это позволяют имеющийся припуск, жесткость заготовки, станка и резца.

Резцы для обдирочных работ оснащаются пластинками твердого сплава Т5К10 и ВК8, которые припаиваются непосредственно к державкам или соединяются с державками механически. Сечение стружки, снимаемой при обдирке стальных заготовок в условиях спокойного резания, составляет 20 мм² для пластинок твердого сплава шириной 35 мм и 15 мм² — для пластинок шириной 25 мм. При снятии неравномерного припуска и при наличии корки указанные значения сечений стружки уменьшаются на 30—40%. В отдельных случаях сечения снимаемой твердосплавными резцами стружки достигают 40 мм² и даже 70 мм².

Для снятия стружки таких сечений применяются крупные резцы. Державки резцов достигают размеров 80 × 100 мм при длине до 800 мм. На съем, установку и переточку крупных цельных обдирочных резцов затрачивается много времени, что устраняется применением сборных резцов.

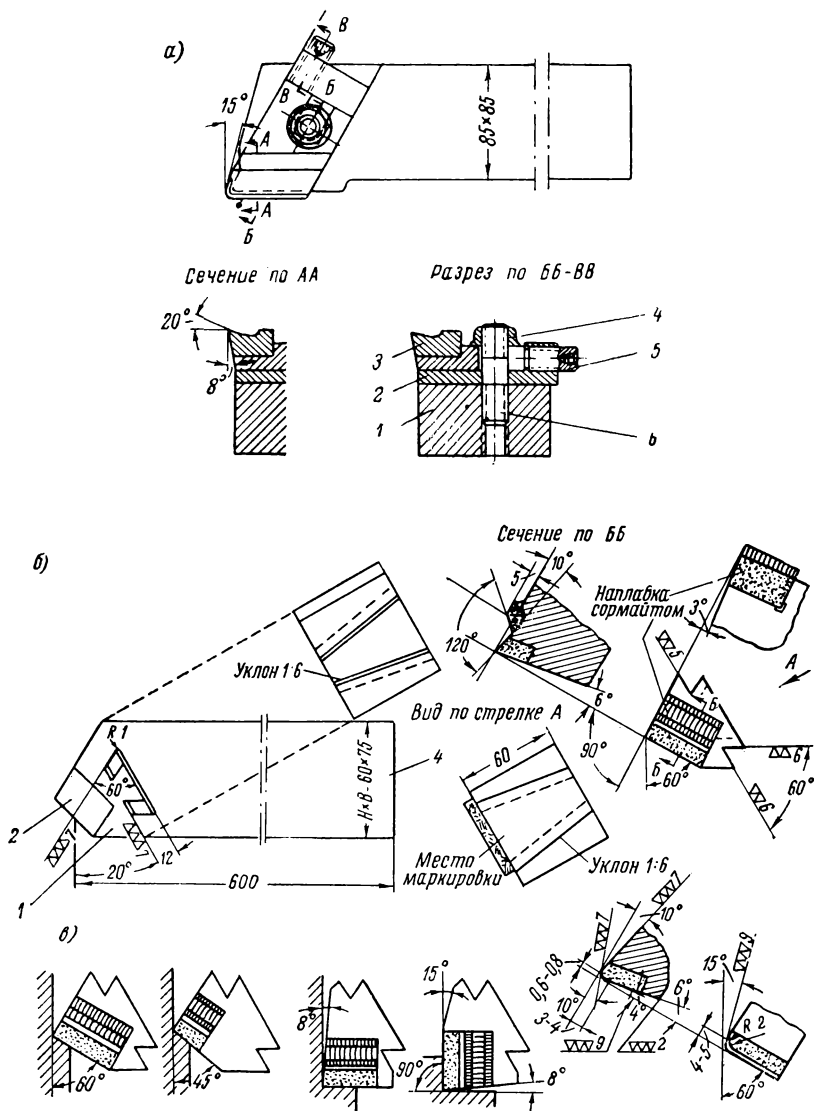
Сборные резцы оказываются практичными, когда обеспечиваются:

- 1) надежность закрепления ножа в державке;
- 2) легкость установки и съема ножа;
- 3) возможность регулирования положения ножа при переточке.

Наличие весьма твердой корки и чрезмерно больших и неравномерных припусков в ряде случаев вынуждает применять быстрорежущие резцы.

На фиг. 40, а показан сборный резец конструкции Ленинградского металлического завода, характеризующийся надежностью, удобством в эксплуатации и сравнительной простотой изготовления. В пазу 1 помещаются подкладка 2 и нож 3 с припаянной быстрорежущей пластинкой. Крепление подкладки и ножа осуществляется гайкой 4, навинчиваемой на шпильку 6. Регулирование положения ножа при заточке производится винтом 5.

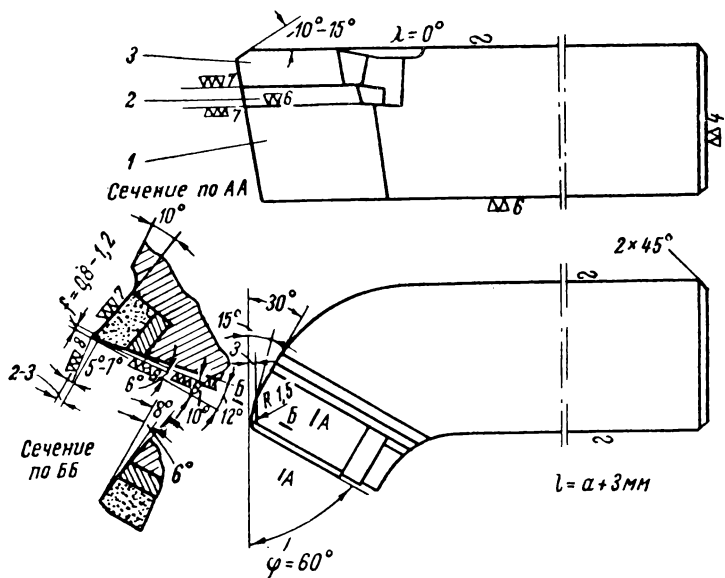
Задний угол режущей части в этих резцах принимается не более 8°. Широкое применение находят сборные резцы с клиновым креплением ножа (фиг. 40, б). Вкладыш 1 с припаянной пластинкой твердого сплава 2 и наплавленным выступом 3 сормайта для завивания стружки устанавливается в клиновой паз державки 4.



Фиг. 40. Сборные резцы с механическим креплением ножей.

Вкладыши различны по форме (фиг. 40, в), их сменой обеспечивается получение резцов проходного, подрезного или упорного.

Преимущество клинового крепления заключается в быстром смене и установке ножа. Заточка ножей производится в специальной державке облегченной конструкции с клиновым пазом. Если в процессе обдирки возможны значительные удары, резцы с механическим креплением применять не рекомендуется; в таких случаях лучше использовать резцы с напаянными пластинками твердого сплава. По этой же причине обдирка часто производится в два прохода:



Фиг. 41. Проходной резец с припаянной пластинкой твердого сплава для обдирки.

сначала резцом с напаянной пластинкой, а затем сборным резцом с механическим креплением ножа или пластинки.

Резцы с напаянными пластинками твердого сплава ломаются при обдирке, главным образом, из-за дефектов обрабатываемых заготовок (раковины, неотожженное литье и др.), недостаточной прочности режущей части резцов, которая иногда ослабляется канавками для ломания стружки, а также тяжелых условий работы. В процессе обтачивания часть державки под резцом нагревается до 500—600° и, находясь под давлением до 5000 кг, осаживается, в связи с чем пластинка твердого сплава в этом месте разрушается.

На Ново-Краматорском машиностроительном заводе (г. Электросталь) разработана новая конструкция проходного резца, отличающаяся от обычной наличием под пластинкой твердого сплава шлифованной прокладки из стали 9ХС толщиной 5 мм (фиг. 41). Прокладка 2, на которой помещается пластинка твердого сплава 3,

припаяется к державке резца *1* и при этом закаливается до $H_{RC} = 75 \div 40$. Применение прокладки повышает прочность опорной поверхности державки, в связи с чем случаи отпайки и скалывания пластинок твердого сплава резко сокращаются.

Резцы с прокладками удовлетворительно работают при обработке по корке крупных заготовок валов диаметром 600—900 мм из сталей 45X, 55X и др. при $H_B = 200 \div 230$. Режимы резания были повышены на 30—50% по сравнению с ранее принятыми и достигли значений: $v = 38 \div 42$ м/мин, $t = 20 \div 22$ мм, $s = 1,2$ мм/об.

10. Черновая обработка валов

При черновой обработке валов получают поверхности 2—3-го классов чистоты, причем оставляют припуски на получистовую и чистовую обработки.

Жесткие валы. Заготовка жесткого вала поступает на черновую обработку с припуском 4—6 мм на сторону и 2—3 мм на каждый из торцов. Закрепление заготовки производится, как показано на фиг. 50, а. Такая установка обеспечивает полное отсутствие пережимов заготовки кулачками патрона.

Черновое обтачивание стальных заготовок жестких валов, имеющих $\sigma_s \leq 65$ кг/см², производится с одновременным использованием всех супортов станка при следующих режимах резания:

а) на станках с числом оборотов в минуту 200 и выше $v = 230 \div 250$ м/мин, $s = 0,60 \div 0,75$ мм/об и $t = 4 \div 6$ мм;

б) на станках с наибольшим числом оборотов шпинделя в минуту, 100—120, $v = 150 \div 190$ м/мин, $s = 1,2 \div 1,5$ мм/об, $t = 4 \div 6$ мм.

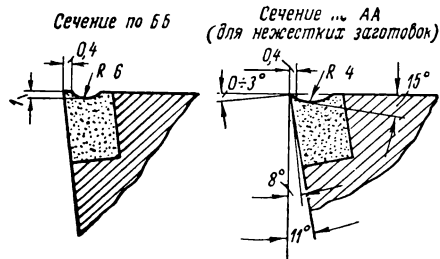
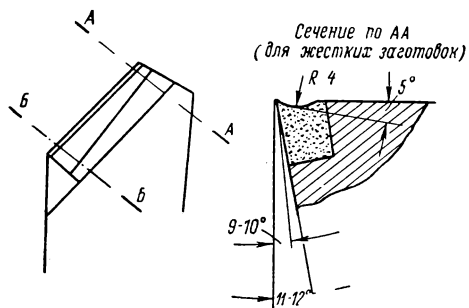
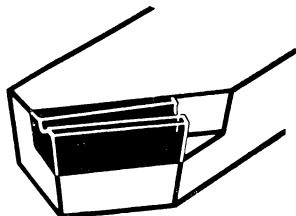
При обтачивании со скоростью резания $v = 230 \div 250$ м/мин применяются проходные резцы с припаянными пластинками Т30К4, а для обтачивания со скоростью резания $v = 150 \div 190$ м/мин — резцы с пластинками Т15К6. Конструкция резца для чернового обтачивания, применяемого на Балтийском заводе, показана на фиг. 42, а. Наличие положительного переднего угла γ , изменяющегося от 5° у вершины резца до 20—30° у второго конца режущей кромки, обеспечивает спокойное, без вибраций, резание. Задний угол берется в пределах $\alpha = 7 \div 10^\circ$. При непрерывной обработке таким резцом на указанных выше режимах заготовка диаметром 500 мм на длине 3000 мм обтачивается без переточки и доводки резца.

Токарем А. Г. Павловым усовершенствована геометрия нормальных резцов для чернового обтачивания (фиг. 42, б), что позволило обеспечить безопасный отвод стружки и применять высокие режимы резания.

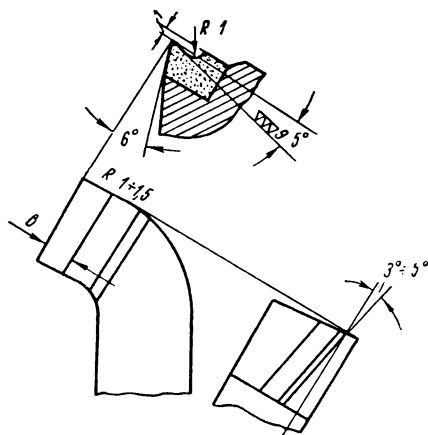
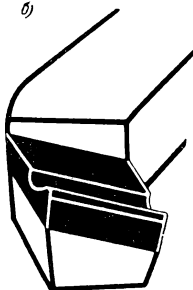
На передней грани резца параллельно режущей кромке затачивается уступ. Ширина уступа *b* зависит от подачи *s* и имеет следующие значения:

| <i>s</i> в мм/об | <i>b</i> в мм | <i>s</i> в мм/об | ϕ в мм |
|------------------|---------------|------------------|-------------|
| 0,4 | 3,5—4,5 | 0,7 | 6,5—7,5 |
| 0,5 | 4,5—5,5 | 0,8 | 7,5—8,5 |
| 0,6 | 5,5—6,5 | | |

а)



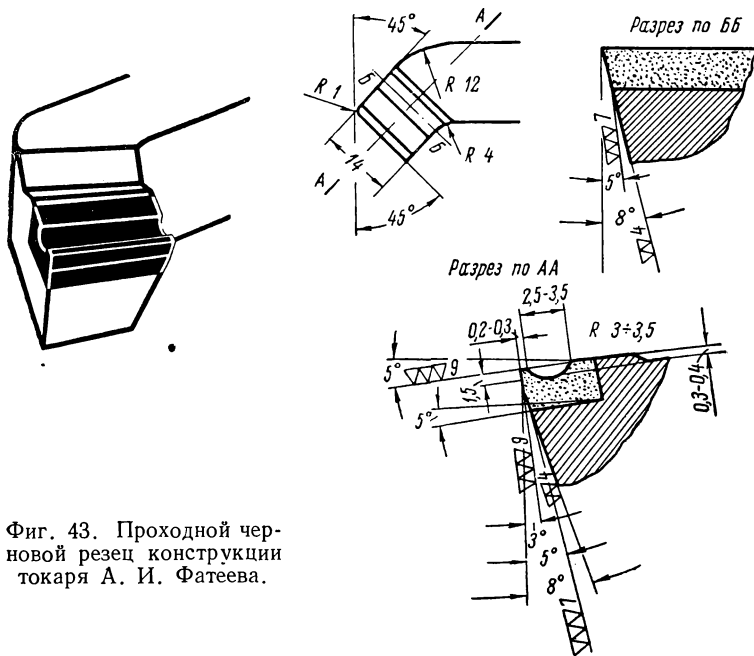
б)



Фиг. 42. Проходные резцы для чернового обтачивания: а — с переменным передним углом; б — с постоянным передним углом конструкции токаря А. Г. Павлова.

Стружка при своем движении упирается в выступ на передней грани резца, завивается в полукольца, имеющие радиус 50—60 мм, и ломается.

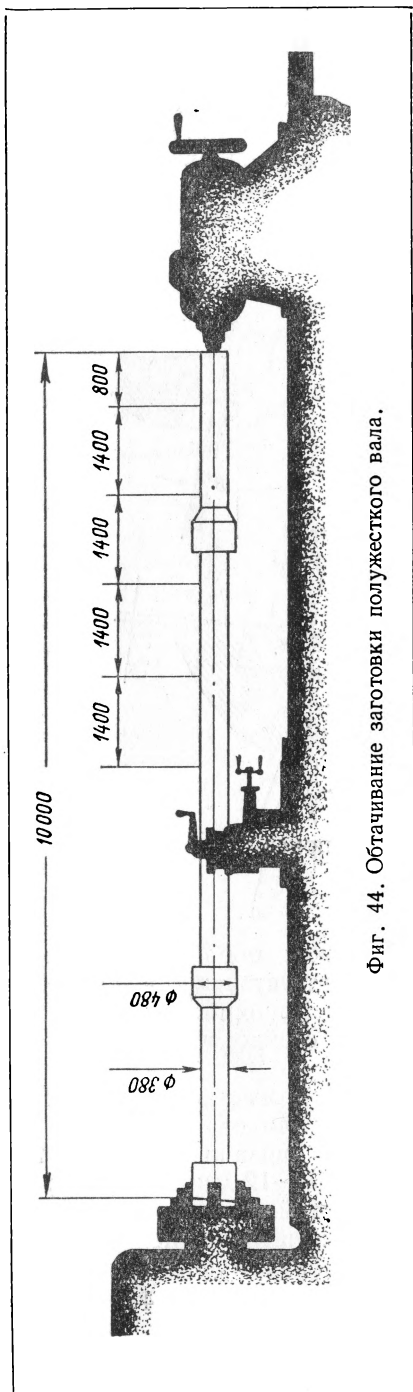
Токарь-новатор А. И. Фатеев успешно применяет для черногого обтачивания резцов своей конструкции (фиг. 43), отличающийся от обычных резцов положением пластинки твердого сплава, устанавливаемой под углом 5° , наличием на режущей кромке фаски шириной 0,2—0,3 мм с отрицательным углом 5° и выемки с радиусом $R = 3 \div 3,5$ мм, шириной 2,5—3,5 мм и глубиной 0,3—0,4 мм.



Фиг. 43. Проходной черновой резец конструкции токаря А. И. Фатеева.

При обработке резцами Фатеева стружка образуется в виде отдельных завитков. Дробление ее происходит устойчиво в широком диапазоне подач ($s = 0,2 \div 1,59$ мм/об) и глубин резания ($t = 3 \div 12$ мм). Резцы обладают повышенной стойкостью и работают при скоростях резания $v = 90 \div 360$ м/мин.

Полужесткие валы. В силу недостаточной жесткости, большой длины и значительного веса заготовок этих валов обработка их с применением скоростных режимов резания связана со значительными трудностями. Заготовки с припусками 10—12 мм на цилиндрических поверхностях, с надетой базовой муфтой, обычно устанавливаются на центры станка и закрепляются в патроне, под кулачки которого помещаются стальные шары. Базовая муфта смещается на середину заготовки, выверяется с помощью регулируемых винтов и индикатора, и под нее подводят люнет, после чего затачивают базовую шейку. Далее люнет устанавливается под заточенную базовую шейку, и от нее ведется дальнейшая обработка заготовки, при



Фиг. 44. Обтачивание заготовки полужесткого вала.

этом необходимость в базовой муфте отпадает. Если она остается на заготовке, то увеличивается неуравновешенность вращающихся масс и ограничивается возможная длина обработки.

Снятие муфты после обтачивания базовой шейки сопряжено с потерей точности установки и необходимостью производить вторичную установку и выверку заготовки. Кроме того, после полустойковой обработки базовая шейка обтачивается вновь для установления в люнет при чистовом обтачивании. Такой метод подготовки базовых реек очень трудоемок и требует значительных затрат вспомогательного времени.

Новый метод обтачивания базовой шейки обеспечивает получение большой производительности и высокой точности обработки полужестких валов. В основу этого метода легло хорошо известное токарям положение о том, что вал с отношением $\frac{L}{D} < 10 \div 12$ можно обрабатывать без люнета.

Заготовка полужесткого вала делится на жесткие участки с соблюдением неравенства $\frac{L}{D} < 10 \div 12$, и на каждом из них обтачивается переходная шейка. Последовательность обработки переходных шеек показана на фиг. 44.

Заготовка устанавливается на центры, выверяется и закрепляется в патроне, так же как при обработке жесткого вала. После ее установки на расстоянии около 800 мм от заднего центра обтачивается первая базовая шейка. Затем под эту шейку подводится люнет и на расстоянии 1300—1400 мм от нее обтачивается вторая базовая шейка.

Под вторую шейку, в свою очередь, подводится люнет, и на расстоянии 1300—1400 мм от нее обтачивается третья базовая шейка. Наконец, переместив люнет под третью шейку, обтачивают четвертую — основную базовую шейку, от которой и производится последующая обработка заготовки.

Диаметр основной шейки должен быть равен диаметру заготовки после обтачивания на данном переходе. Кулачками люнета необходимо устранять местный прогиб заготовки от собственного веса на 1,5—2 мм, оставляя некоторое провисание. Этим достигается разгрузка кулачков и предотвращается чрезмерный нагрев заготовки и вытекающие отсюда последствия.

При затачивании промежуточных базовых шеек могут быть рекомендованы следующие режимы резания. Предварительное обтачивание первой шейки ведется при $s = 0,6$ мм/об, $t = 3—4$ мм и $v = 80$ м/мин; чистовое обтачивание — при $s = 6$ мм/об, $t = 0,1$ мм и $v = 80$ м/мин.

При обтачивании второй, третьей и четвертой шеек подача и глубина резания те же, что и при обработке первой шейки, а скорость резания увеличивается до $v = 140$ м/мин. Обтачивание базовой шейки описанным методом исключает необходимость применения базовой муфты и способствует повышению производительности. Погрешность формы базовой шейки полностью переносится на все остальные цилиндрические поверхности заготовки при последующей обработке, поэтому контролю базовых шеек должно уделяться особое внимание. Контроль геометрии обточенной базовой шейки производится индикатором, установленным со стороны, противоположной режущему инструменту. Если индикатор расположить со стороны реза или в вертикальной плоскости, то его показания окажутся заниженными.

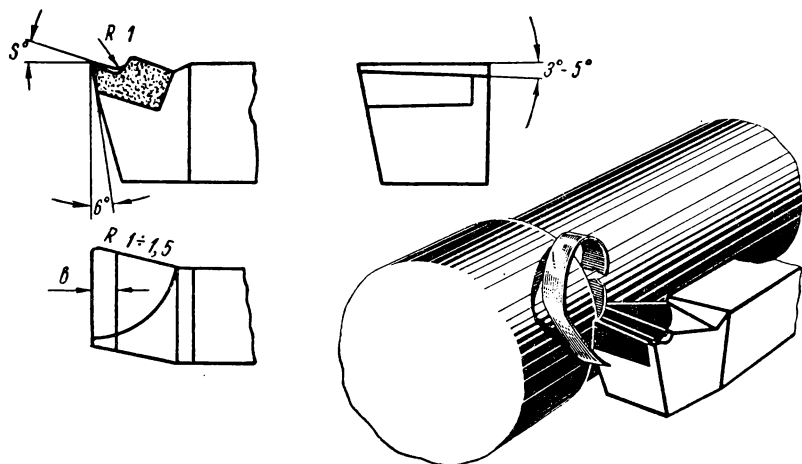
При длинных заготовках неподвижные люнеты устанавливаются на расстоянии 12—15 d один от другого. Независимо от количества люнетов заготовка выжимается лишь на 1—2 мм с целью разгрузки кулачков люнетов. Это позволяет вести обработку на скоростных режимах с подачей 4—6 мм/об при полустовом обтачивании и 9—18 мм/об — при чистовом.

Применение высоких режимов резания при черновом обтачивании заготовок полужестких валов ограничивается малой виброустойчивостью их. Однако использование люнетов и обтачивание их с частичным прогибом позволяет значительно повысить режимы резания, доводя их до значений: $v = 100 \div 120$ м/мин, $t = 8$ мм и $s = 0,8$ мм/об. Для чернового обтачивания полужестких валов на Балтийском заводе применяются резцы типа показанных на фиг. 42, а с несколько измененной геометрией. Передний угол γ изменяется от 15° при вершине до $20 \div 30^\circ$ у второго конца режущей кромки. Задний угол α принимается равным 8° . Режущая кромка резца усиливается фаской шириной 0,2—0,4 мм, расположенной под углом $0 \div 3^\circ$.

На Невском машиностроительном заводе токарем А. Г. Павловым для чернового обтачивания заготовок полужестких валов приме-

няется резец с углом в плане $\varphi = 90^\circ$ (фиг. 45). Остальные геометрические элементы этого резца такие же, как у резца, показанного на фиг. 42, б. При обтачивании этим резцом стружка легко закручивается и, упираясь в уступ, отделяется в виде полукольца. Такими резцами производится обработка на высоких режимах резания. Например, при обтачивании заготовки вала диаметром 430 мм резцом, оснащенным пластинойкой Т15К6, режимы резания были $v = 145$ м/мин, $t = 15$ мм, $s = 0,7$ мм/об.

Нежесткие валы. При обработке заготовок нежестких валов обдирка обычно не выделяется в самостоятельную операцию и совме-



Фиг. 45. Черновой резец для обтачивания полужестких и нежестких заготовок конструкции токаря А. Г. Павлова,

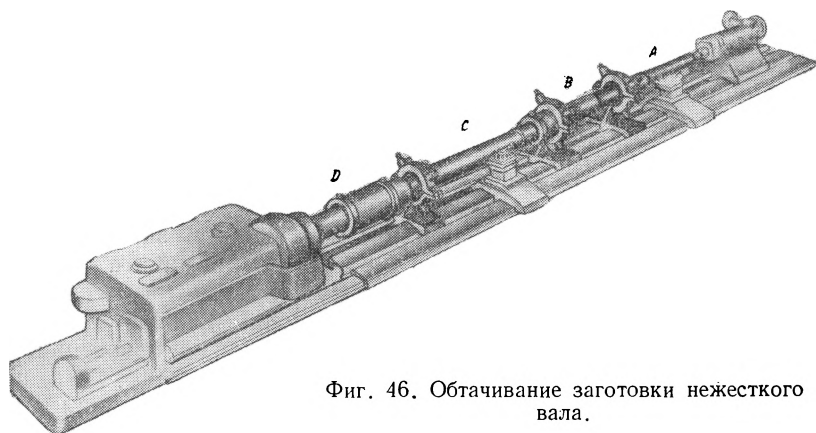
щается с черновым обтачиванием. Припуск на обработку у заготовок нежестких валов в силу значительной непрямолинейности оси достигает 30—40 мм на диаметр. В результате чернового обтачивания кривизна заготовки не должна превышать 0,5 мм на один погонный метр, поэтому обработка производится с уменьшенными подачами $s = 0,3 \div 0,4$ мм/об, но при большой глубине резания ($t = 12 \div 20$ мм) и со скоростью $v = 60 \div 100$ м/мин. В качестве инструмента рекомендуется резец, показанный на фиг. 42, а.

Крупные нежесткие валы наиболее часто изготавливаются из поковок и режут из проката. Заготовка устанавливается на центры станка. Крутящий момент от шпинделя станка передается заготовке через поводок. Для придания заготовке необходимой жесткости ее поддерживают люнетами так, чтобы расстояние между ними и центрами не превышало 12—14 d .

Метод установки заготовки нежесткого вала рассмотрим на примере, когда были применены три люнета (фиг. 46). На заготовку надеваются две базовые муфты и поводок, после чего она устанавливается на центры станка. Правая муфта помещается на расстоянии

0,25 L от заднего центра, левая — на расстоянии 0,75 L . Положение базовых муфт выверяется обычным образом с точностью 0,02 мм, и под них подводятся люнеты. Затем вблизи муфт затачиваются одновременно двумя супортами две базовые шейки. Муфты отжимаются: правая муфта перемещается к середине заготовки, левая — в сторону патрона. Под заточенные шейки подводятся люнеты. После этого выверяется положение средней муфты, под нее подводится люнет, а затем обтачивается средняя шейка, под которую подводится средний люнет. На этом установка заготовки заканчивается.

Как и в случаях обработки полужестких валов, прогиб нежесткого вала не «выжимается» полностью кулачками люнетов. Напри-



Фиг. 46. Обтачивание заготовки нежесткого вала.

мер, прогиб вала диаметром 125 мм и длиной 8000 мм достигает около 18—20 мм, а «выжимать» его следует на 3—4 мм и производить обтачивание с прогибом 15—16 мм. Такой метод обеспечивает:

- 1) равномерное распределение веса вала на центры передней и задней бабок и люнеты;
- 2) незначительный нагрев шеек вала;
- 3) применение скоростных режимов обработки.

Изгиб от собственного веса вызывает в заготовке значительные напряжения растяжения и сжатия. При вращении эти напряжения периодически изменяются в каждой точке заготовки от нуля до некоторого наибольшего значения.

Можно предполагать, что такое поведение заготовки в процессе обработки действует так же, как искусственное старение, так как деформация заготовки после обработки резко уменьшается.

Для получения хороших результатов при обработке заготовок нежестких валов необходимо также особое внимание уделять чистоте поверхности и геометрической форме базовых шеек. Овальность шеек свыше 0,02 мм недопустима. Чистота поверхности

должна быть не ниже 8-го класса. Диаметры базовых шеек делаются таких размеров, какие должна иметь заготовка после обработки на данном переходе. Для получения наибольшей производительности обработка должна производиться всеми имеющимися на станке супортами. В рассматриваемом примере применяются два супорта, в связи с чем вал условно делится на четыре зоны. Первый супорт работает в зоне *C*, а второй — в зоне *A*. После поворота первый супорт используется для обработки зоны *B*, а второй — зоны *D*.

Такое распределение работы супортов обеспечивает равномерную нагрузку на все люнеты и способствует повышению точности обработки.

11. Получистовая и чистовая обработка валов и дисков

Припуск, оставляемый после получистовой обработки, должен быть минимальным, поэтому к ней предъявляются высокие требования в части обеспечения чистоты поверхности, точности геометрической формы и размеров заготовки. В зависимости от того, как удовлетворяются эти требования, в значительной мере зависят трудоемкость и качество последующей чистовой обработки.

Жесткие валы. При получистовом обтачивании заготовок жестких валов снимается припуск 0,3—0,4 мм. При работе обычными проходными резцами с наибольшей подачей 0,4 мм/об и скоростью резания 150—180 м/мин не получается высокой производительности. Кроме этого, чистота обработанной поверхности не превышает 4-го класса.

На качество обработки при получистовом обтачивании значительное влияние оказывают: погрешность формы направляющих станины станка, износ инструмента, а также температурные деформации системы деталь — станок — инструмент. Устранение вредного влияния этих погрешностей при обтачивании с указанным режимом резания оказывается весьма затруднительным даже для токарей высокой квалификации.

Резкое сокращение машинного времени, повышение чистоты и точности обрабатываемых поверхностей при получистовом обтачивании заготовок жестких валов обеспечиваются при работе с большими подачами и применении режущего инструмента, показанного на фиг. 47. Передний угол этого высокопроизводительного резца $\gamma = 10\text{—}12^\circ$, задний угол $\alpha = 6^\circ$. Угол в плане выполняется в зависимости от требований к форме заготовки на данном переходе. В данном случае резец имеет угол в плане $\varphi = \varphi_1 = 30^\circ$. Угол наклона режущей кромки принимается в пределах $\lambda = 12 \div 15^\circ$. Наклонное расположение режущей кромки сопровождается некоторым уменьшением радиальной составляющей силы резания и способствует повышению виброустойчивости резца. Обработываемая поверхность зачищается кромкой, имеющей ширину 6—8 мм. Резцы оснащаются пластинками твердого сплава Т30К4 или Т15К6. Обтачивание резцом можно производить в обоих направлениях при режи-

мах резания: $v = 120 \div 180$ м/мин, $s = 5 \div 6$ мм/об; $t = 0,3$ мм; при этом чистота обработанной поверхности получается 5—6-го классов.

Переточка этого резца производится обычно по передней грани. После заточки передняя и задняя грани подвергаются доводке.

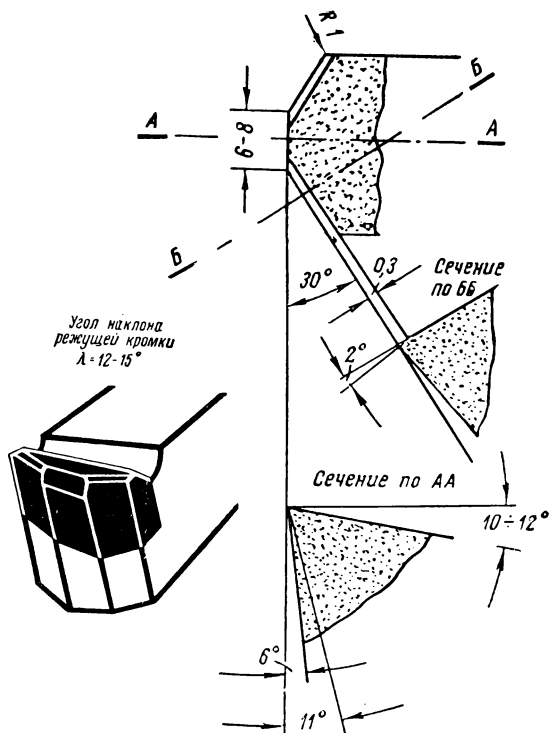
Применение резца указанной конструкции привело к повышению производительности труда при выполнении получистового обтачивания в 5—6 раз, обеспечило хорошую подготовку поверхности для последующего чистового обтачивания и большую точность геометрической формы обрабатываемых поверхностей.

Отклонения от цилиндричности обрабатываемых шеек обычно не превосходит 0,02 мм на длине 4 м, что легко достигается компенсацией погрешностей станины незначительными перемещениями салазок поперечного супорта.

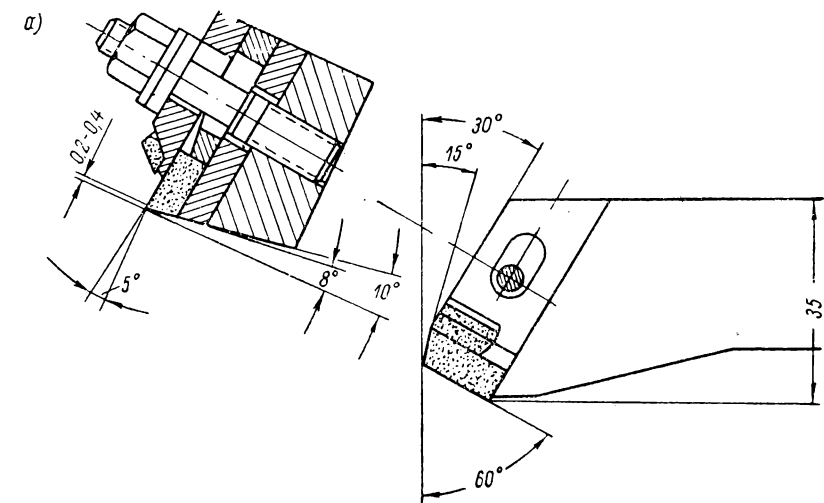
Это осуществляется легким постукиванием по маховику винта поперечных салазок и наблюдением за шкалой его лимба. Например, если при обтачивании на данном участке получена конусность 0,6 мм, то лимб слегка поворачивается, чтобы при прохождении резцом $\frac{1}{4}$ длины обрабатываемого участка он одновременно переместился на 0,15 мм в поперечном направлении, при прохождении $\frac{1}{2}$ длины — на 0,3 мм, $\frac{3}{4}$ длины — на 0,45 мм и всей длины обрабатываемого участка — на 0,6 мм.

Токарь А. Г. Павлов для получистового обтачивания заготовок валов турбин применяет минерало-керамические резцы. Геометрия режущей части пластинки и державка для закрепления ее показаны на фиг. 48, а. Для дробления стружки у державки предусмотрен нормализованный прижим с напаянной пластинкой твердого сплава. Обтачивание производится при следующих режимах резания: $v = 300$ м/мин, $s = 0,45$ мм/об, t — до 5 мм.

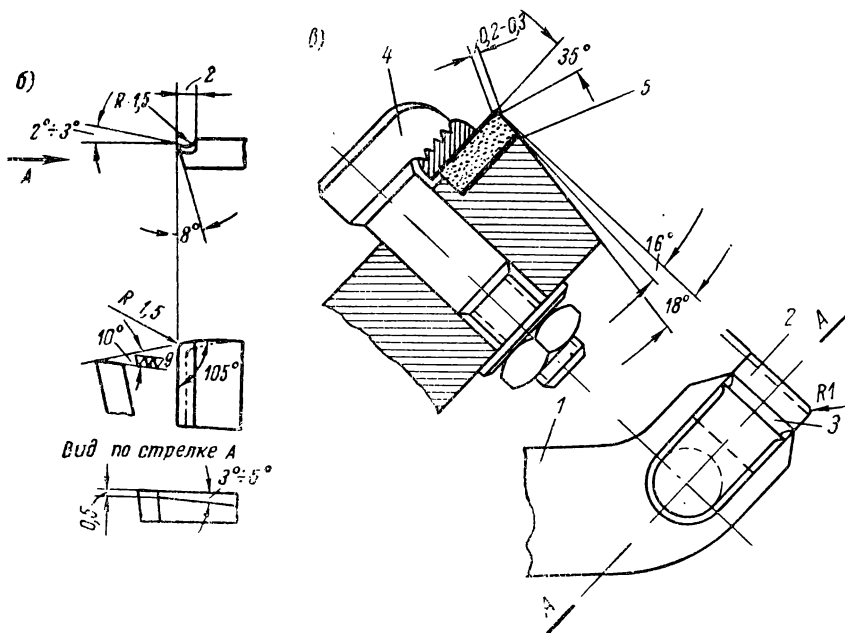
Основная задача чистового обтачивания — подготовка поверхности под шлифование (если имеются шлифовальные станки соот-



Фиг. 47. Проходной резец для получистового обтачивания заготовок жестких валов.



сечение по АА



Фиг. 48. Проходные резцы с минерало-керамическими пластинками: а, б — конструкции токаря А. Г. Павлова; в — конструкции Калужского турбинного завода.

ветствующей грузоподъемности) или обработка в окончательный размер согласно требованиям чертежа.

Высокие требования к чистоте обработанной поверхности и точности размеров заготовок жестких валов при значительной длине сбтачиваемых рабочих шеек (примерно 4000 мм) делают операцию чистового обтачивания весьма трудоемкой и ответственной. Чистовое обтачивание заготовок жестких валов до применения скоростной обработки выполнялось одним из трех методов:

1) широкими пружинными и жесткими резцами, оснащенными пластинками быстрорежущей стали, с малыми скоростями резания (1,5—6 м/мин) и большими продольными подачами (15—30 мм/об).

2) широкими пружинными резцами с пластинками быстрорежущей стали с малыми скоростями резания при радиальной подаче (врезанием);

3) тонким обтачиванием с большими скоростями резания и малыми подачами.

При обтачивании первым способом широкий резец (фиг. 49, а) устанавливается передней гранью вниз (обработка производится при левом вращении заготовки) в посадочное окно пружинной державки по плотной посадке 2-го класса точности; иногда для этой цели применяют медные прокладки. Смещение резца выше центра принимается 2—4 мм.

Ширина прореза B в державке принимается равной 5—10 мм, и в него устанавливается деревянная прокладка.

Передний угол резца при обработке легированных сталей принимается в пределах $\gamma = 0 \div 6^\circ$, а при обработке вязких сталей — до $\gamma = 20^\circ$. Ширина фаски по задней грани равна 0,5 мм, задний угол $\alpha = 6^\circ$.

Подвод охлаждающей жидкости (состав: олифа 60%, скипидар 30%, керосин 10%) во время работы производится со стороны задней грани резца.

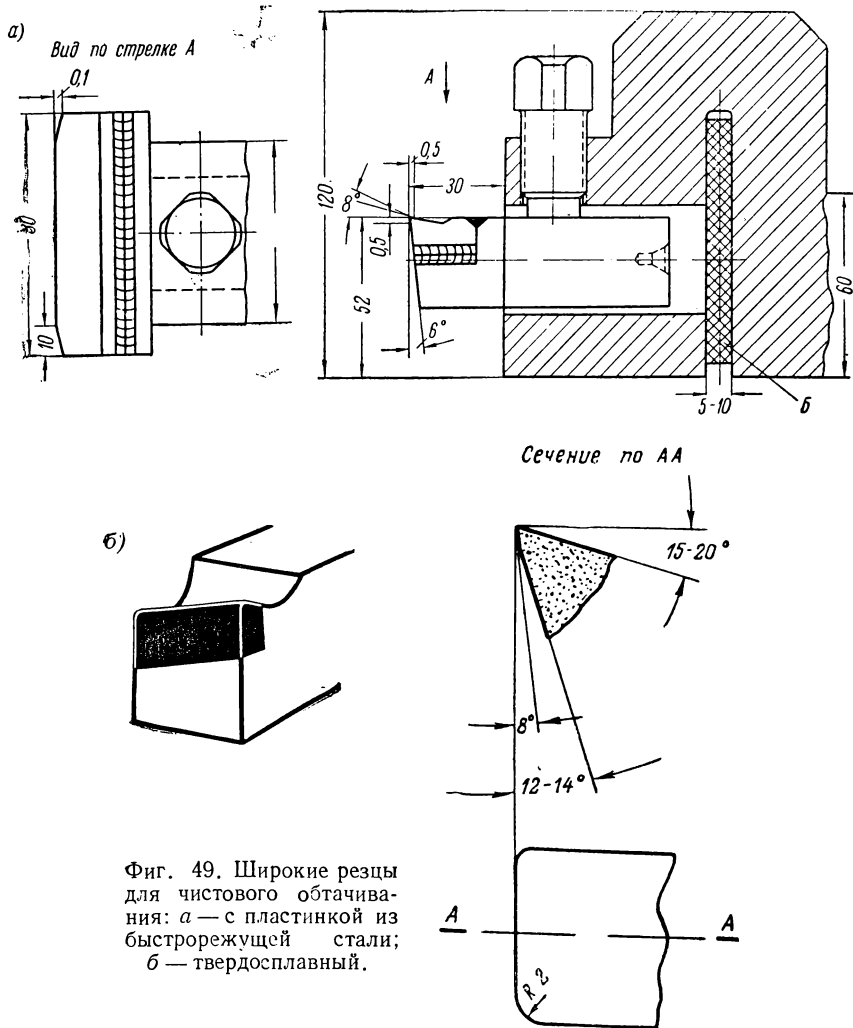
Этот способ обтачивания характеризуется низкой производительностью из-за малой скорости резания и ограниченной возможностью увеличить подачу свыше 25 мм/об. Например, при скорости резания $v = 5$ м/мин и подаче $s = 25$ мм/об производительность обточенной в минуту поверхности составит:

$$F = \frac{v \cdot s}{10} = \frac{5 \cdot 25}{10} = 12,5 \text{ дм}^2 \cdot \text{мин.}$$

Обтачивание при радиальной подаче резца врезанием более производительнее и применимо при обработке заготовок валов большой жесткости. Режущая кромка резца достигает ширины 120 мм, а дополнительные наклонные кромки отсутствуют. Резец устанавливается так, чтобы режущая кромка была параллельной линией центров станка, после чего при ручной подаче берется «пробная стружка» и производится проверка обточенного пояса на конусность.

Установку резца корректируют и производят обтачивание поверхности по пояскам; вначале работают с подачей $s = 0,05 \text{ мм/об}$, а в конце ее уменьшают до $0,02 \text{ мм/об}$.

После обтачивания первого пояска резец отводят и перемещают на смежный участок с перекрытием обработанной поверх-



Фиг. 49. Широкие резцы для чистового обтачивания: а — с пластинкой из быстрорежущей стали; б — твердосплавный.

ности на длине приблизительно 10 мм. Размер диаметра выдерживается по первому пояску. Таким же образом обтачивают третий поясок и т. д.

При обтачивании врезанием производительность получается в 2—2,5 раза выше, чем при первом методе, но необходима большая осторожность во время работы.

Обтачивание с большой скоростью резания и малой подачей также характеризуется малой производительностью. Например, если обтачивание производится при весьма высокой скорости резания $v = 300$ м/мин и подаче $s = 0,2$ мм/об, то производительность обработки этим способом составит:

$$F = \frac{v \cdot s}{10} = \frac{300 \cdot 0,2}{10} = 6 \text{ дм}^2/\text{мин.}$$

Кроме того, непрерывное обтачивание больших поверхностей может привести к понижению точности размеров вследствие износа резца. Вместе с этим последующее шлифование поверхности с целью удаления шероховатости является трудоемким.

Исследования ЛПИ имени М. И. Калинина и опыт Балтийского завода показывают, что высокопроизводительная чистовая обработка на крупных токарных станках обеспечивается путем активного использования высоких скоростей резания и больших подач при работе широким резцом, оснащенным твердосплавной пластинкой.

Резец (фиг. 49, б) с пластинкой твердого сплава Т15К6 или ТЗОК4 имеет задний угол $\alpha = 8^\circ$ на участке шириной 1—2 мм, передний угол $\gamma = 15^\circ$ и угол наклона режущей кромки $\lambda = 19 \div 21^\circ$.

Вертикальное крепление пластинки под углом $\alpha_1 = 11^\circ$ увеличивает количество возможных переточек и облегчает процесс затачивания. Передняя и задняя грани резца выполняются с высокой степенью плоскостности, а длина режущей кромки делается в полтора-два раза больше подачи.

Конструкция резца допускает обтачивание сталей с пределом прочности $\sigma_s = 65 \div 120$ кг/см² на высоких режимах резания при широком диапазоне скоростей ($v = 100 \div 500$ м/мин) и подач ($s = 6 \div 25$ мм/об) и глубине резания $t = 0,03 \div 0,05$ мм.

Обтачивание таким резцом при соблюдении указанных выше режимов обеспечивает спокойное без вибраций резание, чистоту поверхности 7-го класса и высокую точность геометрической формы поверхностей при большой стойкости резца. Обтачивание всех поверхностей вала ($\sigma_s = 65$ кг/мм²) диаметром 500 мм при длине до 6000 мм производится без смены резца для перетачивания и доводки.

Повышение чистоты обработанной этим резцом поверхности до 9-го класса производится шлифованием абразивным полотном при небольшой затрате времени.

Производительность в случае применения описанного метода чистовой обработки при средних режимах резания ($s = 10$ мм/об и $v = 200$ м/мин) составляет:

$$F = \frac{v \cdot s}{10} = \frac{200 \cdot 10}{10} = 200 \text{ дм}^2/\text{мин.}$$

при более высоких режимах ($s = 20$ мм/об и $v = 400$ м/мин), применяющихся при обтачивании утолщенной части ротора турбины мощностью 12 000 квт, производительность равна 800 дм²/мин.

Таким образом, по сравнению с указанными выше способами, продолжительность при обтачивании широкими твердосплавными резцами повышается во много раз.

Прогрессивность этого способа чистового обтачивания заключается также в предельном использовании возможностей существующих крупных токарных станков и большой стойкости современных твердых сплавов истиранию при малых глубинах резания ($t = 0,03 \div 0,05$ мм). Последнее обстоятельство обеспечивает получение хорошей чистоты поверхности даже при обработке вязких углеродистых сталей со скоростью резания $v = 100$ м/мин. Токарь А. Г. Павлов чистовое обтачивание заготовок жестких валов производит резцами с металло-керамическими пластинками ЦМ322, при этом стойкость резцов при обработке указанных деталей возрастает на 40% против стойкости резцов с пластинками Т30К4. Минерало-керамическая пластинка имеет геометрию, показанную на фиг. 48, б: на пластинке делается уступ под углом $2-3^\circ$, обеспечивающий отвод стружки вниз, чтобы она не касалась обрабатываемой заготовки. Использование керамических резцов при чистовом обтачивании заготовок валов позволяет применять высокие режимы резания $v = 250 \div 400$ м/мин, $s = 0,10-0,15$ мм/об, $t = 0,5-0,8$ мм. При этом козность обработанных поверхностей уменьшается до 0,02 мм, а время, затрачиваемое на полировку шеек, сокращается в четыре раза.

На Калужском турбинном заводе широко применяются проходные отогнутые резцы с механическим креплением минерало-керамических пластинок несколько иной конструкции. Эти резцы (фиг. 48, в) просты в изготовлении, на замену пластинок в них требуется не более 30 сек. В головке державки 1 имеется паз для пластинки 2. Для регулирования положения стружколома 3 относительно главной режущей кромки пластинки на верхней плоскости его нанесены рифления. Прижим 4 сопрягается с головкой резца по скользящей посадке. Посредством прижима и гайки 6 осуществляется одновременное закрепление стружколома 3 и пластинки 2. Между пластинкой 2 и опорной поверхностью паза в державке 1 прокладывается латунная фольга 5 толщиной 0,3—0,5 мм для плотного прилегания пластинки к опорной поверхности паза.

Независимо от величины переднего угла по главной режущей кромке резца делается фаска шириной 0,2—0,3 мм под отрицательным углом $25-30^\circ$. Величина заднего угла берется равной $8-10^\circ$ с шириной доводимой кромки до задней грани резца 1,5—2,0 мм. Заточка минерало-керамических пластинок производится на специальном приспособлении абразивным кругом К3180СМ₂К при скорости резания $v = 6$ м/сек и обильной подаче эмульсии, а доводка — на диске, шаржированном пастой, при окружной скорости 0,5—1,5 м/сек.

Резцы закрепляются на крупных токарных станках двумя планками. Такой способ крепления рассчитан на действие больших сил резания и поэтому на смену инструмента затрачивается много вспомогательного времени. Опыт заводов показывает, что при получистовом и чистовом обтачивании, когда силы резания невелики, для кре-

пления резцов целесообразно пользоваться специальными переходными державками. Державки, например, успешно применяются токарями Г. А. Брейкиным и А. П. Коваленко на Балтийском заводе. Преимущество переходных державок — в малом вылете и большой жесткости. Применение державок сокращает время на смену инструмента как при обтачивании наружных поверхностей, так и при расчистывании неглубоких отверстий.

В качестве примера окончательной обработки жесткого вала на фиг. 50 показана схема операций технологического процесса, применяемого на Балтийском заводе. После выверки индикатором и окончательного закрепления заготовки (фиг. 50, а) производится разметка ее по осевым размерам и кернение диаметральных рисок на длине примерно 100 мм.

Для получения высокой производительности и требуемой точности (2-й класс) обтачивание производится в следующем порядке.

С помощью двух супортов I и II одновременно обтачиваются цилиндрические поверхности (фиг. 50, б) с оставлением припуска 0,3—0,4 мм на сторону для получистового и чистового обтачивания. Обтачивание производится проходными резцами.

Получистовое обтачивание производится на участке, равном $\frac{2}{3}$ длины заготовки (фиг. 50, в), широким резцом с большой подачей; при этом чистота обработанной поверхности соответствует 5—6-му классам.

Оставшийся припуск на чистовую обработку составляет 0,04—0,06 мм на сторону.

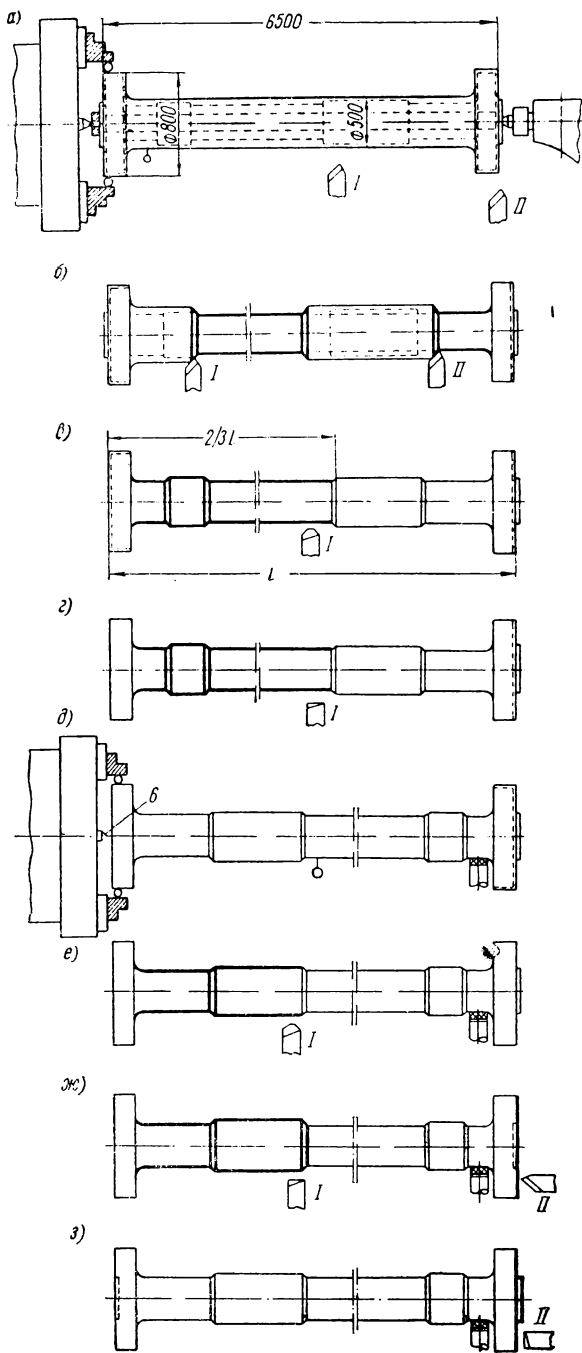
Этот же участок заготовки обтачивается начисто на большой подаче широким резцом (фиг. 50, г). Малая глубина резания и большая подача обеспечивают получение чистоты обточенной поверхности 7-го класса на конструкционных сталях и 8-го класса — на легированных сталях. Вслед за чистовым проходом обтачивается галтель, имеющая радиус скругления $R \approx 80$ мм. Обтачивание ведется твердосплавным резцом с режущей кромкой, скругленной по дуге радиуса $R = 20 \div 25$ мм, при одновременном движении продольных и поперечных салазок.

Чистота поверхности галтели после обтачивания соответствует 7-му классу. Одновременно обтачивается и открытый торец фланца, закрепленного в патроне.

Далее производится шлифование абразивным полотном тех участков обточенной поверхности, чистота которых должна соответствовать 8-му классу.

После шлифования заготовка поворачивается и устанавливается одним концом в патрон, а другим на люнет (фиг. 50, д). Базой для выверки на биение служит обработанная поверхность, находящаяся на расстоянии $\frac{2}{3}$ длины заготовки от люнета. Выверка производится индикатором с точностью до 0,01 мм. Такой метод обработки и выверки обеспечивает полное устранение кривизны заготовки на последующих операциях.

По окончании выверки и закрепления заготовки с помощью супорта I производится получистовое обтачивание необработанного



Фиг. 50. Последовательность переходов при обтачивании заготовки жесткого вала: *a* — установка и закрепление заготовки; *б* — предварительное обтачивание; *в* — предчистовое обтачивание первого участка; *г* — чистовое обтачивание первого участка; *д* — переустановка и выверка заготовки; *е* — предчистовое обтачивание второго участка; *ж* — чистовое обтачивание второго участка и первого фланца; *з* — обтачивание второго фланца.

участка, равного $\frac{1}{3}$ длины заготовки (фиг. 50, е). Обтачивание производится также с большими подачами с расчетом оставления припуска 0,04—0,05 мм на последующую чистовую обработку.

Затем резцом, закрепленным в супорте, производится чистовое обтачивание цилиндрических поверхностей, галтели и открытого торца фланца у патрона, а широкими резцами, закрепленными в супорте II — диаметра и торца фланца у люнета (фиг. 50, ж). После этого обточенные поверхности шлифуются наждачным полотном.

После шлифования заготовка предъявляется ОТК для проверки биения по торцу правого фланца и по цилиндрическим поверхностям.

Принятая ОТК заготовка вала поворачивается для обтачивания второго фланца (фиг. 50, з), который обрабатывается так же, как и первый.

Обтачиванием второго фланца обработка заканчивается, и готовый вал предъявляется ОТК для окончательной приемки.

Продолжительная практика работы токарей Балтийского завода показывает, что обработка валов в описанной последовательности характеризовалась биением, не превышающим 0,03 мм.

Полужесткие валы. Полуцистовое обтачивание заготовок полужестких валов производится резцом с такой же геометрией, как при обтачивании заготовок жестких валов (фиг. 47), при следующих режимах резания: $v = 120 \div 150$ м/мин, $s = 5 \div 6$ мм/об, $t = 0,2—0,4$ мм. Получается обработанная поверхность 6-го класса чистоты.

Чистовое обтачивание заготовок полужестких валов с отношением $15 < \frac{L}{D} < 35$ производится проходным широким резцом, показанным на фиг. 49, б, оснащенным пластинкой твердого сплава Т15К6. Учитывая недостаточную жесткость заготовки, передний угол следует увеличивать до $\gamma = 20^\circ$. Этим достигается уменьшение силы резания и повышение виброустойчивости системы станок — заготовка — инструмент.

Чистовая обработка полужестких заготовок производится при режимах: $v = 150 \div 180$ м/мин, $s = 10 \div 20$ мм/об, $t = 0,03—0,05$ мм. Чистота обточенной поверхности соответствует 7-му классу.

Нежесткие валы. Заготовки нежестких валов, поступающие на получистовую обработку, имеют припуск 3—5 мм на сторону и непрямолинейность в пределах 0,5 мм на один погонный метр. Обработка начинается с правки заготовки на станке. Выправленная заготовка должна иметь биение не больше 0,3 мм. Обтачивание производится резцом, показанным на фиг. 42, а, с увеличенным передним углом до $\gamma = 25^\circ$, при режимах резания: $v = 80 \div 140$ м/мин, $s = 0,4$ мм/об, $t = 3 \div 5$ мм (при наибольшем числе оборотов шпинделя станка 200—350 в минуту).

Заготовка вала с отношением $\frac{L}{D} > 35$, установленная на центры станка, перед чистовым обтачиванием подвергается правке, при этом биение шеек доводят до 0,1 мм. Обтачивание производится нормальным проходным резцом, имеющим передний угол $\gamma = 20 \div 25^\circ$. Обычно при чистовом обтачивании заготовок нежестких валов

применяются режимы резания: $v = 80 \div 140$ м/мин, $s = 0,15 \div 0,2$ мм/об, $t = 1 \div 1,5$ мм.

После чистового обтачивания заготовка шлифуется абразивным полотном при максимально возможной скорости вращения с подачей $s = 6 \div 10$ мм/об. При этом чистота поверхности доводится до 7-го класса. Для получения чистоты 9-го класса на последнем проходе применяется абразивное полотно зернистостью 60—80, а подача уменьшается до $s = 0,6$ мм/об.

Опыт токарей показывает, что заготовки нежестких валов успешно обтачиваются широкими твердосплавными резцами на больших подачах. Для этого необходимо исключить возможность образования на резце нароста и обеспечить достаточную жесткость заготовки.

Образование нароста предупреждается повышением скорости резания свыше 100 м/мин. Жесткость заготовки повышается за счет применения достаточного количества неподвижных люнетов.

В практике Балтийского завода чистовое обтачивание заготовок нежестких валов эффективно производится твердосплавным резцом для чистового обтачивания полужестких валов (фиг. 49, б), при этом для получения 7-го класса чистоты на заготовках диаметром 200 мм при длине 10 000 мм применяются режимы резания: $v = 120$ м/мин, $s = 6$ мм/об, $t = 0,05$ мм.

Применение широких твердосплавных резцов при обтачивании заготовок нежестких валов в десятки раз сокращает машинное время, необходимое для чистовой операции, обеспечивает чистоту поверхности 7-го класса и биение вала в свободном состоянии без опор 0,3—0,5 мм против 1,2 мм, установленного техническими условиями.

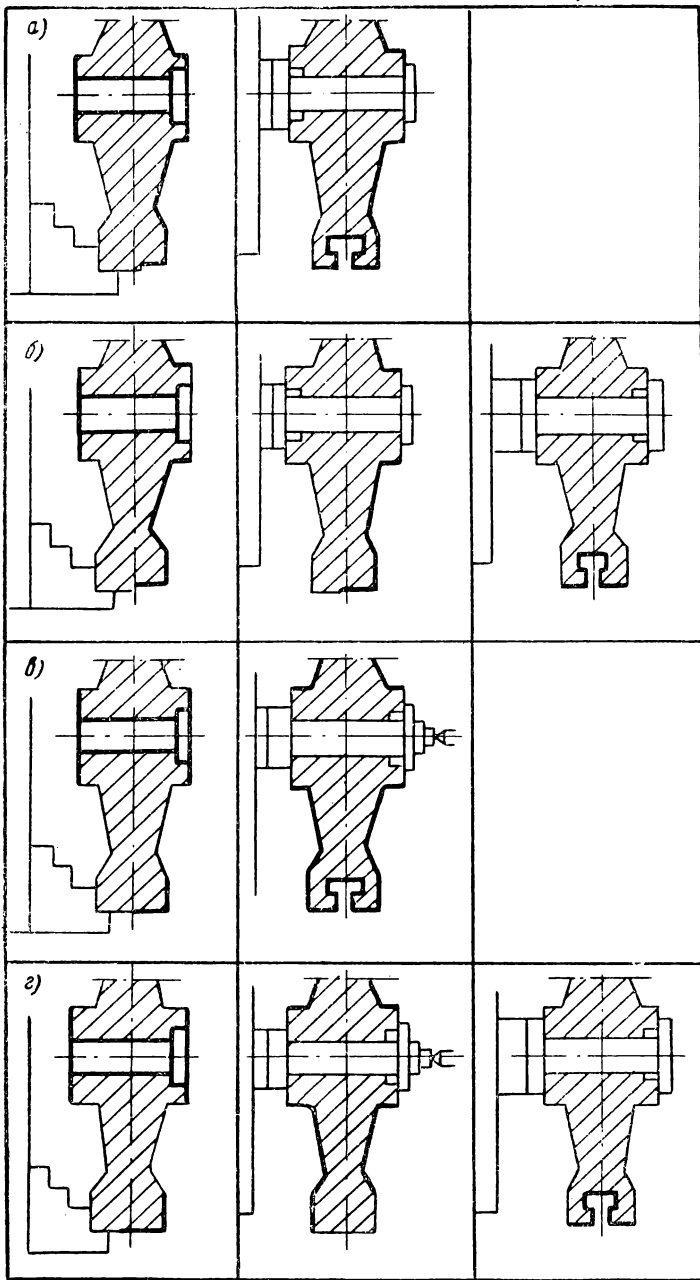
Диски. Чистовая обработка дисков на токарных станках может производиться одним из четырех методов, схематично показанных на фиг. 51.

По первой схеме (фиг. 51, а) обработка производится на токарно-лобовых станках с применением гидрокопировальных супортов.

В процессе первой операции обрабатываются: отверстие, торцы втулки, выточки во втулке и профиль полотна диска с одной стороны. Вторая операция предусматривает обработку профиля полотна с другой стороны диска и кольцевого паза на ободе. Преимущества обработки по этой схеме заключаются в малом количестве переустановок заготовки и, вследствие этого, в повышенной точности обработки и небольших затратах вспомогательного времени. Недостаток этого метода обработки — сложность конструкции резцовой головки и трудоемкость наладки станка при второй операции.

Вторая схема (фиг. 51, б) отличается от первой наличием отдельно выделенной операции обработки кольцевого паза, осуществляемой на обычном токарно-лобовом станке. Недостаток этого метода обработки — в наличии дополнительной переустановки детали.

Третья и четвертая схемы, показанные на фиг. 51, в и г, предусматривают обработку дисков на токарно-лобовых и токарных специальных станках с гидрокопировальными супортами.



Фиг. 51. Схемы обработки диска: *а, б* — на лобовом станке с гидросуппортом; *в, г* — на специальном станке для двусторонней обработки копирующим устройством.

Начальные операции обработки по этим схемам одинаковы. На них обрабатываются окончательно: отверстие, торцы втулки, выточка во втулке, торец обода и частично поверхность обода для выверки при следующей установке диска; такие операции выполняются на обычных токарно-лобовых станках.

По третьей схеме обработки при второй операции обтачиваются полотно диска одновременно с двух сторон и паз обода. Обтачивание производится на специальном токарном станке с гидрокопировальными супортами, расположенными по обе стороны обрабатываемого диска.

По четвертой схеме обработка паза на ободке выделена в отдельную операцию, осуществляемую на обычном токарно-лобовом станке.

Третья схема обработки отличается сложностью наладки при второй операции и большей производительностью, чем при обработке по первой и второй схемам. Четвертая схема имеет те же недостатки, что и вторая, но отличается от нее более высокой производительностью.

По данным инж. В. Л. Манцевича, соотношение между суммарным временем, затрачиваемым на обработку одного диска по указанным схемам обработки (фиг. 51, *a, б, в, г*), соответственно составляет 1 : 1, 0,6 : 0,8 : 0,85. Приведенные соотношения показывают, что обработка по третьей и четвертой схемам может оказаться целесообразной при крупносерийном производстве дисков. Четвертая схема обработки менее производительна, чем третья, но значительно проще по наладке и обслуживанию станков, поэтому при сравнении их следует отдать предпочтение четвертой схеме обработки.

Необходимо отметить, что с целью предотвращения деформации дисков, имеющих массивную втулку, большой диаметр и тонкий обод, иногда прибегают к особому приему чистовой обработки. Припуск, оставленный на чистовую обработку, снимается небольшими слоями толщиной 0,4—0,8 мм попеременно с обеих сторон полотна диска. В результате остаточные напряжения перераспределяются и деформации детали не возникает.

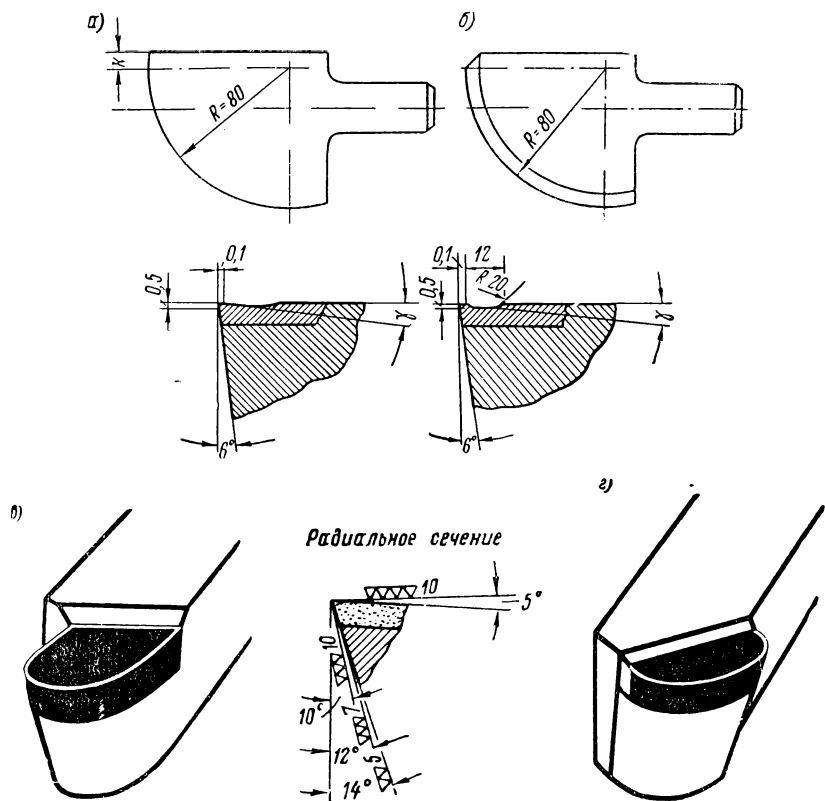
Попеременная обработка обоих торцов диска требует значительных затрат времени на холостые перемещения супорта и смену инструмента. В таких случаях замена нормальных проходных резцов (правого и левого) одним резцом с двумя режущими кромками (правой и левой) на обоих концах державки дает возможность устранить холостые перемещения супорта, упразднить лишние остановки станка и частые смены инструмента.

Токари Калужского турбинного завода Морозов, Гришанов, Тельнов и др. при обтачивании дисков турбин широко используют минерало-керамические резцы, применяя режимы резания: $v = 250 \div 500$ м/мин, $s = 0,2$ мм/об, $t = 0,6 \div 1,0$ мм.

Обтачивание галтелей. Места плавного перехода от цилиндрической поверхности заготовки к торцевой (галтели) имеют радиус профиля до 150 мм. Галтельные поверхности на крупных токарных станках обрабатываются различными приемами. Их обтачивание затруд-

няется сложностью формы и требованием высокой чистоты обрабатываемой поверхности. Эта операция относится обычно к числу заключительных и требует от токаря большого навыка и высокой квалификации.

Токарем Уралмашзавода И. Ф. Сивцовым при обработке галтелей радиусом 80 мм применяются специальные резцы (фиг. 52, а и б).



Фиг. 52. Резцы для obtачивания галтелей: а, б — конструкции Уралмашзавода; в, г — применяемые на Ново-Краматорском машиностроительном заводе (Донбасс).

Обтачивание галтели начинается обдирочным резцом с радиусом режущей кромки меньше радиуса галтели на 10 мм. После обдирки на галтели оставляется припуск 0,4—0,8 мм на сторону, а на шейке, — 0,2 мм. Затем производится подрезание торца. По окончании подрезания галтель obtачивается чистовым резцом, у которого радиус режущей кромки равен радиусу галтели, при ручной подаче методом врезания; радиус галтели систематически контролируется шаблоном. Передняя грань чистового резца выполняется в виде развитой цилиндрической поверхности радиусом $R = 60 \div 70$ мм (фиг. 52, а) или в виде выкружки радиусом $r = 20$ мм, расположенной вдоль режущей кромки (фиг. 52, б). В первом случае резец используется до пол-

ного износа с одной заточки, подвергаясь только систематической доводке. У резцов для обработки легированных сталей передний угол $\gamma = 0-6^\circ$, а для обработки вязких сталей $\gamma = 6-15^\circ$. При прямом вращении заготовки жесткий галтельный резец устанавливается ниже центра на 2—5 мм. Чистовые резцы устанавливаются в пружинные державки, и обтачивание ими ведется при обратном вращении заготовки, поэтому во избежание врезания в заготовку их вершины располагаются выше центра на 1—5 мм. Геометрия рассмотренных резцов обеспечивает обтачивание галтелей радиусом 80 мм при следующих режимах резания. При предварительной обработке $v = 4,5$ м/мин; $s = 0,1-0,2$ мм/об; при чистовой обработке $v = 1,1$ м/мин и $s = 0,02-0,05$ мм/об.

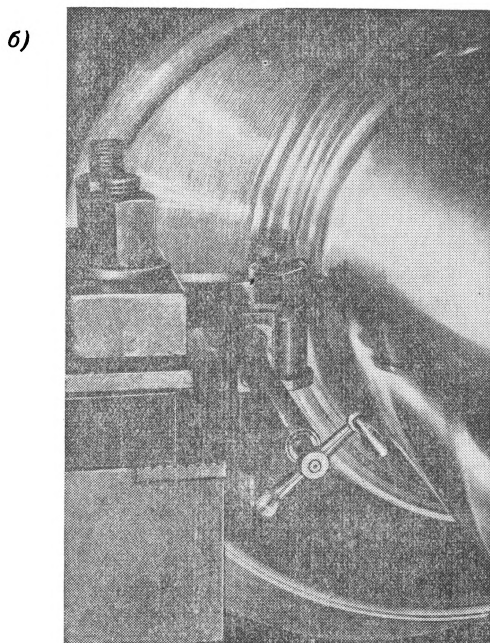
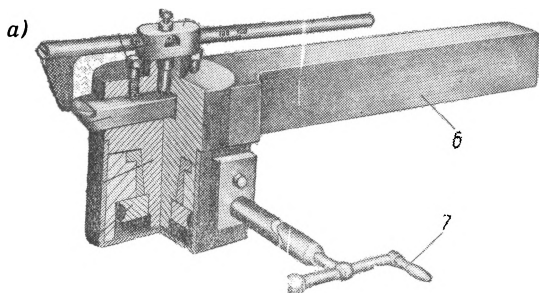
Недостаток рассмотренного способа обтачивания галтелей — в низкой производительности, так как обработка производится резцами из быстрорежущей стали при небольших скоростях резания.

Токари Балтийского завода обрабатывают галтели резцом, у которого радиус скругления режущей кромки в два-три раза меньше радиуса профиля галтели. Обработка производится при автоматической продольной подаче супорта и ручной подаче поперечных салазок. Так как в качестве инструмента применяются твердосплавные резцы, то скорость резания значительно повышается, а трудоемкость обтачивания уменьшается в два-три раза.

На Ново-Краматорском машиностроительном заводе (Донбасс) галтельные поверхности обрабатываются твердосплавными резцами. Для обтачивания поверхностей радиусом $R \leq 20$ мм резцы выполняются прямыми (фиг. 52, в), а для поверхностей радиусом $R > 20$ мм — изогнутыми (фиг. 52, з). В обоих случаях передние углы равны $\gamma = 5^\circ$, а задние — $\alpha = 10^\circ$. Поверхности радиусом $R \leq 20$ мм обрабатываются всем контуром режущей кромки при подаче резца вручную в радиальном направлении. Поверхности радиусом $R > 20$ мм обтачиваются резцом с радиусом режущей кромки в полтора-два раза меньшим радиуса галтели. Обработка производится при сочетании продольной механической и радиальной ручной подачи резца. Галтели радиусом $R = 30 \div 80$ мм с припуском на обработку 3—10 мм на заготовках из стали $\sigma_s = 60 \div 90$ кг/см² обтачиваются за 2—5 проходов при подаче $s = 0,55 \div 0,85$ мм/об и скорости резания $v = 45 \div 80$ м/мин. Применение резцов с пластинками твердого сплава Т5К10 для стали и ВК8 для чугуна, взамен быстрорежущих, обеспечивает получение чистоты поверхности в пределах 5—6-го классов и снижение трудоемкости обработки в два раза.

На этом же заводе галтели радиусом $R = 50 \div 120$ мм обрабатываются с помощью специального приспособления (фиг. 53, а), предложенного токарями Н. Максимовым и Н. Слюсаренко. Резец 3 устанавливается на требуемый радиус галтели по контрольному устройству 5 и закрепляется болтами 4. Корпус приспособления 6 помещается в супорте станка так, чтобы вершина резца расположилась «по центру» заготовки. Обработка галтели производится при круговой подаче резца путем вращения рукоятки 7, червячного колеса 1 и резцедержателя 2.

На фиг. 53, б показано накатывание галтели эксцентрикового вала с целью упрочнения поверхности и устранения очагов концентрации напряжений. Державка с накатным роликом устанавливается в приспособлении, конструкция которого аналогична применяемому при обтачивании галтелей.

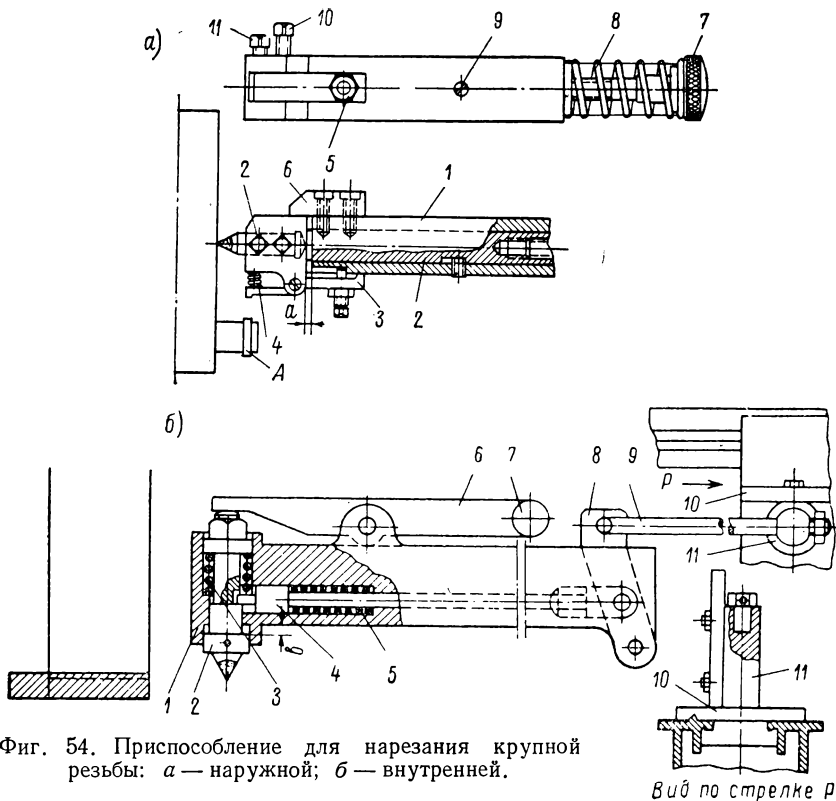


Фиг. 53. Приспособления для обработки галтелей:
а — обтачиванием; б — накатыванием.

Приспособление укрепляется на супорте, который устанавливается так, что ось вращения державки с роликом оказывается удаленной на одинаковое расстояние от торцевой и цилиндрической поверхностей вала.

При вращении рукоятки ролик, прижатый к поверхности вала, перемещается по дуге, радиус которой соответствует радиусу галтели, производя накатывание последней.

Подрезание торцевых поверхностей. При подрезании торцевых поверхностей крупных заготовок учитываются требования к характеру отклонения от плоскостности. Если по техническим условиям допу-



Фиг. 54. Приспособление для нарезания крупной резьбы: а — наружной; б — внутренней.

скается только вогнутость, то подрезание производится от центра к периферии заготовки, при этом незначительный износ резца приводит к получению незначительной вогнутости, не выходящей за пределы допустимой. Например, при подрезании торцевой поверхности заготовки диаметром 900 мм вогнутость не превышает 0,02 мм. Если по техническим условиям наличие вогнутости не допускается, то подрезание производится при подаче резца от периферии к центру заготовки, при этом неизбежный износ резца приводит к образованию выпуклой торцевой поверхности.

Нарезание резьбы. Нарезание наружных и внутренних крупных резьб диаметром свыше 100 мм является трудоемкой операцией. Обработка усложняется еще и тем, что по техническим условиям крайний виток резьбы обычно должен иметь короткий (не более

25 мм) сбеги. Для осуществления этого условия при скоростном нарезании резьбы рекомендуется применение специальных державок для автоматического отвода резца.

Конструкция одной из таких державок, применяющихся при нарезании наружной резьбы со скоростью резания 110—130 м/мин, показана на фиг. 54, а.

В корпус 1 встроены ползун 2, на конце которого закрепляется винтами 10 и 11 резьбовой резец, армированный твердым сплавом Т15К6. В проушине ползуна помещается качающийся рычаг 3 с пружиной 4 и фиксатором 5. Накладка 6 удерживает ползун от поворота, а упор 7 с пружиной 8 служит для отвода ползуна в крайнее правое положение. Осевое перемещение ползуна ограничивается упором 9.

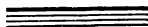
Державка крепится в резцедержателе супорта станка. На станине станка устанавливается упор А, положение которого определяется длиной нарезаемой резьбы. Перед нарезанием резьбы нажимом на упор 7 ползун ставится в рабочее положение, при этом фиксатор 5 входит в боковой паз корпуса 1. В конце резания рычаг 3 соприкасается с упором А, фиксатор 5 выходит из паза, и ползун вместе с резцом отводится от обрабатываемой заготовки.

Приспособление для скоростного нарезания крупных внутренних резьб диаметром более 100 мм показано на фиг. 54, б.

В корпус 1 встроены резцедержатель 2. При повороте рукоятки 7 рычаг 6 выдвигает резцедержатель на расстояние в, а фиксатор 4 закрепляет его в этом положении. Автоматический отвод резца осуществляется пружиной 3 при смещении фиксатора 4 вправо. Для этой цели на станине станка с правой стороны супорта крепится стойка 10 с упором 11, связанным тягой 9 с рычагом 8. Положение упора на станине зависит от длины нарезаемой резьбы. В процессе резания гайка тяги 9 касается упора 11, при этом рычаг 8 отводит фиксатор 4 вправо и деформирует пружину 5, а резцедержатель 2 под действием пружины 3 выводится из резьбовой впадины. Для следующего прохода резца державка отводится в исходное положение, поворотом рукоятки 7 резцедержатель 2 выдвигается из корпуса 1 и закрепляется фиксатором 4.

Для получения оптимальной стойкости резцов рекомендуется передний угол 0° , вспомогательные задние углы 8° , радиус при вершине резца для предварительных проходов $0,5r$, где r — радиус нарезаемой резьбы. Скоростное нарезание резьбы с помощью описанных приспособлений на крупных деталях резко снижает (в 10—12 раз) трудоемкость обработки, повышает производительность труда и улучшает качество резьбы.

Кроме указанных приспособлений, существуют и другие конструкции механизмов для автоматического отвода резцов, применяемых на мелких и средних станках.



Г Л А В А И I I I

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ РАБОТ

12. Общие сведения об обработке глубоких отверстий

Некоторые современные модели крупных токарных станков, например, фирмы Крэвен, являются комбинированными. На них можно производить наружное обтачивание, а также обработку глубоких отверстий, которая может осуществляться любым из трех методов: вращаются заготовка и стембель, несущий инструмент; вращается заготовка, а стембель движется поступательно; заготовка неподвижна, а стембель вращается и движется поступательно. Ниже рассматриваются конструкции режущего высокопроизводительного инструмента для обработки глубоких отверстий на нормальных и комбинированных токарных станках.

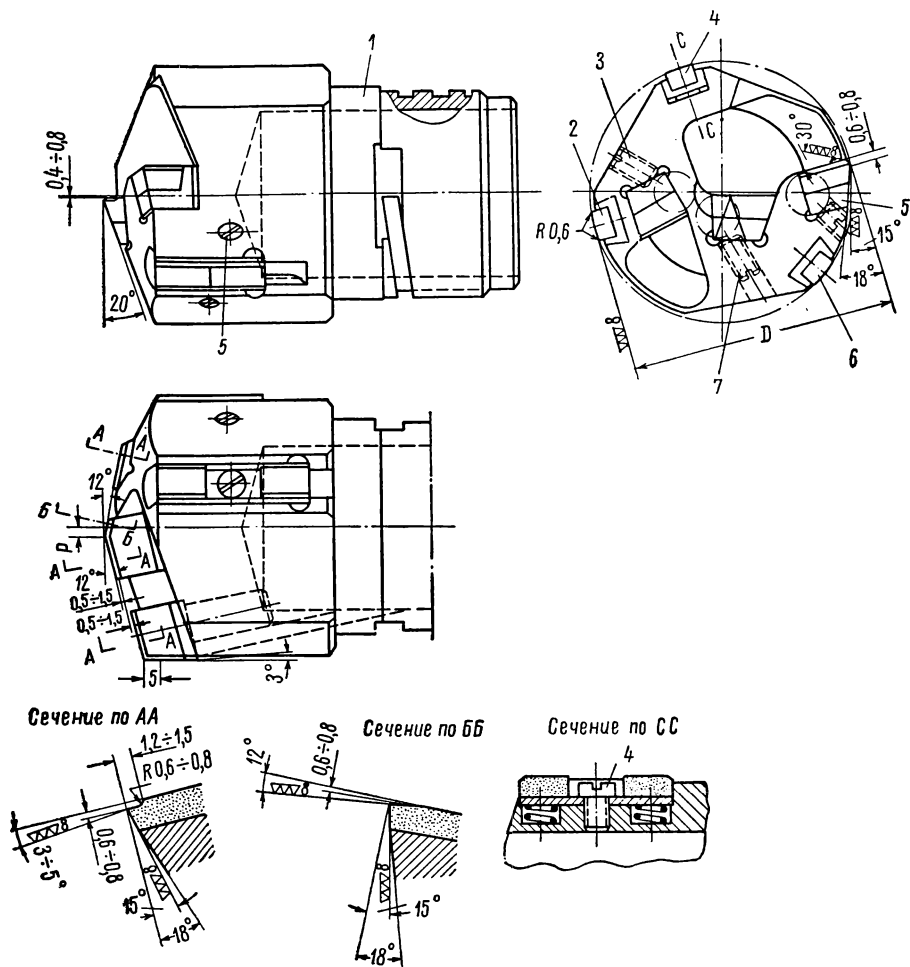
Сплошное сверление. При обработке отверстий с отношением $\frac{L}{D} > 10$ сплошным сверлением трудоемкость операции возрастает с увеличением этого отношения. Термическая обработка заготовок с отверстием диаметром до 40 мм обычно производится до сверления. Процесс сверления протекает нормально при твердости металла заготовки до $H_B = 207 \div 269$, в соответствии с чем и назначаются режимы резания. Сплошное сверление применяется для отверстий диаметром до 100 мм. Отверстия больших диаметров обрабатываются кольцевым сверлением.

Обычно сплошное сверление осуществляется за два прохода: сначала сверление на небольшую глубину для направления сверла, а затем сверление на требуемую глубину. Первый проход рекомендуется производить на пониженных режимах резания, чтобы исключить возможность увода сверла от оси детали.

Инструмент для сплошного сверления должен обеспечивать прямолинейность оси отверстия, минимальный увод сверла, высокую стойкость направляющих и большую производительность.

Для скоростного сплошного сверления отверстий с внутренним отводом стружки применяются твердосплавные односторонние сверла. В зависимости от диаметра отверстия такие сверла выполняются однозубыми (28—55 мм), двухзубыми (52—85 мм) и трехзубыми (90—130 мм). На фиг. 55 показана конструкция трехзубого сверла одностороннего резания с механическим крепле-

нием пластинок твердого сплава. В процессе обработки жесткие твердосплавные направляющие 2 и 6 прижимаются к стенке обрабатываемого отверстия силами резания и подвижной направляющей 4. Ножи 5 с припаянными пластинками твердого сплава закреп-



Фиг. 55. Трехзубое сверло для обработки глубоких отверстий.

пляются в корпусе 1 стопорными винтами 3 и 7, упирающимися в цилиндрические хвостовики ножей.

В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применяется сульфозфрезол марки В. Жидкость подается под давлением до 20 кг/см^2 в количестве от 35 до 120 л/мин в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия.

В зависимости от диаметра отверстия и возможностей оборудования сверла одностороннего резания с пластинками Т15К6 при

обработке стали $\sigma_b = 75—85 \text{ кг/мм}^2$ допускают подачу до $s = 0,2 \text{ мм/об}$ и скорость резания $v = 90 \div 170 \text{ м/мин}$.

Кольцевое сверление. Отверстия диаметром свыше 100 мм часто изготавливаются кольцевым сверлением. Этот метод обработки позволяет получать отверстия диаметром до $200—250 \text{ мм}$ с одного прохода при пониженном расходе мощности. Применяются два типа кольцевых сверл. Первый тип сверл имеет резцы различной ширины. Один резец прорезает узкую канавку, другой расширяет ее, а третий снимает стружку по всей ширине кольца.

Резцы кольцевых сверл второго типа расположены на одном уровне и снимают стружку толщиной, равной подаче на оборот, отнесенной к числу резцов головки.

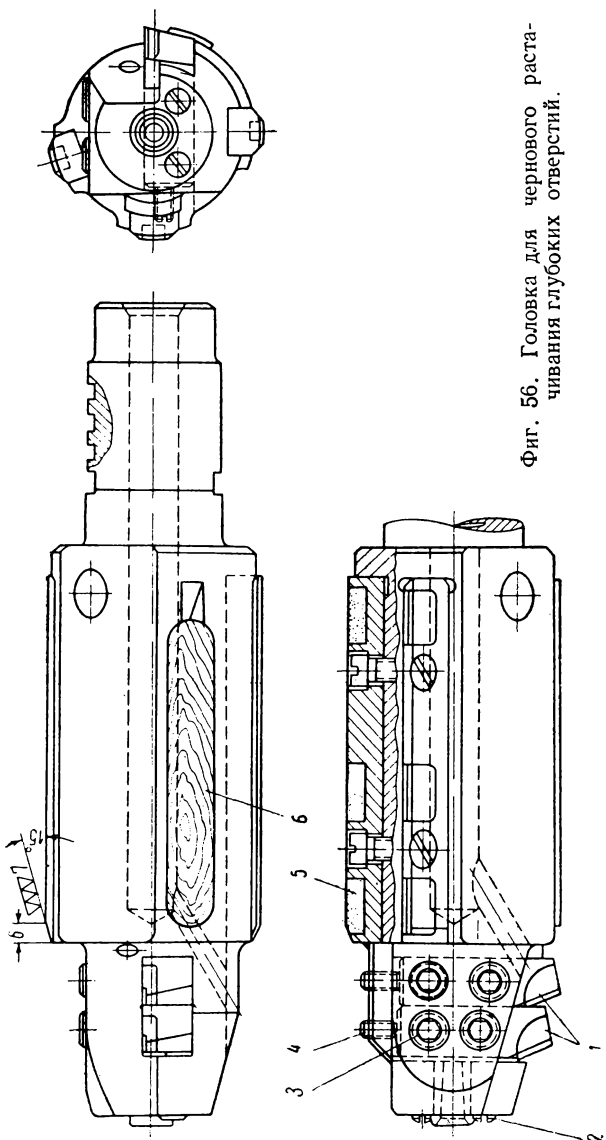
Количество резцов у кольцевых сверл обычно делают от двух до шести.

При обработке отверстий диаметром $90—250 \text{ мм}$ трехзубыми кольцевыми сверлами, оснащенными сплавом Т15К6, принимаются режимы резания: $s = 0,12 \div 0,22 \text{ мм/об}$, $v = 125 \div 81 \text{ м/мин}$.

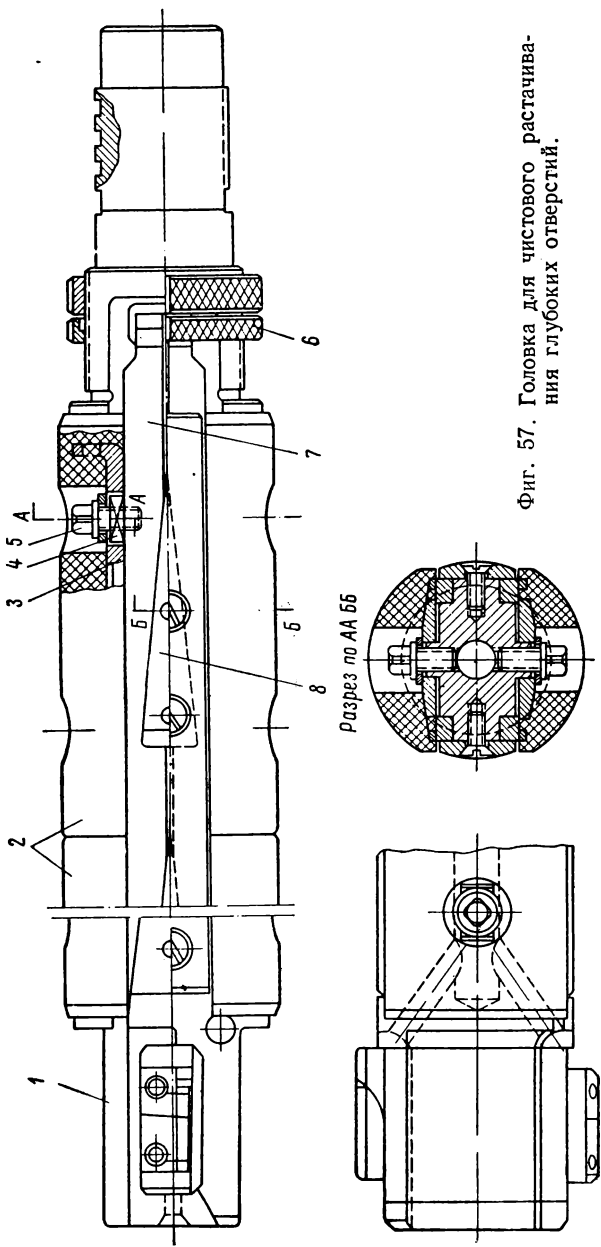
Растачивание. На операцию растачивания заготовка поступает с припусками $15—45 \text{ мм}$ в зависимости от диаметра и длины обрабатываемого отверстия.

Назначение сравнительно больших припусков обусловливается необходимостью компенсировать погрешности, полученные на предыдущих операциях, например, увод оси отверстия при сверлении, искривление при термической обработке. В зависимости от величины снимаемого припуска и требований к чистоте обработанной поверхности отверстия растачивание делится на черновое, получистовое и чистовое. В некоторых случаях черновое растачивание не выделяют в самостоятельную операцию. Черновое и получистовое растачивание сопровождается обильным образованием стружки, поэтому резцы обычно располагаются на переднем торце расточной головки, стружка вымывается вперед, и растачивание ведется на «сжатие». При чистовом растачивании стружка образуется в меньшем количестве, работа ведется на «растяжение», стружка отводится через расточную головку назад.

Для чернового и получистового растачивания на заводах широко применяется головка с одним, двумя или тремя односторонне расположенными резцами. Одна из таких головок для растачивания отверстий диаметром $70—150 \text{ мм}$ показана на фиг. 56. Резцы 1 с пластинками Т15К6 регулируются винтами 2 и 4 и крепятся винтами 3. Со стороны, противоположной резцам, располагаются три опорные направляющие с твердосплавными вставками 5, обеспечивающими определенность положения головки в процессе резания. Направляющая 6 — деревянная, служит для прижатия опорных направляющих к стенке обрабатываемого отверстия. Головка работает на «сжатие». Стружка вымывается вперед сульфозрезолом марки В, подаваемым в зону резания по каналам корпуса головки под давлением $5—8 \text{ кг/см}^2$. Расход жидкости для диаметров отверстий $50—150 \text{ мм}$ составляет $75—180 \text{ л/мин}$. Передний угол резцов $\gamma = -3 \div -5^\circ$ образует выкружкой радиусом $R = 0,5 \text{ мм}$ и шири-



Фиг. 56. Головка для черного растачивания глубоких отверстий.

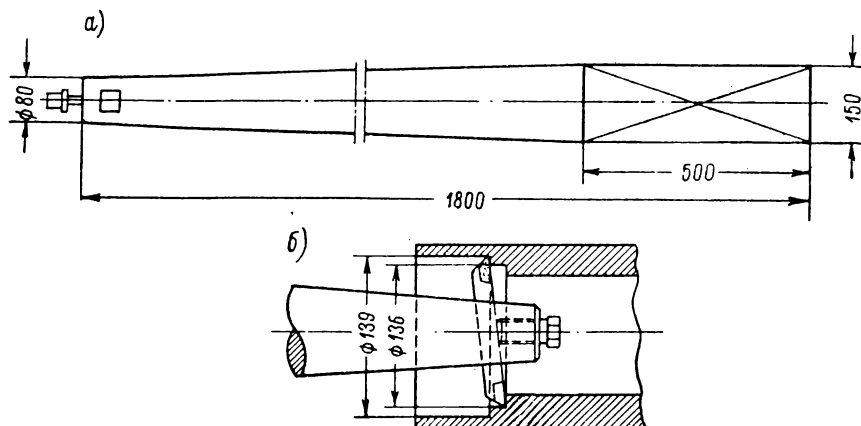


Фиг. 57. Головка для чистового растачивания глубоких отверстий.

ной 1,5 мм у режущей кромки. Задний угол $\alpha = 10^\circ$. Углы в плане $\varphi = 70^\circ$ и $\varphi_1 = 8^\circ$.

При обработке стали $\sigma_s = 90 \text{ кг/мм}^2$ рекомендуются следующие режимы резания: $v = 36 \div 68 \text{ м/мин}$, $s = 0,3 \div 0,8 \text{ мм/об}$, $t = 3 \div 10 \text{ мм}$.

Чистовое растачивание отверстий производится головками с плавающими пластинками. Такие головки обычно самоцентрируются в обрабатываемом отверстии с помощью подпружиненных кулачков, армированных твердым сплавом, или специальных резиновых на-



Фиг. 58. Державки для растачивания резцами: а — односторонним; б — двусторонним.

правляющих. Пример конструкции головки с резиновыми направляющими показан на фиг. 57. Плавающая пластина 1 с твердосплавными ножами направляется пазом корпуса. Резиновые центрирующие накладки 2 с заформированными в них пластинами 3 могут в небольших пределах перемещаться по направляющим выступам 4. Предельное положение накладок ограничивается болтами 5. Для симметричного смещения накладок относительно оси корпуса головки предназначаются клинья 7. При вращении гайки 6 клинья перемещаются по наклонным выступам 8 корпуса, разводя центрирующие накладки в требуемое положение.

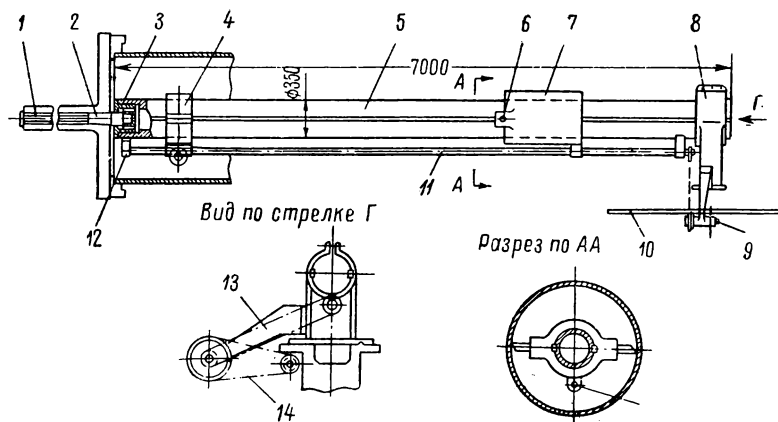
При оснащении плавающих пластин сплавом Т15К6 для обработки стали $\sigma_s = 90 \text{ кг/см}^2$ на чистовых проходах применяли следующие режимы резания: $v = 95 \div 140 \text{ м/мин}$, $s = 3,5 \div 5,0 \text{ мм/об}$, $t = 0,05 \text{—} 1,00 \text{ мм}$. Резиновые направляющие способствуют гашению вибраций, возникающих в процессе резания, и позволяют получить обработанную поверхность отверстия 7-го класса чистоты.

Для растачивания глубоких отверстий на нормальном токарном станке на Балтийском заводе применяется оправка, показанная на фиг. 58, а. Конструкция оправки отличается большой жесткостью и допускает растачивание отверстий в стальных деталях при скорости

резания 120 м/мин; подаче 0,4—0,8 мм/об и глубине резания 2—5 мм.

Хорошие результаты при растачивании достигаются, если гнездо оправки позволяет закрепить двусторонний резец в наклонном положении так, как показано на фиг. 58, б. В этом случае отверстие обрабатывается по методу деления подачи, и резцы врезаются в металл последовательно. Резание производится при равномерной нагрузке на резец. Изгиб и вибрация оправки устраняются.

Применение оправки с наклонным двусторонним резцом позволяет растачивать за один проход отверстие диаметром 140 мм, длиной 1500 мм с припуском 5 мм при подаче 0,7 мм/об.



Фиг. 59. Приспособление к крупному универсальному токарному станку для растачивания отверстий.

Растачивание отверстий диаметром до 700 мм в полых валах длиной до 6000 мм можно осуществить с помощью специальной борштанги на крупных токарных станках при небольшой модернизации последних.

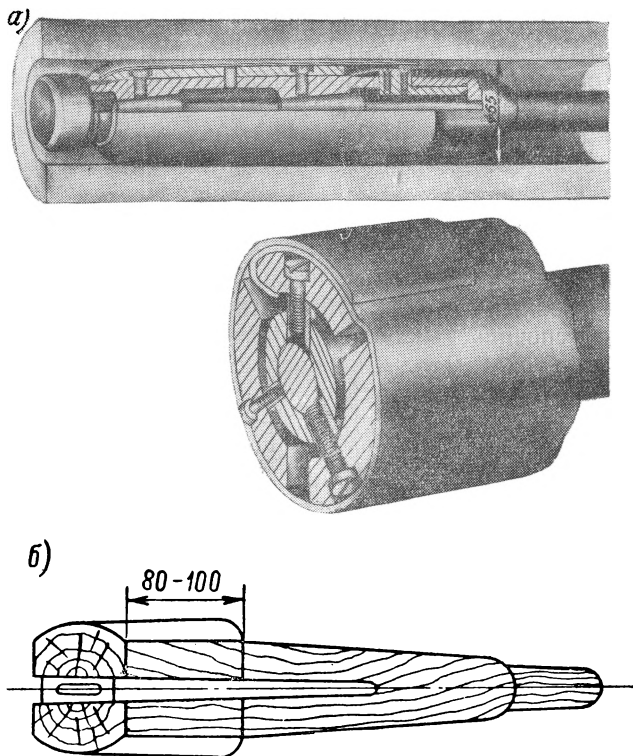
Обрабатываемый вал устанавливается в патрон и на люнет (фиг. 59). Для закрепления борштанги на станке монтируются специальная стойка 8 и оправка 2, на свободный конец которой напрессован шариковый подшипник 3. Оправка закрепляется в шпинделе станка винтом 1. Один конец корпуса борштанги 5 опирается на наружное кольцо шарикового подшипника, а второй входит в отверстие стойки 8.

Борштанга заводится в отверстие обрабатываемого вала с помощью тележки 4 и крана. Супорт 7 с резцами 6 перемещается при растачивании по корпусу борштанги с помощью ходового винта 11, опирающегося на подшипники 12. Винт приводится в движение ходовым валиком станка 10 через цепные передачи 13 и 14.

Шаг винта и цепные передачи подбираются так, что скорость подачи супорта борштанги соответствует скорости подач супорта станка. При отсутствии ускоренных подач на станке обратный ход

супорта производится вручную ключом, надетым на конец вала 14, при этом цепь 12 снимается.

Полирование отверстий. Операция полирования преследует цель уменьшения шероховатости поверхности отверстия и получения зеркальной поверхности 7—9-го классов чистоты. При полировании отверстия на токарном станке инструмент обычно не вращается, а движется возвратно-поступательно. На фиг. 60, а показана полиро-



Фиг. 60. Головки для полирования отверстий: а — окончательного; б — предварительного.

вальная головка, работающая наждачным полотном, навитым на латунные центрирующие планки корпуса. Прижатие полирующего материала к обрабатываемой поверхности осуществляется периодически продольным перемещением конусов.

Для предварительного полирования применяются деревянные полировальные головки, обтянутые кожей (фиг. 60, б). Полирующим материалом служат шлифовальные порошки и наждачное полотно. При использовании этих головок для окончательного полирования порошок наносится на сукно или тонкий технический фетр. Прижатие полирующего материала к стенкам обрабатываемого отверстия производится клином.

Для предварительного полирования применяется наждачное полотно зернистостью 36 и 24, а для чистового полирования — 60 и 48. Стойкость наждачного полотна при полировании отверстий длиной до 6000 мм составляет 3—4 двойных хода. В зависимости от диаметра отверстия припуск на полирование составляет 0,05—0,25 мм. Нижний предел относится к отверстиям диаметром 40—50 мм, верхний — к отверстиям диаметром 400—450 мм. Рекомендуемая скорость полирования (при вращении заготовки) 6—8 м/мин, продольная подача головки 3000 мм/мин. Припуск, снимаемый наждачным полотном за время его годности, зависит от зернистости полирующего материала. При обработке отверстий длиной до 6000 мм величина этого припуска составляет 0,0005—0,0040 мм — для полирующего материала зернистостью 60 и 0,003—0,030 мм — для полирующего материала зернистостью 24.

13. Обработка шпоночных пазов

Шпоночные пазы обрабатываются на расточных или крупногабаритных фрезерных станках. Обработка шпоночных пазов на этих станках не обеспечивает необходимой точности. Поэтому пазы фрезеруются с припуском 0,3 мм на последующую операцию слесарной пригонки. Чистота поверхностей обработанного по такой технологии шпоночного паза соответствует 4 и 5-му классам, а подготовительное время, затрачиваемое на установку и выверку вала, при фрезеровании пазов составляет 1—3 час. Для фрезерования шпоночных пазов ленинградский филиал Всесоюзного проектно-технологического института Министерства тяжелого машиностроения разработал проект модернизации крупного токарного станка, который осуществлен на Калужском турбинном заводе.

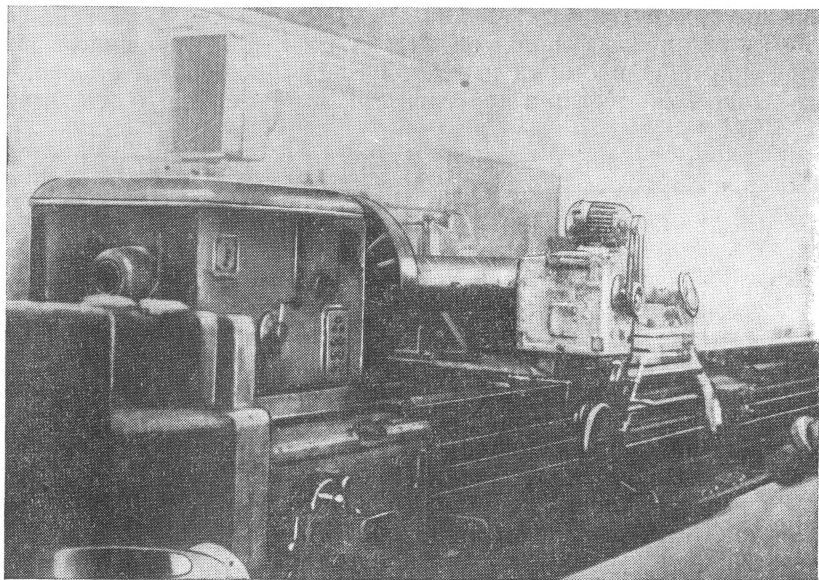
Модернизация токарного станка сводится к установке на нем специальной фрезерной головки (фиг. 61) и делительного приспособления и введении дополнительного привода к коробке подачи.

Конструкция головки позволяет обрабатывать шпоночные пазы в диапазоне от 3×3 до 32×18 мм методом осциллирующего движения фрезы. Возможность без значительной затраты времени (не более 2 час.) перестраивать токарный станок для фрезерования шпоночных пазов делает его универсальным и создает благоприятные условия для загрузки.

Обработка шпоночных пазов на модернизированном токарном станке значительно упрощает весь технологический процесс. Ликвидируются операции разметки и слесарной пригонки и вся обработка сводится к одной операции — фрезерованию. Затраты времени на транспортирование сокращаются на 50%. Вспомогательное время уменьшается более чем на 30%.

Применение фрезерной головки обеспечивает необходимую точность размеров паза и дает возможность применять немерные фрезы. Для обработки пазов одинаковых размеров фреза может быть использована после неоднократных переточек, поэтому время работы одной фрезой увеличивается в 8—10 раз. Чистота поверхностей

шпоночного пазы при обработке по новому методу соответствует 7-му классу. Отклонение в параллельности боковых пазов оси вала не превышает 0,01 мм.



Фиг. 61. Приспособление для обработки шпоночных пазов на токарном станке.

Шпоночные пазы в валах всех турбин, выпускаемых Калужским турбинным заводом, в настоящее время фрезеруются только на токарном станке.

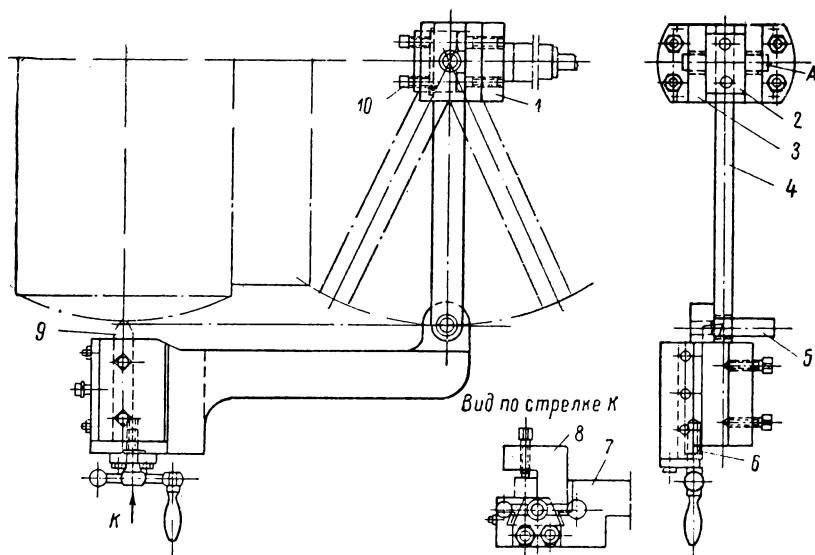
14. Обтачивание сферических поверхностей

Для обработки выпуклых сферических поверхностей радиусом до 800 мм на крупных токарных станках применяется приспособление, показанное на фиг. 62. Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне токарного станка. В конусное отверстие задней бабки (на рисунке не показано) устанавливается оправка 1 с угольниками 3, образующими паз, в котором помещается каретка 2. Каретка может поворачиваться относительно пальца А в горизонтальной плоскости, проходящей через ось шпинделя станка, и имеет сквозное отверстие для закрепления рычага 4. Второй конец рычага 4 вращается вокруг оси 5, запрессованной в державке 7, имеющей резцедержатель 8 и резец 9, вылет которого регулируется винтом 6. Чтобы обеспечить при обработке высокую чистоту сферической поверхности, радиус закругления резца принимается равным 5 мм.

Наладка приспособления производится в такой последовательности. Вычисляется R_4 рычага 4, как сумма радиусов R_3 обра-

батываемой заготовки и R_8 резца. Измеряются радиусы R_A и R_5 пальца A и оси 5 . Их величины прибавляются к величине радиуса рычага 4 . Полученный размер $R_4 + R_A + R_5$ откладывается штангенциркулем по двум цилиндрическим выступам пальца A и оси 5 и фиксируется путем затягивания двух болтов 10 .

Работа приспособления осуществляется при опущенном винте поперечной подачи станка и механической продольной подаче, при этом рычаг 4 совместно с кареткой 2 вращается вокруг оси A , а ре-



Фиг. 62. Приспособление для обтачивания сферических поверхностей на токарном станке.

зец перемещается по дуге окружности. Приспособление исключает трудоемкую ручную работу двумя суппортами, позволяет получить точную сферическую поверхность необходимой чистоты.

15. Накатывание и шлифование валов и дисков

Накатывание роликом. Обработка накатыванием роликом производится с целью повышения чистоты поверхности. По данным ЦНИИТМАШ, накатывание роликом стальной заготовки с исходной чистой поверхностью 5-го класса повышает чистоту последней до 7-го класса, если подача не превосходит величин, указанных в табл. 2.

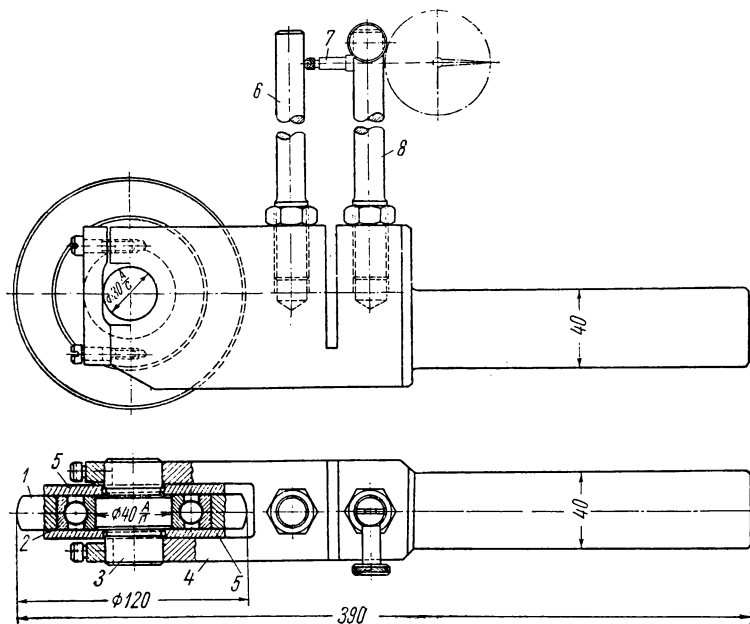
Число оборотов при накатывании заготовки необходимо устанавливать наибольшим. После накатывания поверхности диаметр заготовки уменьшается на $0,03—0,04$ мм.

Для установки роликов на станке применяются державки различных конструкций. Основными требованиями к державкам явля-

Режимы накатывания роликом

| | | | | |
|--------------------------------------|-----|------|------|------|
| Радиус профиля ролика в мм | 100 | 100 | 100 | 200 |
| Давление ролика в кг | 600 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Подача в мм/об | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4 |

ются отсутствие осевого люфта ролика и легкое вращение его. Это условие удовлетворяется применением опор на подшипниках качения.

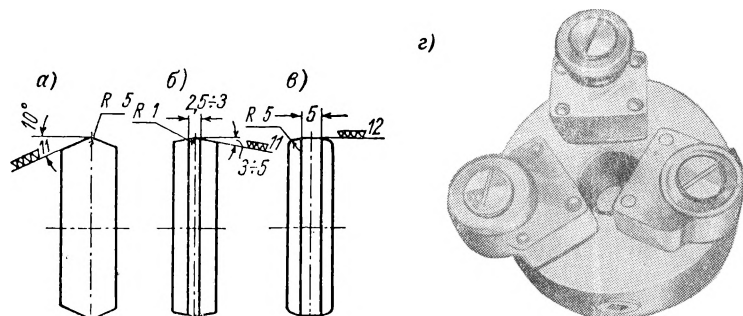


Фиг. 63. Державка для накатных гладких роликов.

На фиг. 63 показана державка, рекомендуемая ЦНИИТМАШ, для накатывания гладких цилиндрических поверхностей. Ролик 1 из стали ШХ15 со встроеным шариковым радиальным подшипником 2 посажен на ось 3, цапфы которой закрепляются в корпусе 4. Осевое давление при накатывании воспринимается щеками корпуса 4 через прокладки 5, исключая осевой люфт ролика. Отличительной особенностью державки является наличие динамометра, позволяющего определять давление накатывания как при установке ролика, так и в процессе накатывания. Для этой цели в корпусе имеется паз, делающий его податливым действию радиальной силы накатывания при сохранении требуемой жесткости в горизонтальной плоскости. Степень податливости корпуса действию радиальной силы рассчитывается так, что при наибольшем

давлении точка контакта стойки 6 с наконечником индикатора 7, укрепленного на стойке 8, смещается на 1 мм, что соответствует одному обороту стрелки индикатора. Например, если при наибольшем давлении 2000 кг стрелка индикатора с ценой деления шкалы 0,01 мм поворачивается на один оборот, то одно малое деление шкалы соответствует 20 кг. Тарирование шкалы индикатора осуществляется грузами или динамометром.

На Харьковском турбинном заводе применяются ролики трех видов. Ролик, показанный на фиг. 64, а, применяется при накатывании внутренних поверхностей, когда нельзя создать больших давле-



Фиг. 64. Инструмент для накатывания цилиндрических поверхностей, применяемый на Харьковском турбинном заводе: а, б, в — ролики для накатывания; г — державка для накатывания поверхностей отверстий.

ний, при этом подача не должна превышать 0,5 мм/об. На фиг. 64, б показан ролик, применяющийся для накатывания средних деталей типа цапфы рабочего колеса, рычага рабочего колеса гидротурбин и других. В этом случае накатывание производится с подачей 0,5—0,8 мм/об.

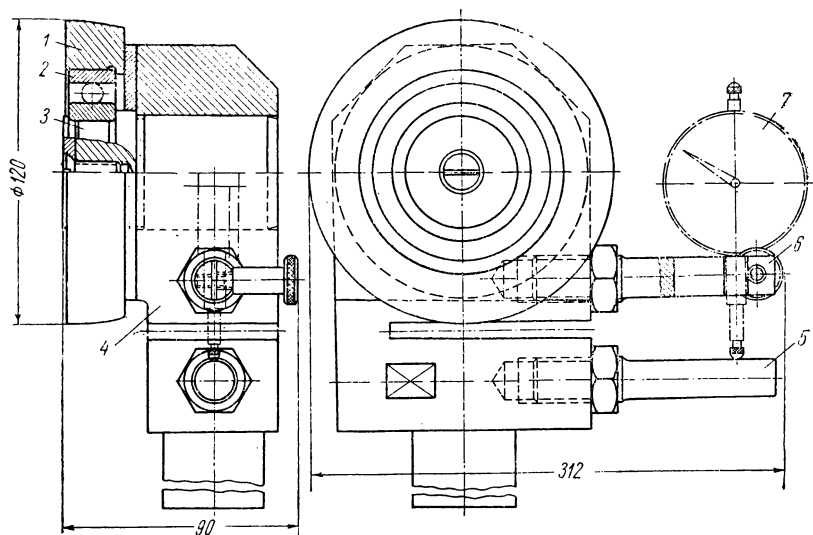
Для накатывания тяжелых деталей, с большими поверхностями обработки, вращающихся с малым числом оборотов, применяется ролик, показанный на фиг. 64, в. Этот ролик можно применять на тяжелых станках с жесткими супортами, например, при обработке валов гидротурбин с подачей до 2,5 мм/об.

Лучшим материалом для роликов является сталь ШХ15. Ролики подвергаются термообработке до $H_{RC} = 58 \div 62$, после чего шлифуются, полируются и проверяются на отсутствие трещин.

Для накатывания отверстий применяется трехсторонняя накатка, показанная на фиг. 64, г, в которой ролики закреплены на кулачках универсального патрона. В данном случае роликами являются наружные обоймы опорных радиальных подшипников. Такая накатка применяется токарем Анисимовым в гидротурбинном цехе Харьковского турбинного завода для накатывания отверстий аварийных сервомоторов диаметром 200 мм и длиной 450 мм с чистой поверхности 8-го класса. По ранее принятой технологии окончательная обработка этого отверстия производилась шлифованием

наждачным полотном, при этом чистота поверхности не превышала 7-го класса. Применение накатывания снизило трудоемкость обработки цилиндра на 3 часа. Для получения 8-го класса чистоты требуется один проход накатки с подачей 0,4 мм/об при вращении заготовки со скоростью 100 об/мин.

На Ново-Краматорском машиностроительном заводе (Донбасс) накатывание применяется на крупных токарных станках с высотой центров до 1500 мм при обработке прокатных валков, эксцентриковых валов прессов и ножниц и других крупных деталей. По данным



Фиг. 65. Державка для гладкого накатного ролика конструкции ЦНИИТМАШ.

завода, наибольшая производительность обеспечивается при накатывании роликами с цилиндрическим пояском типа, показанного на фиг. 64, б.

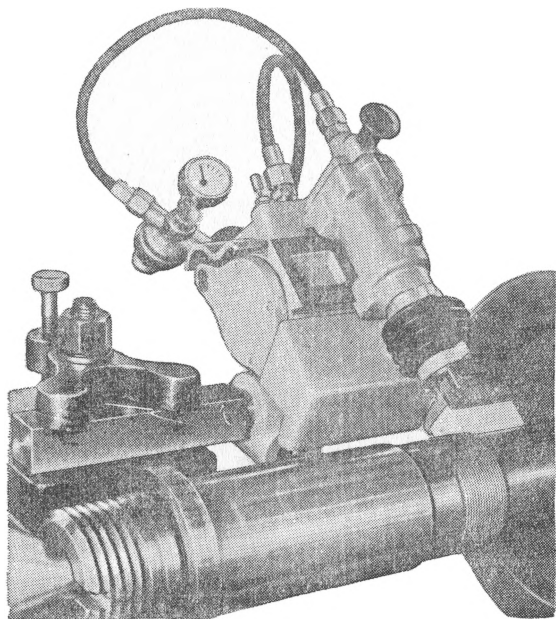
Накатывание поверхностей роликом, как отделочная операция, широко применяется токарями-новаторами Ленинградского металлического завода. Накатывание производится по схеме, предложенной токарем Горней, согласно которой ролик устанавливается под углом 2—3° к образующей накатываемой поверхности.

По этой же схеме работает державка для накатывания роликом конструкции ЦНИИТМАШ (фиг. 65). Ролик 1 с радиальным шариковым подшипником 2 устанавливается на оси 3, закрепленной консольно в корпусе 4. Назначение строк 5, 6 и индикатора 7 такое же, как и державки, показанной на фиг. 63.

Шлифование. При отсутствии шлифовальных станков необходимой грузоподъемности шлифование может осуществляться с помощью специальных приспособлений, монтируемых на супорте токарного станка. Применяются шлифовальные приспособления с шли-

фовальным абразивным кругом и приспособления, работающие абразивными брусками. Современная конструкция приспособления для шлифования брусками фирмы Вик и Хентцен (Западная Германия) показана на фиг. 66.

В данном случае обработка производится одним бруском небольших размеров. Частота колебаний бруска составляет 2500—2800 в минуту, чем достигается высокая производительность. Пол-

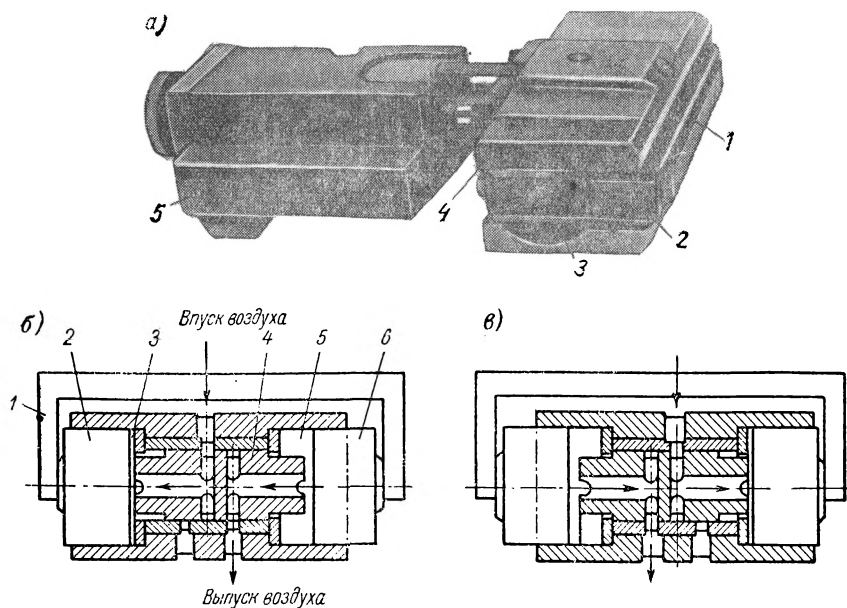


Фиг. 66. Приспособление для шлифования на токарном станке.

зун, несущий державку с абразивным бруском, движется возвратно-поступательно в шариковых направляющих. Приводом для колебательного движения является пневматическое устройство, отличающееся полной компенсацией инерционных сил и работающее от сети с давлением воздуха 4—5 кг/см^2 . Расход сжатого воздуха до 2500 л/час. Удвоенная амплитуда колебания бруска (ход) 2—5 мм. Наибольшее перемещение бруска в направлении, перпендикулярном оси обрабатываемой заготовки, 35 мм. Давление бруска на обрабатываемую поверхность регистрируется манометром и регулируется. Движение державки с абразивным бруском управляется кнопочным пневматическим клапаном. Державки для крепления абразивным бруском шириной от 3 до 28 мм взаимозаменяемы. Вес приспособления 11,3 кг.

При обработке шеек длиной менее 125 мм наибольшая глубина уступов не более 100 мм.

На фиг. 67, а показано приспособление для шлифования брусками, применяемое на Ленинградском металлическом заводе. Абразивный брусок 1 закрепляется в обойме 2, соединенной с поршнями 3 пневматических цилиндров, встроенных в корпус 4. Для крепления головки в резцедержателе токарного станка на корпусе последней предусмотрен уступ 5. Амплитуда колебаний абразивного бруска относительно среднего положения составляет 3—4 мм, частота колебаний 400—1800 двойных ходов в минуту, давление бру-



Фиг. 67. Головка для шлифования на токарном станке упрощенной конструкции: а — внешний вид; б, в — схема работы.

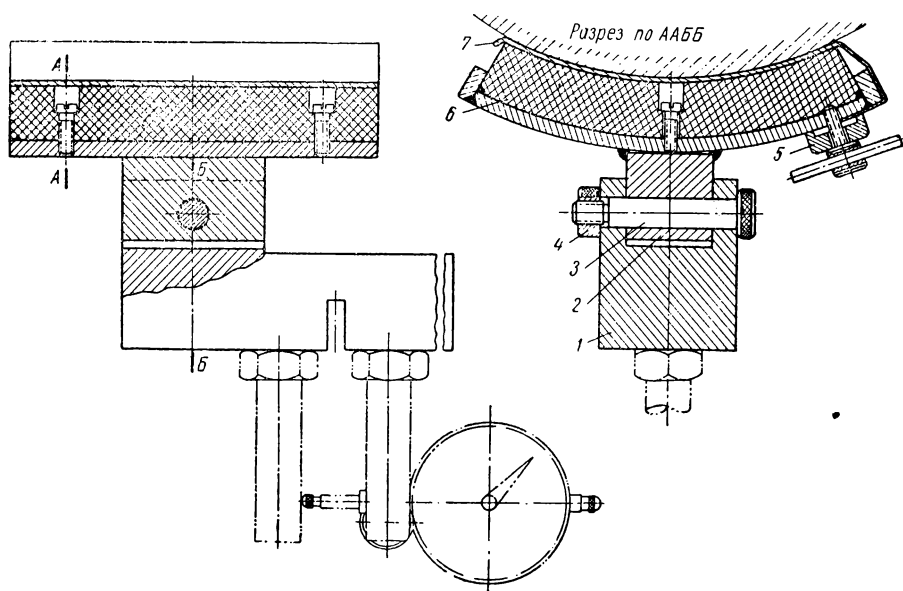
ска на обрабатываемую поверхность может меняться в пределах 0—60 кг. В процессе суперфиниширования в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применяется смесь состава: керосин 50%, веретенное масло 50%.

На фиг. 67, б и в изображена принципиальная схема работы приспособления. При движении обоймы 1 влево (фиг. 67, б) полость 5 правого цилиндра сообщается с атмосферой, а полость 3 левого цилиндра — с сетью сжатого воздуха. Под действием сжатого воздуха поршень 2, перемещаясь влево, увлекает за собой поршень 6 и золотник 4. Пройдя среднее положение, золотник устанавливается так, что полость правого цилиндра сообщается с сетью сжатого воздуха, а полость левого цилиндра — с атмосферой, при этом правый цилиндр и скоба начинают движение вправо (фиг. 67, в).

Давление абразивного бруска на обрабатываемую поверхность осуществляется пружиной. Частота колебаний бруска изменяется

регулированием сечений выходных отверстий для отработанного воздуха.

В случае невозможности использовать для отделочной операции шлифовальный станок, шлифовальные головки и накатные ролики применяется шлифование наждачным полотном. Для получения необходимой чистоты поверхности (обычно 7-й класс) и исключения возможности получения «задиоров» рекомендуется пользоваться приспособлением, показанным на фиг. 68. Наждачное полотно 7



Фиг. 68. Державка для шлифования абразивным полотном.

прикрепляется одним концом зажима 5 к корпусу 2, связанному шарниром 3 и 4 с державкой 1, и укладывается на войлочную прокладку 6, толщиной 20—25 мм. Для повышения стойкости полотна приспособление снабжено устройством, позволяющим контролировать и регулировать давление полотна на обрабатываемую поверхность.

Устройство для регулирования давления работает так же, как у державок для накатывания роликом (фиг. 63 и 65).

По данным ЦНИИТМАШ, обработка наждачным полотном поверхностей, имеющих 5-й класс чистоты, обеспечивает повышение чистоты до 7-го класса, при условии применения белого электрокорунда зернистостью 30—70, подачи 20—30 мм/об и количества проходов 8—10; кроме того, обработку следует вести с наибольшим числом оборотов, допускаемым станком и деталью. Обрабатываемая поверхность должна смазываться маслом. После каждых 2—4 проходов наждачное полотно следует заменять новым.

Для уменьшения времени обработки рекомендуется увеличивать поверхность контакта полотна с обрабатываемой деталью.

На Уралмашзаводе в качестве смазки при шлифовании абразивным полотном применяется керосин или машинное масло. Керосином пользуются при недостаточно чистой исходной поверхности и наличии достаточного припуска (поле допуска не использовано), так как он способствует интенсивному снятию металла. Машинное масло рекомендуется применять, если поле допуска на размер использовано достаточно полно и припуск на шлифование весьма мал.

16. Контроль размеров

Затраты времени на контроль размеров деталей, в том числе при снятии «пробной стружки», составляют до 30 % от всех затрат вспомогательного времени. Это объясняется несовершенством методов и средств контроля. Так, например, при измерении больших диаметров требуется участие двух человек; для каждого измерения необходимо останавливать станок, в то время как количество измерений в процессе обработки очень велико.

Измерение диаметров и осевых размеров. На крупных токарных станках обтачивание поверхностей под шлифование и другие отделочные операции обычно производятся за несколько проходов. Токарь-новатор Нсво-Краматорского машиностроительного завода (Донбасс) Коляда обрабатывает детали на чистовых операциях за один проход. Вначале обтачивается до требуемого размера мерный пояс, диаметр которого измеряется микрометром, после чего резец подводится к поверхности пояса, и включается продольная подача. В процессе обтачивания Коляда периодически, через 3—5 мин., измеряет диаметр обрабатываемого участка со стороны, противоположной работающему супорту. После очередного пробного измерения он успевает перейти к панели управления станком и произвести, если надо, подналадку резца. Этот метод контроля требует большого напряжения, высокой квалификации и связан с риском получения брака.

Метод косвенного измерения диаметров крупных деталей приборами «наездниками» известен давно и широко применяется на зарубежных заводах, в частности, на заводах Чехословакии. Однако на отечественных заводах этот метод до последнего времени не получил распространения.

На вышеупомянутом заводе инженерами И. Н. Абляскиным и Г. Г. Овумяном сконструирован, изготовлен и внедрен в производство прибор типа «наездника» для измерения диаметров свыше 1000 мм (фиг. 69, а). Габариты прибора в два раза меньше, чем у обычных микрометров, применяющихся для измерения таких же диаметров. Перед измерением прибор должен устанавливаться на нуль при помощи мерных плиток или штихмасов, размер которых берется в зависимости от контролируемого диаметра. Измерение диаметра нужно производить в трех сечениях. При измерении в диапазоне 1000—10 000 мм необходимо иметь комплект прибо-

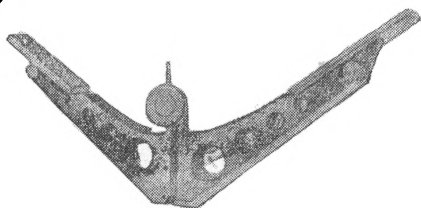
ров из 7 шт. В качестве измерительного устройства в приборе используется стандартный двухмикронный индикатор. Схемы измерения приборами показаны на фиг. 69, б и в. Отклонение диаметра Δd от номинального значения рассчитывается по формуле

$$\Delta d = 2 \frac{\Delta c \cdot \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \text{ мм,}$$

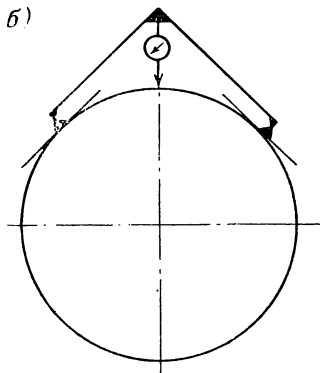
где Δc — показание индикатора в мм;
 $\alpha = 33^\circ 10'$ — постоянная прибора.

При этой постоянной одному делению шкалы двухмикронного индикатора соответствует 0,02 мм отклонения измеряемого диаметра.

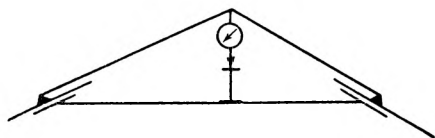
а)



б)



в)



Фиг. 69. Контроль больших диаметров: а — контрольно-измерительное приспособление; б, в — схемы контроля приспособлением.

Применяемые на заводах для измерения отверстий 2-го класса точности диаметром 200—550 мм сборные штихмасы не обеспечивают необходимой точности измерения отверстий. По данным ЦНИИТМАШ, погрешность измерения отверстия диаметром 300 мм составляет около 38% от гарантированного допуска на изготовление и складывается, главным образом, из температурных и субъективных погрешностей. Измерение наружных диаметров валов размером 200—500 мм обычными микрометрами также не обеспечивает точности изготовления их по 2-му классу, так как суммарная погрешность измерения составляет около 48% гарантированного допуска. Главными при этих измерениях также являются температурные и субъективные погрешности. Измерение отверстий 3—5-го классов точности рекомендуется производить нутромером конструкции Ново-Краматорского завода (Донбасс) или сигарообразным нутро-

мером Ленинградского металлического завода. Для измерения отверстий диаметром 200—1000 мм 2-го класса точности следует применять индикаторные приборы с ценой деления индикатора 0,002 мм конструкции ЦНИИТМАШ (фиг. 70). При измерении

этими приборами погрешность по отношению к допуску не превышает 20%. Для уменьшения температурной погрешности при измерении диаметров валов следует корпус микрометра изолировать фанерой от нагревания теплотой рук рабочего или контролера. Для снижения погрешностей, связанных с ощущением контакта, следует применять индикаторный микрометр с ценой деления шкалы 0,010—0,002 мм. Опыт показывает, что применение индикаторных микрометров нормирует измерительное давление и делает измерение более объективным.

Измерение наружных диаметров валов размером свыше 1000 мм на станке скобами требует участия двух человек. Применение для этой цели лимбов связано с запоминанием отсчетов по шкалам.



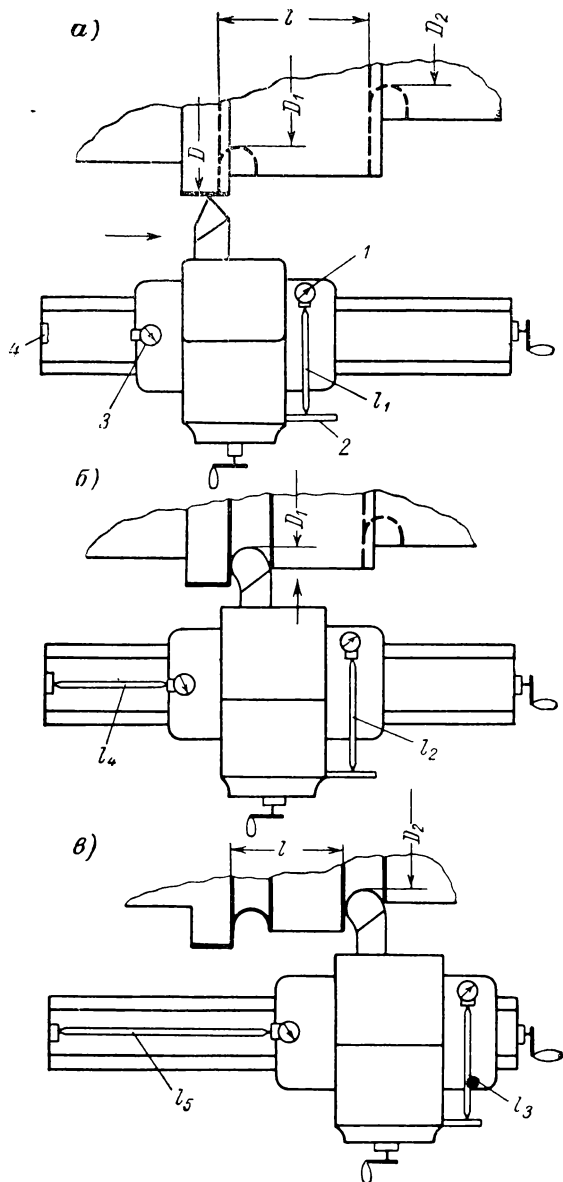
Фиг. 70. Индикаторный прибор для контроля диаметра больших отверстий.

Измерение диаметров и осевых размеров штихмасами с помощью жестких упоров требует большого навыка и приводит к значительным погрешностям из-за непостоянного измерительного давления. Опыт работы токарей В. Д. Дрокина, А. Г. Павлова, А. С. Семенова и других показывает, что измерение диаметров и осевых размеров на станке с достаточной точностью, надежностью и относительно малой затратой времени осуществляется с помощью индикаторных упоров, обеспечивающих постоянство мерительного давления.

Принципиальная схема измерения штихмасами по индикаторным упорам при обтачивании канавок D и D_1 показана на фиг. 71. После обтачивания пояска D между индикатором 1 и упором 2 помещается штихмас l_1 , и индикатор устанавливается на нуль (фиг. 71, а). Для обтачивания канавки D_1 штихмас l_1 заменяется штихмасом l_2 , длина которого равна $l_2 = l_1 - \frac{D - D_1}{2}$, после чего производится подрезание пояска D (фиг. 71, б). Подача резца прекращается, когда индикатор 1 станет на нуль.

В этом положении резца между индикатором 3 и упором 4 помещается штихмас l_4 , и затем стрелка индикатора совмещается с нулем шкалы.

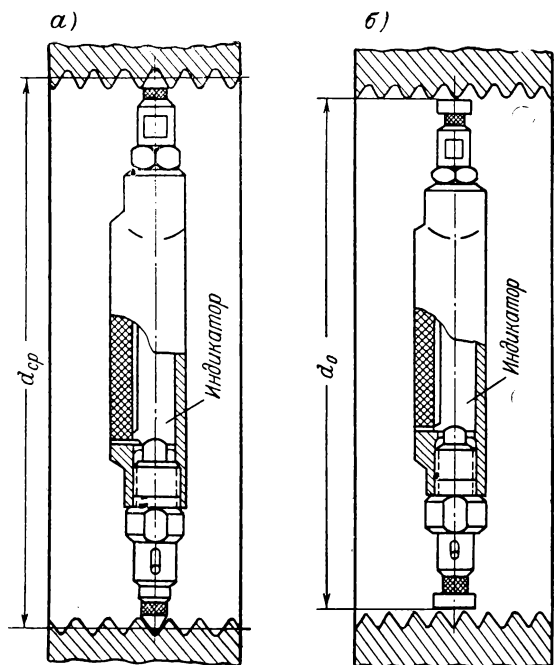
Для обтачивания канавки D_2 штихмас l_4 заменяется штихмасом l_5 длиной $l_5 = l_4 + l_2$ и индикатор 3, устанавливается на нуль. На место штихмаса l_2 помещается штихмас l_3 длиной $l_3 = l_1 - \frac{D - D_2}{2}$; резец подается вперед, пока индикатор 1 не станет на нуль (фиг. 71, в).



Фиг. 71. Схема измерения штихмасом с помощью индикаторных упоров: *а* — установка на нуль индикатора радиальных размеров; *б* — установка на нуль индикатора осевых размеров и обтачивание первой канавки; *в* — установка на нуль индикатора осевых размеров и обтачивание второй канавки.

Чтобы не производить вычислений в процессе работы и тем самым предупредить возможность ошибок, размеры штихмасов и мерных плиток рассчитываются заранее и сводятся в таблицу.

Измерение резьбы. Резьбы диаметром от 200 до 600 мм, изготавливаемые обычно мелкими сериями или индивидуально, контролировать калибрами невыгодно. Такой контроль связан со значительными трудностями. В этих случаях целесообразно контролировать отдельные элементы резьбы с последующим суммированием их по-



Фиг. 72. Контроль диаметров резьбы в отверстии:
а — среднего; б — внутреннего.

грешностей. Контроль элементов крупных резьб в цеховых условиях рекомендуется производить следующими методами.

Измерение наружного диаметра резьбы в пределах 200—600 мм производится относительным методом с помощью микрометра и установочных мер. Предварительно микрометр устанавливается на нуль. Показание шкалы микрометра и размер установочной меры суммируют. Полученный результат принимают за действительный размер наружного диаметра резьбы.

Предельная погрешность измерения наружного диаметра резьбы таким методом составляет 15—30 мк.

Для измерения среднего диаметра внутренней резьбы в пределах 200—600 мм рекомендуется применять индикаторный нутромер со сферическими наконечниками конструкции

ЦНИИТМАШ (фиг. 72, а), концевые меры (плитки) 6-го разряда или 3-го класса точности и специальный зажим.

Нутромер устанавливается на нуль при помощи блока из плиток, составляемого с учетом диаметра сферы наконечников и перекося прибора в процессе измерения. Наконечники вводятся в соответствующие впадины резьбы. Затем для данного положения нутромера определяют максимальное показание индикатора.

Действительный размер среднего диаметра внутренней резьбы равен сумме величин размера блока плиток и отклонения индикатора от нуля с соответствующим знаком.

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы деталей применяются микрометр с укороченными вставками и установочные меры или образцовые калибры-пробки для настройки микрометра. Измерение в этом случае также производится относительным методом.

Микрометр настраивается на нуль по установочной мере или по образцовому калибру-пробке и устанавливается на резьбовой части детали. Показание шкалы микрометра с соответствующим знаком прибавляется к размеру установочной меры или образцового калибра.

Предел измерения среднего диаметра резьбы микрометром составляет 200—350 мм, погрешность измерения $\pm 35 \div 45$ мк.

Для измерения внутреннего диаметра резьбы в отверстиях деталей применяется индикаторный нутромер конструкции ЦНИИТМАШ (фиг. 72, б) со специальными удлиненными цилиндрическими наконечниками, концевые меры (плитки) 6-го разряда или 3-го класса точности, специальные боковики и струбцина. Измерение производится относительным методом. Настройка индикатора на нуль осуществляется посредством блока из плиток и специальных боковичков, закрепляемых в струбцине. Размер блока плиток равен величине номинального внутреннего диаметра резьбы.

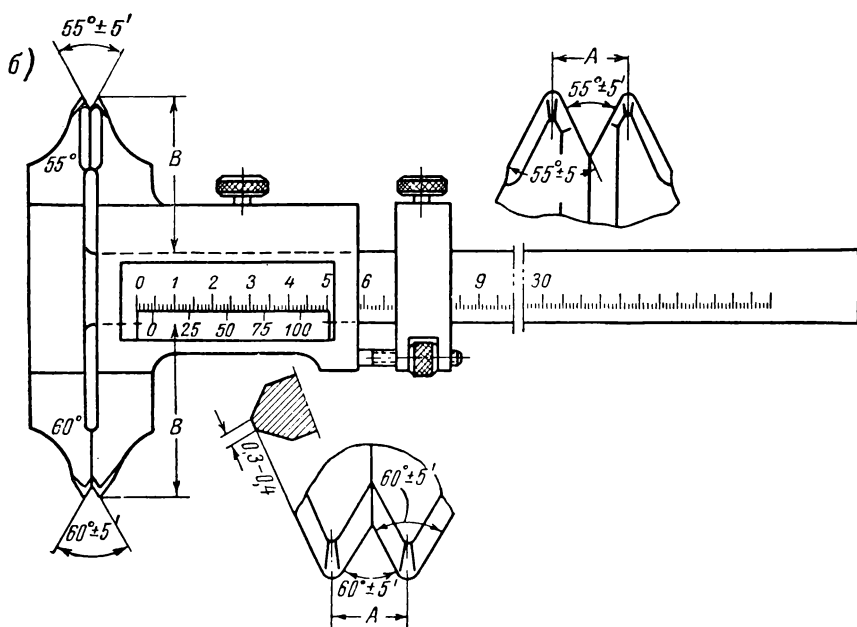
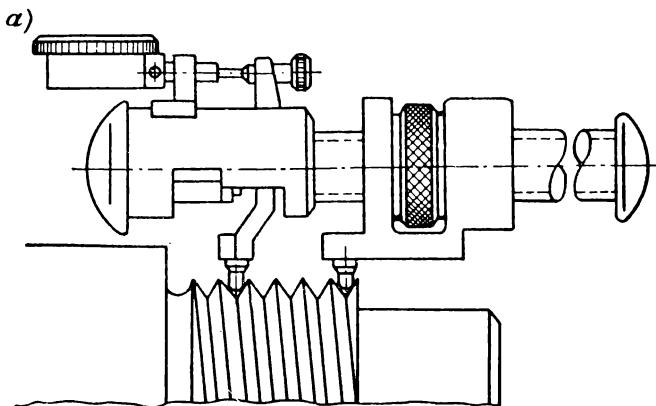
Действительный размер внутреннего диаметра определяется как сумма величин номинального внутреннего диаметра и отклонения индикатора с соответствующим знаком.

Погрешность шага крупной резьбы не может быть проверена кольцом из-за недостаточной ширины его. Для измерения шага наружной резьбы диаметром от 200 до 600 мм применяется накладной шагомер (фиг. 73, а). Измерение производится относительным методом.

Шагомер устанавливается на нуль по блоку из плиток и двух специальных боковиков, которые закрепляются в струбцине, или по образцовому резьбовому калибру с соответствующим шагом, который должен быть аттестован.

Шаг контролируется между двумя любыми витками, отстоящими друг от друга на 12—100 мм, для чего производится перемещение хомутика с неподвижным наконечником.

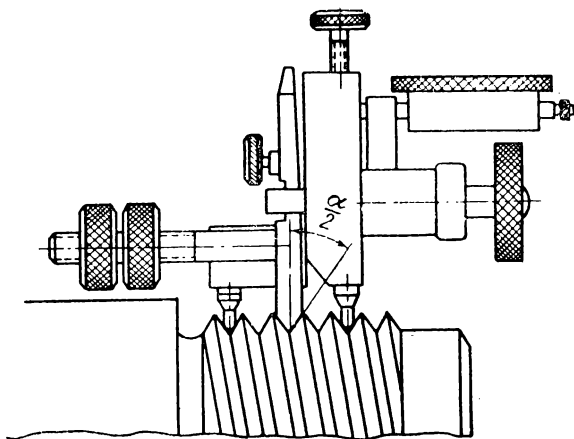
Отклонения шага контролируемой резьбы воспринимаются подвижным измерительным наконечником и передаются рычагом шпинделю индикатора. Шаг резьбы контролируется в направлении,



Фиг. 73. Приборы для контроля шага резьбы: а — индикаторный; б — штангенциркуль.

перпендикулярном к углу подъема витка, поэтому находят наименьшее показание шагомера при повороте его в горизонтальной плоскости вокруг неподвижного наконечника.

Измерение шага резьбы диаметром от 200 до 600 мм в отверстиях производится этим же прибором. Выбор сферических наконечников, расчет размера блока плиток и установка прибора на нуль осуществляются так же, как и при измерении шага наружной резьбы. Погрешность измерения в обоих случаях составляет ± 10 мк.



Фиг. 74. Прибор для контроля половины угла профиля.

Ошибка в шаге крупной резьбы, нарезанной на большой длине, может быть проверена с меньшей точностью более простым способом. На Ленинградском металлическом заводе инж. С. М. Леном предложен для измерения накопленной ошибки шага крупных резьб специальный штангенциркуль. Мерительные губки его (фиг. 73, б) имеют угловой профиль, соответствующий углу профиля проверяемой резьбы.

При сведенных губках показание шкалы штангенциркуля равно величине шага A , который маркируется на линейке.

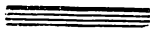
Влияние на точность измерения угла подъема витков практически исключается приданием контактным поверхностям губок ножевидной формы в виде ленточек шириной 0,3—0,4 мм. Для правильной установки штангенциркуля относительно оси вала применяется специальная призма, а при измерении резьбы в отверстии пользуются державкой, которая обеспечивает правильное положение штангена относительно торца детали.

Половина угла профиля измеряется накладным угломером конструкции ЦНИИТМАШ (фиг. 74). Измерение производится относительным методом с помощью соответствующих установочных мер. Профиль проверяется не менее чем на двух витках: среднем и одном из крайних.

Угломер настраивается на нуль по установочной мере при помощи плитки с углом 60° для проверки одной стороны профиля. Скос ножа угломера устанавливается параллельно или вплотную к боковой поверхности витка резьбы. Наблюдение за просветом между скосом ножа и боковой поверхностью витка производится в лупу, $\times 24$.

Погрешность угла профиля резьбы определяется по показаниям шкалы индикатора с ценой деления $0,001$ мм. Одно деление шкалы индикатора соответствует отклонению угла профиля, равному $50''$. Каждую половину угла профиля измеряют не менее двух раз. Затем производится настройка угломера для проверки другой стороны профиля. Предельная погрешность измерения половины угла профиля таким методом составляет $\pm 3 \div 6'$.

Для измерения половины угла профиля резьбы в отверстии применяется проекционный метод. Измеряемая резьба заливается медицинским гипсом или хромпиком. После затвердевания слепок резьбы измеряется на инструментальном микроскопе обычными приемами. Погрешность измерения таким методом составляет $\pm 10'$.



ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Глава I. Общие сведения о работе на крупных токарных станках . . . | 3 |
| 1. Характерные детали, обрабатываемые на крупных токарных станках | — |
| 2. Виды заготовок и требования, предъявляемые к ним | 7 |
| 3. Припуски на механическую обработку, вырезание образцов для испытаний и на технологические базы | 8 |
| 4. Центровые отверстия | 11 |
| 5. Разновидности крупных токарных станков | 15 |
| 6. Приспособления, применяемые при обработке крупных деталей | 21 |
| Глава II. Технология обработки | 33 |
| 7. Установка, выверка и закрепление заготовок | — |
| 8. Некоторые сведения о механической обработке | 45 |
| 9. Обдирка валов и дисков | 49 |
| 10. Черновая обработка валов | 57 |
| 11. Полуцистовая и чистовая обработка валов и дисков | 64 |
| Глава III. Специальные виды работ | 82 |
| 12. Общие сведения об обработке глубоких отверстий | — |
| 13. Обработка шпоночных пазов | 90 |
| 14. Обтачивание сферических поверхностей | 91 |
| 15. Накатывание и шлифование валов и дисков | 92 |
| 16. Контроль размеров | 99 |

Григорий Алексеевич Брейкин,

Евгений Иванович Пазюк

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Редактор издательства И. А. Бородулина

Технический редактор *Р. Г. Польская*

Корректор *Л. Р. Кухтевич*

Подписано к печати 10/ХII—1957 г. М-50146 Формат бумаги 60×92¹/₁₆ Печ. л. 6,75
Уч.-изд. листов 7,3 Тираж 11 000 экз. Заказ 2756.

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, ул. Моисеенко 10.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МАШГИЗ**

БИБЛИОТЕЧКА ТОКАРЯ-НОВАТОРА

ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПУСКОВ

1. Ансеров М. А., Великанов К. М., Озеркович М. И. Повышение производительности труда и снижение затрат при токарной обработке.
2. Подпоркин В. Г., Большаков С. А., Резание металлов и режущие инструменты.
3. Кучер И. М., Кучер А. М., Токарные станки, их модернизация и автоматизация.
4. Ансеров М. А., Приспособления для токарных станков.
5. Блюмберг В. А., Сергеев М. А., Обработка деталей на токарных станках.
6. Блюмберг В. А., Лакур К. В., Нарезание резьбы на токарных станках.
7. Брейкин Г. А., Пазюк Е. И., Обработка деталей на крупных токарных станках.
8. Пазюк Е. И., Обработка деталей на карусельных станках.
9. Амосов И. С., Скраган В. А., Точность, вибрации и чистота поверхности при токарной обработке.
10. Сергеев М. А., Никитин П. С., Организация рабочего места токаря и техника безопасности.

2 р. 55 к.



ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Ленинград, ул. Дзержинского, 10