

*С. А. Дуллер*

**МАСТЕРСТВО  
ТОКАРЯ**



С. А. Дуллер  
МАСТЕРСТВО  
ТОКАРЯ

С. А. ДУМЛЕР.

# МАСТЕРСТВО ТОКАРЯ

*(Обобщение передового опыта)*

*В помощь молодому токарю*



ЧЕЛЯБИНСКОЕ  
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
1956

**Рецензенты:**

*доцент, к. т. н. Ю. Г. Проскуряков и коллектив кафедры «Станки и инструмент»  
Челябинского политехнического института;  
главный технолог Челябинского тракторного завода,  
лауреат Сталинской премии Д. А. Чернов;  
зам. гл. технолога ЧТЗ А. И. Буевич;  
зам. нач. областного управления трудовых резервов Н. П. Тимофеев.*

## ОТ АВТОРА

В этой книге рассказывается об основах токарного мастерства, об интересном и сложном труде токаря, где переплетаются наука и производственное творчество, сноровка и изобретательность.

Современное мастерство основано на науке. Оно научно и в то же время — народно. Разведчиком науки о резании металлов стал и токарь. Коренные усовершенствования в методы производства, серьезный вклад в сокровищницу науки внесли простые и скромные труженики социализма.

Основное внимание в книге уделено обобщению передовых приемов работы. Однако отобрав многое из того, что уже известно, и присоединив опыт ряда замечательных токарей, в живом общении с которыми рождалась эта книга, автор все же видит, что освещена лишь малая часть большой темы: неисчерпаемо всенародное трудовое творчество.

Подробно рассказывая о приемах работы передовых токарей, мы сочли нужным дать вначале описание токарного станка, особенности металлов и основы их резания — в простом, доступном изложении.

Книга рассчитана в первую очередь на молодого токаря-производственника, но она может быть также использована в технических кружках средней школы.

К молодежи обращены слова Горького, что процесс социально-культурного роста людей развивается нормально только тогда, когда руки учат голову, поумневшая голова учит руки, умные руки снова и уже сильнее способствуют развитию мозга.

Помочь этому — задача и нашей книги.





---

---

# Часть первая

## ГЛАВА 1. ТОКАРНЫЙ СТАНОК

### ДАЛЕКИЕ ПРЕДКИ ТОКАРНОГО СТАНКА

Прежде чем люди научились пользоваться металлами, они применяли камень, чтобы делать из него ножи, наконечники стрел, топоры и другой инструмент. Это время называют «каменным веком».

Каменный век окончился примерно 6000 лет назад. Задолго до этого люди уже умели обрабатывать камень.

Ученые нашли каменные топоры и молотки с просверленными отверстиями для насаживания на рукоятки. Дошли до нас и следы станка, которым делали в камне отверстия.

Устроен он был так: из крепкой и гибкой жерди делали лук, из полоски кожи — тетиву. Обматывали тетивой палку в один виток. К концу палки привязывали заостренный камень — сверло. Вот и весь станок.

Как же на нем работали?

Если водить луком взад и вперед, словно пилой, то тетива, намотанная вокруг палки, будет ее вращать то в одну, то в другую сторону. Каменное сверло ставили в выбитую в камне впадину. Туда подсыпали песок. После долгого, очень долгого вращения палки с каменным наконечником впадина углублялась и наконец получалось отверстие.

Но это еще не все. Для того чтобы было легче подавать сверло, делался рычаг, которым можно было нажимать на палку с инструментом.

Здесь в зародыше были почти все части современного станка. Сколько же понадобилось людям времени, чтобы придумать это устройство?

В сотни и тысячи раз больше, чем прошло с тех пор до наших дней. Одни ученые считают, что прошло пятьдесят тысяч лет, прежде чем человек научился обрабатывать камень. Другие отводят на этот период не меньше миллиона лет.

А сколько нужно было затратить времени и сил, чтобы просверлить в топоре отверстие лучковым сверлом!

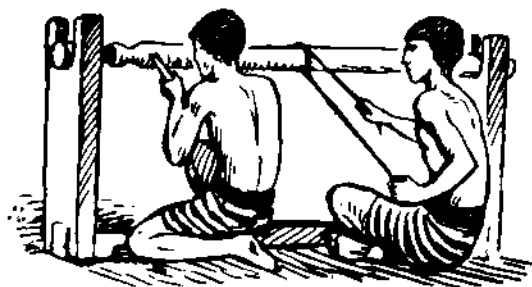
Ученые подсчитали и это. Чтобы просверлить камень толщиной в 40 миллиметров, надо было потратить 100 рабочих часов.

Прошло несколько тысячелетий. Люди научились добывать металлы, узнали их свойства. Появились инструменты из меди и бронзы, а затем из железа. Это было более трех тысяч лет назад. Впервые железные инструменты появились в Египте, а через семь столетий в Европе.

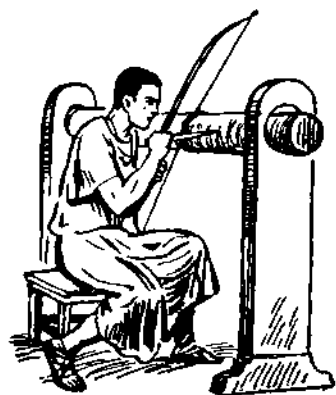
Но люди в те далекие времена не умели обрабатывать железа. Они могли его лишь ковать молотом или обрубать зубилом. Получались вещи простые и грубые.

Для постройки машин шло дерево. Из него делали колеса и шестерни, валы и рычаги. Для обработки дерева применяли токарные станки. Они очень походили на лучковое сверло каменного века. У древних египтян, у римлян, в средние века станок оставался все таким же (фиг. 1 а, б, в).

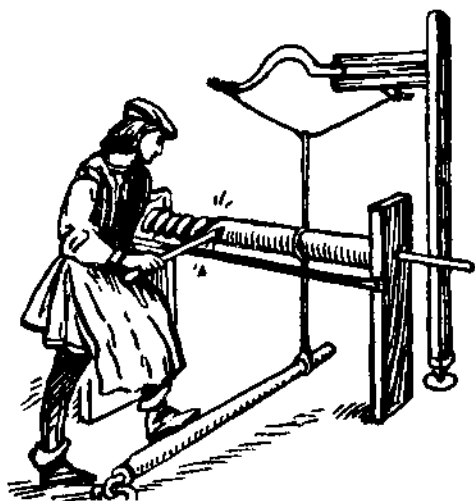
Так же был устроен и старинный русский токарный станок: две



Фиг. 1 а. Токарный станок в древнем Египте

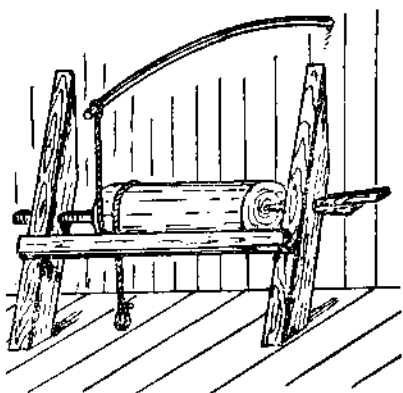


Фиг. 1 б. Токарный станок в древнем Риме



Фиг. 1 в. Токарный станок в средние века

стойки, в них деревянные центры, на которых закреплялся обрабатываемый кусок бревна. Вокруг бревна обматывалась веревка. Один конец ее привязывался к упругой жерди. На другом — была сделана петля для ноги токаря (фиг. 1 г).



Фиг. 1 г. Старинный русский токарный станок

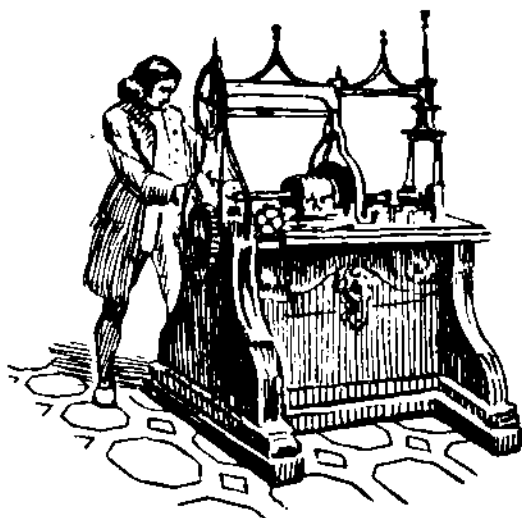
Дергая ногой веревку вниз, токарь заставлял бревно вращаться «на себя». Когда же нога не нажимала на петлю, жердь расправлялась, тянула веревку вверх и поворачивала бревно в обратную сторону. Резать можно было только с перерывами, когда токарь вращал бревно «на себя». Резец держали в руках. Стружка снималась самая малая.

Затем человека заменила вода. Ее заставили вертеть водяные колеса. Вращение от колеса передавалось машине. Впрягли водяную силу и в токарный станок.

Но резец попрежнему держали в руках.

### СТАНОК НАРТОВА

Огромным шагом вперед было изобретение механического держателя резца — супорта. Придумал его замечательный русский механик Андрей Нартов, живший в начале XVIII века. Нартов был токарем, учившим Петра I токарному искусству. Он сделал станок, который можно считать первым настоящим токарным станком (фиг. 1 д.).



Фиг. 1 д. Токарный станок Андрея Нартова (первая половина XVIII века)

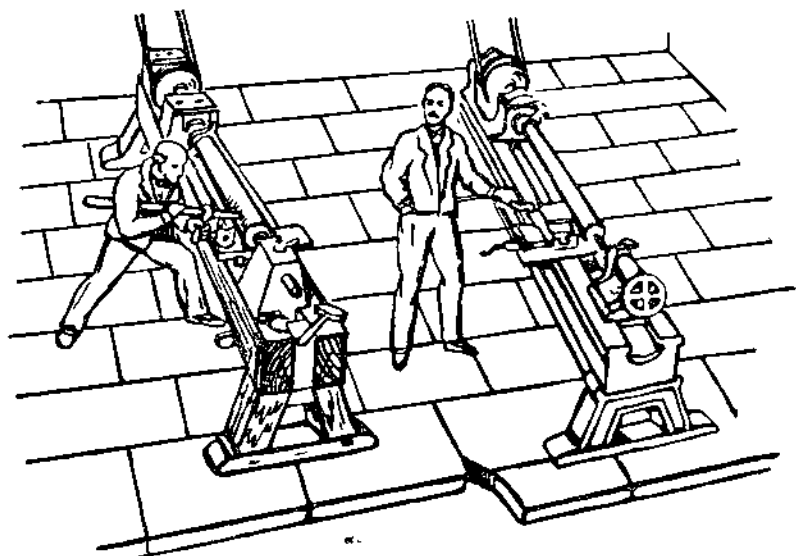
Резец укреплялся в держателе и мог передвигаться вместе с ним. Токарю уже не приходилось держать его в

руках. Резец можно было перемещать быстро и равномерно, вре-  
заясь в деталь и снимая с нее ровный слой стружки.

Много позднее, в 1794 году английский рабочий-мастерской  
Генри Модслей сделал у своего станка такой же держатель или,  
как его потом назвали, — супорт (фиг. 1 е).

Но вернемся на полстолетие назад. Двести лет отделяют нас  
от того времени.

Наступал век пара. В далекой Сибири изобретал свою «огне-  
действующую машину» замечательный русский механик Иван  
Ползунов. На 19 лет позднее появилась паровая машина англича-  
нина Уатта, которого долгое время считали творцом первой



Фиг. 1 е. Старинные станки без супорта и с супортом

универсальной паровой машины. На самом деле, им был Ползу-  
нов.

Но как трудно было изготовлять первые паровые машины! Представьте, какая была точность обработки деталей, если один из английских мастеров того времени хвастался перед приятелями, что ему удалось изготовить цилиндр паровой машины, у которого внутренний диаметр отличался в разных местах «только» на толщину мизинца мастера!

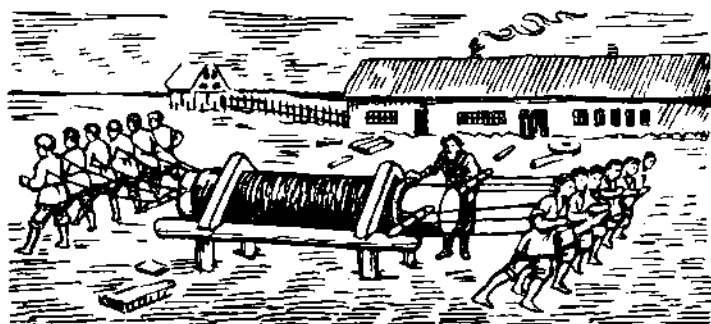
А как изготовили этот цилиндр? Он был отлит из меди. Ведь ее легче обработать, чем сталь. Надо было обработать отверстие. В цилиндр залили 80 килограммов свинца. К концам свинцовой болванки прикрепили штанги с веревками. За веревки взялись с каждой стороны по 6 сильных рабочих. А потом в цилиндр

налили масло с наждаком и начали протягивать свинцовую болванку взад и вперед (фиг. 2 а).

Тянули до тех пор, пока поверхность не становилась гладкой. Тогда цилиндр поворачивали и снова начинали притирку. Вот как добивались точности в один мизинец!

Не лучше обстояло дело и у Уатта. Когда он изготовил цилиндр для своей паровой машины, между цилиндром и поршнем свободно проходила большая монета. Уменьшить зазор Уатт не смог. Тогда он разорвал свою большую шляпу и кусками ее заткнул щели между поршнем и стенками цилиндра.

Уже в те далекие времена русские безвестные мастеровые из крепостных рабочих, или как их тогда называли — работные люди, умели лучше обрабатывать металл, чем мастера Англии и других стран Западной Европы.



Фиг. 2 а. Обработка отверстия цилиндра в середине XVIII века (со старинного рисунка)

В одном из ленинградских музеев можно видеть модель станка, который применялся в XVIII веке на Олонецких заводах для расточки пушечных стволов.

Металлическая болванка вращалась с помощью водяного колеса. Резец был установлен на саях, которые можно было подавать вперед, поворачивая ломом трещотку. Тут же над станком возвышался ручной кран для подъема и установки деталей. Две большие искусно сделанные куклы изображают рабочих. Они в старинной одежде, в больших войлочных шляпах.

Этот станок, разумеется, много лучше и свинцовой колоды английского мастера, и изобретенного намного позднее англичанином Смитом расточного станка. У Смита вращался диск с резцами, а цилиндр подавался на тележке. Конструкция была не жесткая, и резцы снимали то больше, то меньше стружки.

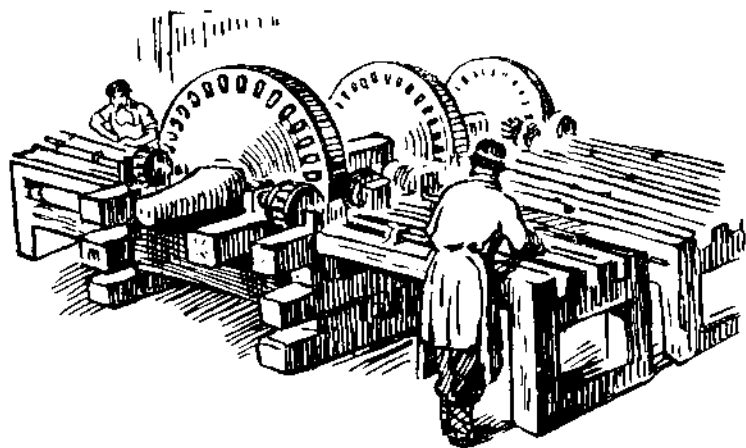
Русские мастера опередили Европу и в области специальных токарных станков. Первые в мире многопозиционные станки для обработки одновременно нескольких ружейных стволов были созданы русским изобретателем Яковом Батищевым, также современником Петра I (фиг. 2 б).



На пороге XIX века токарный станок для металла уже сформировался. Он становится похожим на современный токарный станок: у него есть супорт, станина с направляющими, ходовой винт. Немного позднее появляется и ходовой валик, и рейка.

До 1908 — 1910 гг. на станках работали резцами из углеродистой стали. Станки имели небольшие обороты шпинделей, слабые станины.

Изобретение быстрорежущей стали для изготовления резцов сильно повлияло на конструкции станков. Для того чтобы рабо-



Фиг. 2 б. Старинные многопозиционные станки для обработки одновременно нескольких ружейных стволов русского изобретателя Якова Батишева

тать с большими скоростями, станки стали изготовлять мощными, устойчивыми и быстроходными. Вместо ступенчатых шкивов появились коробки скоростей, вместо набора сменных шестерен — коробки подачи. Упростилось управление станком. Теперь, передвинув три-четыре рукоятки, можно настроить станок на нужное число оборотов и требуемую подачу.

### СОВРЕМЕННЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК

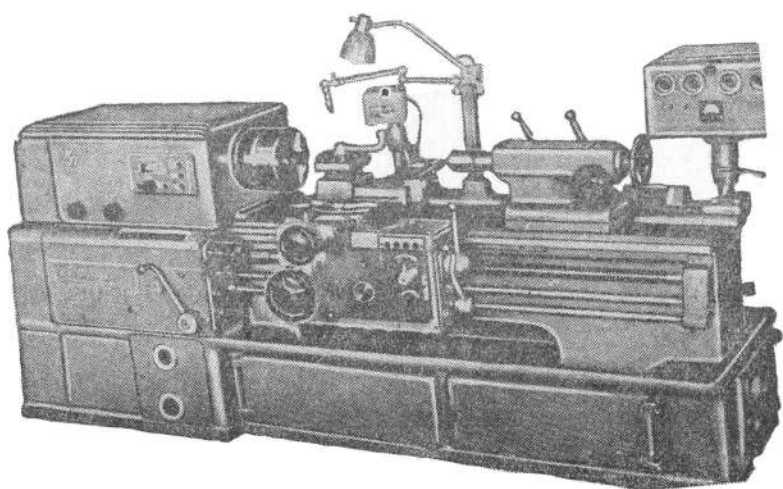
Сейчас происходит такой же или, пожалуй, еще больший переворот в токарном деле, чем 55 лет назад при открытии быстрореза. Скоростное и силовое резание резцами из твердых сплавов, минералокерамика, новые приемы работы — все это сильно изменяет и еще больше изменит конструкцию токарного станка и его внешний вид.

И мы видим рождение этого нового станка. Вот здесь на рисунке показан советский быстроходный токарный станок-модель 1620 (фиг. 3). Высота центров станка — 225 мм, расстояние меж-

ду центрами — 1000 — 1500 мм. Мощность мотора — 18 лошадиных сил.

Посмотрите на простые и строгие формы этого станка: вместо станины на ножках — коробчатая конструкция, более прочная и жесткая.

Станок сочетает последние достижения в области электрификации сложных механизмов с требованиями скоростной обработки металлов. В его конструкцию вложена забота о трудящемся. Максимально упрощено и облегчено управление станком.



Фиг. 3. Советский быстроходный токарный станок типа 1620

Наклон единственной рукоятки вперед, назад, вправо или влево посылает в том же направлении и супорт с резцом.

Вместо многих рукояток для настройки станка на нужное число оборотов — всего две кнопки. Нажим на одну увеличивает число оборотов шпинделя, другая служит для уменьшения оборотов. Одновременно на станке за стеклом, прямо перед глазами рабочего, появляются цифры, показывающие, на какое число оборотов настроен станок.

Немного ниже, также под стеклом, вращающаяся таблица чисел подач. Настройка на определенную подачу напоминает настройку радиоприемника. Для этого служит рифленая рукоятка из пластмассы, находящаяся тут же, под рукой рабочего.

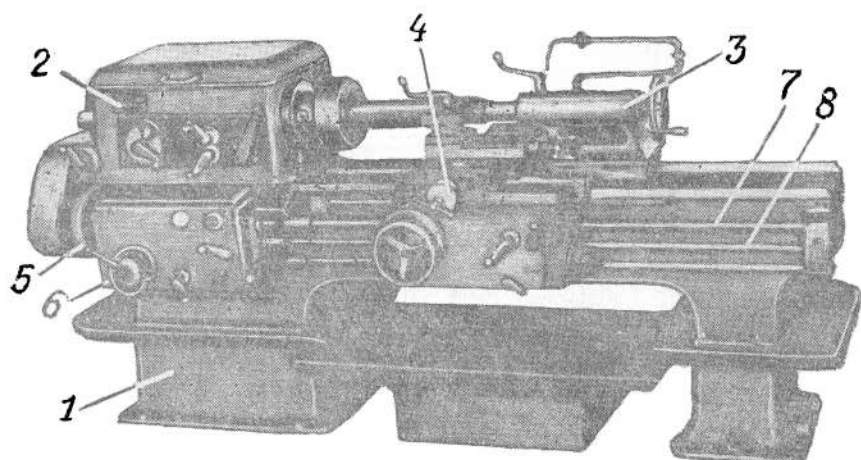
Две небольшие лампочки сигнализируют о состоянии станка. Зеленая — нормальная работа. Красная вспыхивает при перегрузке.

Станок может давать от 12 до 3000 оборотов в минуту. При этом от 70 до 3000 оборотов имеется бесступенчатое регулирование. Это значит, что в этих пределах можно получить любое

число оборотов. Изменение числа оборотов происходит при помощи бесступенчатого вариатора — плавно, без скачков.

На станке применено много других новинок техники, как, например, электрокопировальное устройство для обточки детали любой формы по образцу или шаблону.

На следующем рисунке показан другой современный советский токарный станок типа 1А62 (фиг. 4). Этот станок и его



Фиг. 4. Советский современный токарный станок типа 1А62:

1 — станина; 2 — передняя бабка с коробкой скоростей; 3 — задняя бабка; 4 — супорт; 5 — гитара; 6 — коробка подачи; 7 — ходовой винт; 8 — ходовой валик.

предшественник, во многом сходный с ним — 1Д62 (ДИП-200), — самые распространенные станки. Их можно встретить в каждой механической мастерской, на любом заводе нашей страны.

На рисунке обозначены основные части станка: станина, передняя и задняя бабки, супорт, передаточный механизм-гитара, коробка подачи, ходовой винт, ходовой валик и другие.

Основанием станка служит станина. По направляющим станины перемещается супорт, в котором закрепляется резец. На станине установлены: с левой стороны — передняя бабка, с правой стороны — задняя бабка.

Задняя бабка подвижна, ее можно двигать вдоль станины, то приближая к передней бабке, то удаляя от нее, в зависимости от длины обрабатываемого изделия, конец которого она поддерживает.

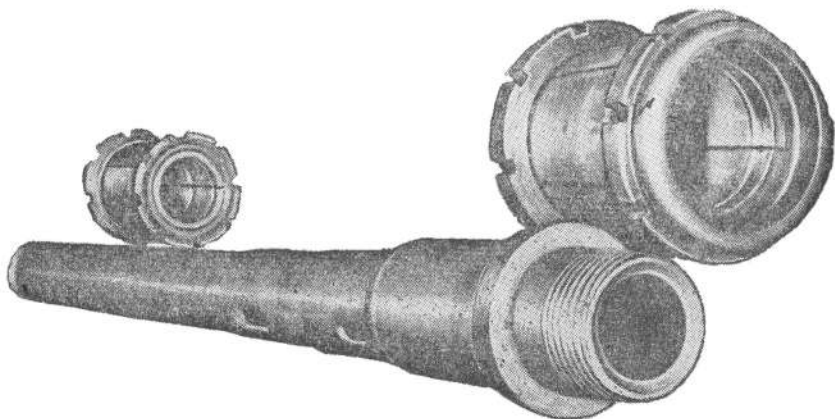
Передняя бабка неподвижна. Здесь находятся коробка скоростей и шпиндель.

Шпиндель, пожалуй, наиболее важная часть станка. Это пустотелый вал, расположенный горизонтально, параллельно направляющим станины (фиг. 5). Он лежит на подшипниках, находящихся в передней бабке, и может вращаться, смотря по необходимости, быстро или медленно.

На шпинделе закрепляется с помощью приспособления изделие, которое хотят обработать.

Зайдем с левой стороны станка. Мы увидим электродвигатель, стоящий отдельно на полу и соединенный со станком ременной передачей. Он приводит в движение механизм станка и его части.

Хорошо ли вы знаете свой станок? Можете ли вы сказать,



Фиг. 5. Шпиндель и его подшипники

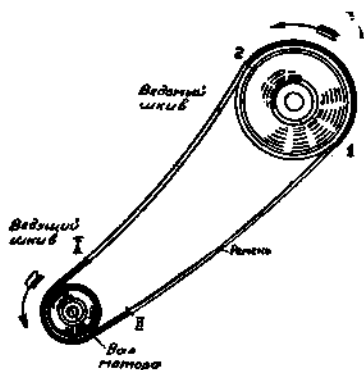
какие шестерни сцепляются при том или другом числе оборотов шпинделя? Отчего остановка шпинделя происходит сразу? Как отрегулировать падающий червяк?

Представим себе, что станок частично разобран для ремонта и проследим весь путь передачи движения от электродвигателя к шпинделю и дальше к супорту.

### ОТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ К ШПИНДЕЛЮ

Шкив на валу электродвигателя станка ДИП-200 имеет диаметр 128 мм, а шкив валика коробки скоростей—диаметр 250 мм, значит, вращение передается от меньшего шкива к большему. В то время, как меньший шкив сделает полный оборот, большой повернется только на  $\frac{1}{2}$  окружности ( $128:250=0,51$ ) (фиг. 6а). Следовательно, число оборотов уменьшится в 2 раза. Электродвигатель делает 1440 оборотов. Валик коробки скоростей будет делать  $1440 \cdot 0,51 = 730$  оборотов.

Теперь рассмотрим коробку скоростей. Все ее шестерни изготовлены из хромоникелевой стали и термически обработаны. Для изменения числа оборотов шпинделя сцепление шестерен можно менять. Для этого часть шестерен передвигается по шлицевым валикам.



Фиг. 6 а. Передача движения от одного шкива к другому (I—II и 1—2 длина окружности ведущего шкива)

правом — шестерни 56 и 34. На валике рукоятки А сидит небольшая реечная шестерня. Когда она поворачивается влево, она толкает зубьями рейку вправо. С рейкой соединена вилка, которая передвигает шестерни в ту же сторону (фиг. 6 в).

В зависимости от того, будет ли сцеплена первая или вторая пара шестерен, валик II будет иметь разное число оборотов.

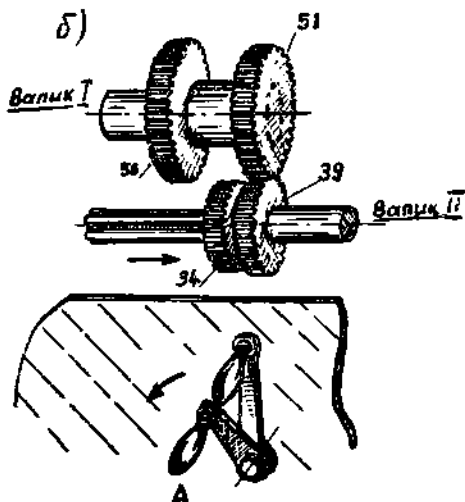
На валике II сидят три шестерни 28, 20 и 36 (фиг. 6 г). Все они неподвижно закреплены на валике и вращаются вместе с ним.

На соседнем валике III имеется тройная передвижная шестерня 44—52—36. Она передвигается при помощи рукоятки Б. Повернув рукоятку вправо, сцепим шестерни 28 и 44. Повернув влево, соединим правые шестерни 36 и 36. В среднем положении рукоятки в зацеплении будут находиться шестерни 20 и 52. Сколько же скоростей будет иметь валик III?

При вращении валик увлекает за собой шестерню. В то же время шестерня может передвигаться вдоль валика. Передвижение шестерен коробки скоростей производится при помощи рукояток, находящихся спереди коробки скоростей. Вращение от верхнего валика передается на шпиндель двумя путями.

Первый путь — прямой ход. От верхнего валика I через одну из двух шестерен 56 и 51 (шестерни обозначаются числом зубьев) к двойной шестерне 34—39 промежуточного валика II (фиг. 6 б). Шестерни 34 и 39 соединены вместе и передвигаются на валике рукояткой А.

При левом положении рукоятки А сцепляются шестерни 51 и 39, при



Фиг. 6 б. Передача движения внутри коробки скоростей: от валика I к валу 2.

Подсчитать нетрудно: на каждую скорость валика II — три скорости, а всего, значит, 6 скоростей.

На валике III закреплены две шестерни 20 и 50. На находящемся выше валике IV имеется двойная передвижная шестерня 80—50. Она перемещается рукояткой В (рукоятка перебора). Этой же рукояткой передвигаются шестерни 20—50, находящиеся на том же валике IV. Шестерни 20—50 могут вступать в зацепление с шестернями 50 и 80, закрепленными на валике V.

На валике V закреплена также косозубая шестерня 32, находящаяся в постоянном зацеплении с косозубой шестерней 64, закрепленной на шпинделе станка.

Посмотрим, что получается при повороте рукоятки В. Она может иметь 3 положения. Они показаны на табличке, прикрепленной к коробке скоростей: 1:1; 1:4; 1:16.

При положении 1:1 сцеплены шестерни 50 и 50 и вторая 50 и 50 (см. фиг. 6г).

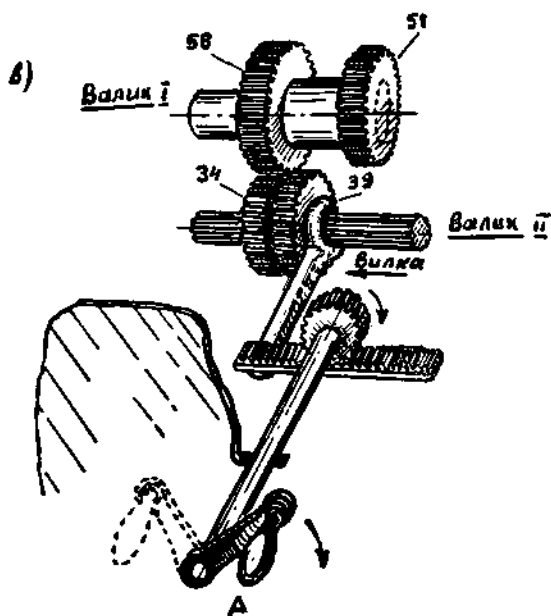
Следовательно, тут изменения скорости не будет.

Поэтому и записано: 1:1. Передвинем теперь рукоятку В в положение 1:4. Двойная шестерня 20—50, находящаяся на валике IV, сдвинется влево, и шестерня 20 войдет в зацепление с шестерней 80 на валике V.

Если повернуть еще дальше влево рукоятку В в положение 1:16, то сдвинется влево двойная шестерня 80—50, сидящая на том же валике IV. Зубья шестерни 80 войдут в зацепление с шестерней 20 на валике III. Что же касается двойной шестерни 20—50, то она останется в левом положении, как и была.

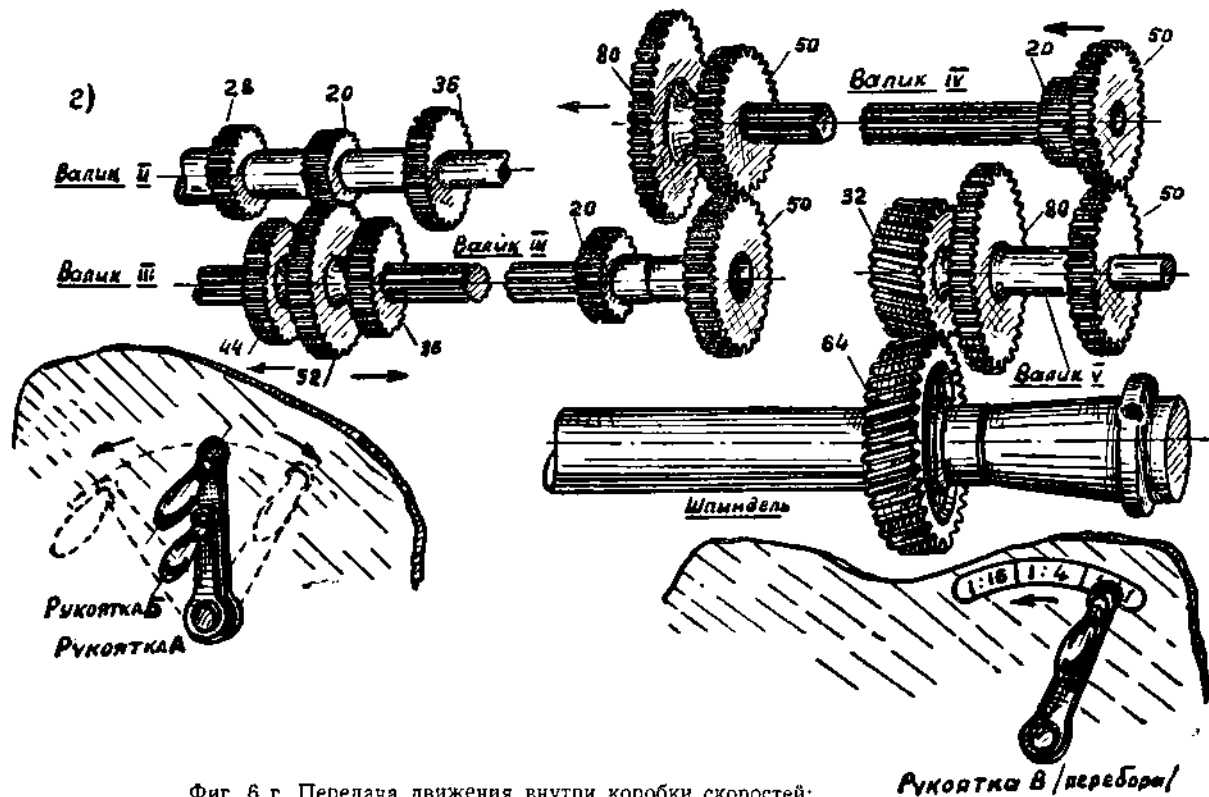
Итак, рукоятка В дает 3 разных скорости. А всего, следовательно, мы получаем на шпинделе  $6 \times 3 = 18$  разных скоростей.

Посмотрим второй путь (обратный ход). От шестерни 50 на валике I движение передается через шестерни 24 и 36 на противоположном валике (на рисунке не показано) к шестерне 36, за-



Фиг. 6 в. Передвижение шестерен при помощи рукоятки, реечной шестерни, рейки и вилки





Фиг. 6 г. Передача движения внутри коробки скоростей:  
от валика 2 к шпинделю

крепленной на валике II, а дальше так же, как и в первом случае,— через тройную шестерню 44—52—36 на валик III, с него через шестерни перебора на валики IV, V и на шпindel. Нетрудно увидеть, что мы получим здесь 9 различных скоростей.

Как же определить число оборотов шпинделя при разных положениях рукоятки и шестерен? Для этого надо подсчитать передаточное отношение.

Если две сцепленные шестерни имеют одинаковое число зубьев, то число оборотов шестерен будет одинаковым (но вращаться они будут в разные стороны), передаточное отношение будет равно 1.

Если же у первой (ведущей) шестерни будет зубьев в 2 раза больше, чем у второй (ведомой), то за 1 оборот первой шестерни вторая повернется 2 раза. Наоборот, если у первой шестерни в 2 раза меньше зубьев, то на ее оборот вторая шестерня сделает только  $\frac{1}{2}$  оборота. Передаточное отношение равно частному от деления числа зубьев ведущей шестерни на число зубьев ведомой.

Теперь легко подсчитать число оборотов шпинделя при любом положении рукоятки. Допустим, рукоятка А стоит в правом положении, рукоятка Б в левом, В тоже в правом. Сколько оборотов дает шпindel?

Давайте выписывать передаточные отношения. Раз рукоятка А в правом положении, значит двойная шестерня переместилась влево, передаточное отношение  $56 : 34$ . Запишем через черточку: в числителе 56, в знаменателе — 34 или  $\frac{56}{34}$ .

Рукоятка Б в левом положении, тройная шестерня сдвинута вправо. Передаточное отношение  $36 : 36 = 1$ .

Рукоятка В в правом положении. Это 1 : 1. Значит передаточное отношение тоже 1.

Не забудем о косозубых шестернях. У одной 32 зуба, а у другой — 64. Передаточное отношение их  $\frac{1}{2}$ .

$$\text{А вообще: } \frac{56}{34} \times 1 \times 1 \times \frac{1}{2} = 0,82.$$

Валик 1 имеет от шкива 730 оборотов.

Значит шпindel будет давать:  $730 \times 0,82 = 600$  оборотов. Это самое большое число оборотов у ДИПа.

Подсчитаем число оборотов шпинделя при положении рукояток А в левом, Б в среднем, В в левом.

$$730 \times \frac{51 \times 20 \times 20 \times 20 \times 32}{39 \times 52 \times 80 \times 80 \times 64} = 12 \text{ оборотов.}$$

Это самое меньшее число оборотов. Положения рукояток и числа оборотов показаны в таблице, помещенной на станке.

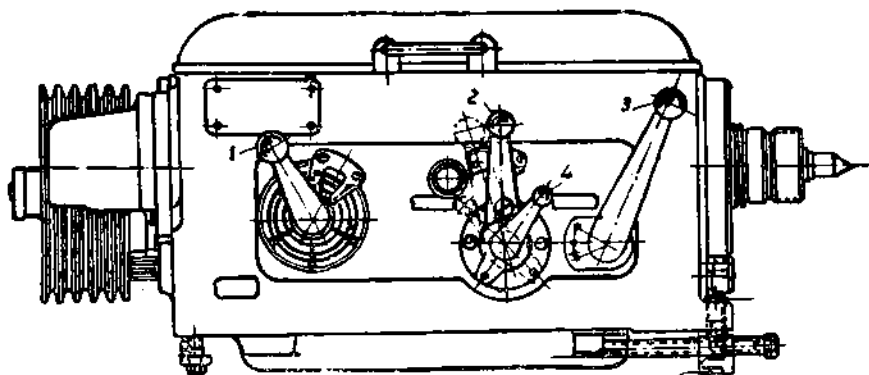
У станка ДИП-200, выпускавшегося в последние годы, изменено управление коробкой скоростей. Общий вид передней бабки станка показан на фиг. 7.

Чтобы получить необходимое число оборотов шпинделя, пово-

рачивают рукоятку I с прикрепленным к ней диском, на котором написаны числа оборотов, до тех пор пока цифра нужного числа оборотов не покажется в рамке возле рукоятки. После этого рукоятки 2 и 3 надо установить так, чтобы они оказались против цветного кружка того же цвета, что и цвет отметки на рамке возле рукоятки I.

Стало быть, не надо запоминать положения рукояток и таблицу чисел оборотов. У нового ДИПа ее заменяют круг с числами и цветные кружки возле рукояток.

Такое же простое управление и у станка 1А62, который очень похож на ДИП-200 (1Д62М), но превосходит его по скорости и мощности: он может давать до 1200 оборотов шпинделя в минуту. Количество скоростей прямого вращения — 21, обратного — 12. Сделано это без серьезного изменения коробки скоростей. На валике III (см. фиг. 6г) посажена косозубая шестерня 50. От нее вращение может передаваться другой косозубой шестерне 50, свободно сидящей на шпинделе. С помощью муфты эту шестерню можно соединить с косозубой шестерней 64, закрепленной на шпинделе. Таким образом можно прямо от валика III передать



Фиг. 7. Общий вид передней бабки станков 1Д62М и 1А62

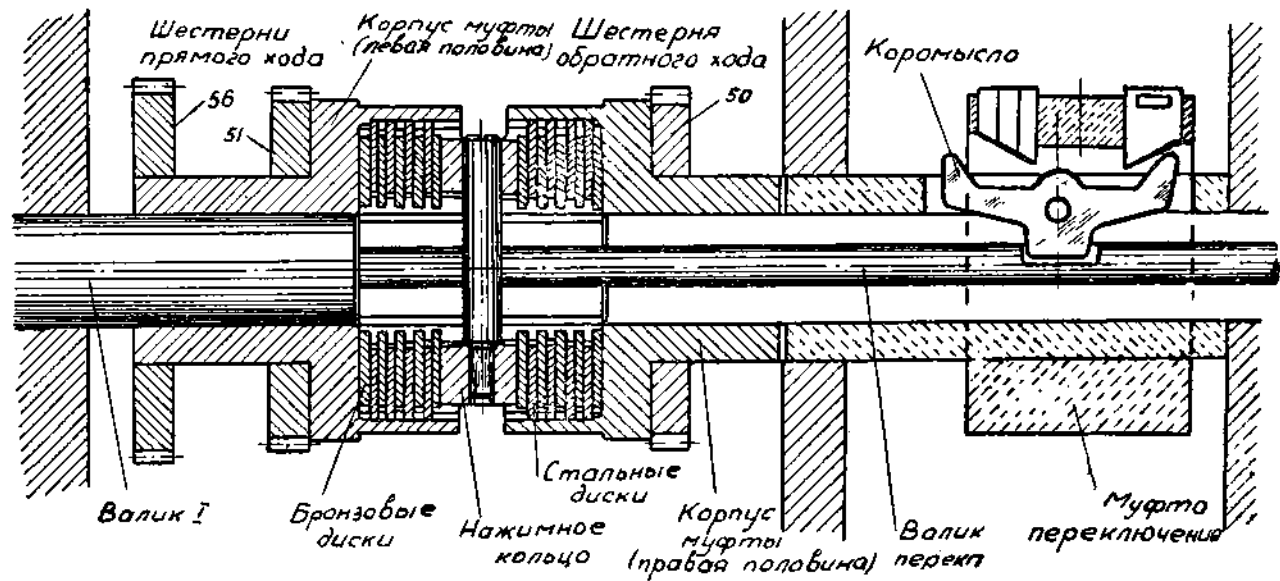
движение на шпиндель и дать ему большее число оборотов. У станка 1А62 мощность электродвигателя 8 квт против 4,3 у ДИПа.

### ПРЯМОЙ И ОБРАТНЫЙ ХОД

Каким же образом дается шпинделю прямой и обратный ход?

Пуск в ход, остановка и включение обратного ускоренного хода шпинделя производятся фрикционной муфтой, находящейся тут же на валике I (фиг. 8).

Для включения муфты пользуются либо рукояткой, расположенной у коробки подач, либо рукояткой, находящейся с правой стороны фартука.



Фиг. 8. Фрикционная муфта

Левая часть муфты служит для соединения с валиком I шестерен 56—51, а правая — шестерни 50.

Обе части муфты устроены одинаково. Внутри их имеются стальные и бронзовые диски. Они расположены на валике поочередно: стальной диск, рядом — бронзовый, дальше — опять стальной, снова — бронзовый и т. д.

Бронзовые диски связаны с валиком I. Для этого отверстия у них сделаны с прорезями, в которые заходят шлицы валика. Диски могут перемещаться вдоль валика, но если он вращается, то вместе с ним будут вращаться и бронзовые диски.

Иначе устроены стальные диски. Отверстия у них круглые. Диски свободно насажены на валик. При его вращении диски не вращаются. Но по окружности стальные диски имеют выступы. Этими выступами они входят в пазы, сделанные в корпусе муфты.

Корпус муфты состоит из двух, не связанных между собой половин — правой и левой, свободно посаженных на валике I вместе со стальными дисками.

Выступы дисков свободно перемещаются в пазах. Поэтому стальные диски могут передвигаться вдоль валика, оставаясь в зацеплении с корпусом муфты.

На левой части корпуса закреплены две шестерни 56 и 51, дающие прямой ход шпинделю. На правой части — шестерня 50 для обратного хода. Шестерни также свободно сидят на валике I.

При пуске электродвигателя через ремень вращение передается шкиву, валику и бронзовым дискам. Если не включена рукоятка фрикционной муфты, бронзовые диски вращаются между стальными дисками, не передавая им движения.

При повороте одной из рукояток бронзовые и стальные диски левой или правой части муфты сдвигаются вплотную. Между ними возникает сильное трение. Бронзовые диски увлекают за собой стальные диски и вместе с корпусом муфты шестерню. Движение передается через остальные шестерни к шпинделю. Он начинает вращаться.

Что же заставляет сдвинуться диски?

Валик I полый. Внутри него свободно передвигается валик переключения. Между правой и левой частью фрикционной муфты находится нажимное кольцо. Шпилькой оно связано с валиком переключения. На правом конце валика переключения имеется паз, в который входит ушко коромысла (см. фиг. 8).

При повороте одной из рукояток перемещается муфта переключения в ту или другую сторону. Один из сидящих на ней скошенных пальцев нажимает на конец коромысла. Коромысло, поворачиваясь на оси, передвигает валик переключения и связанное с ним нажимное кольцо.

Кольцо, нажимая на стальные и бронзовые диски, заставляет их сблизиться. Если кольцо сдвинет диски левой стороны, движение передается к шпинделю по первому пути (прямой ход), если сдвинуть диски правой стороны — по второму пути (обратный

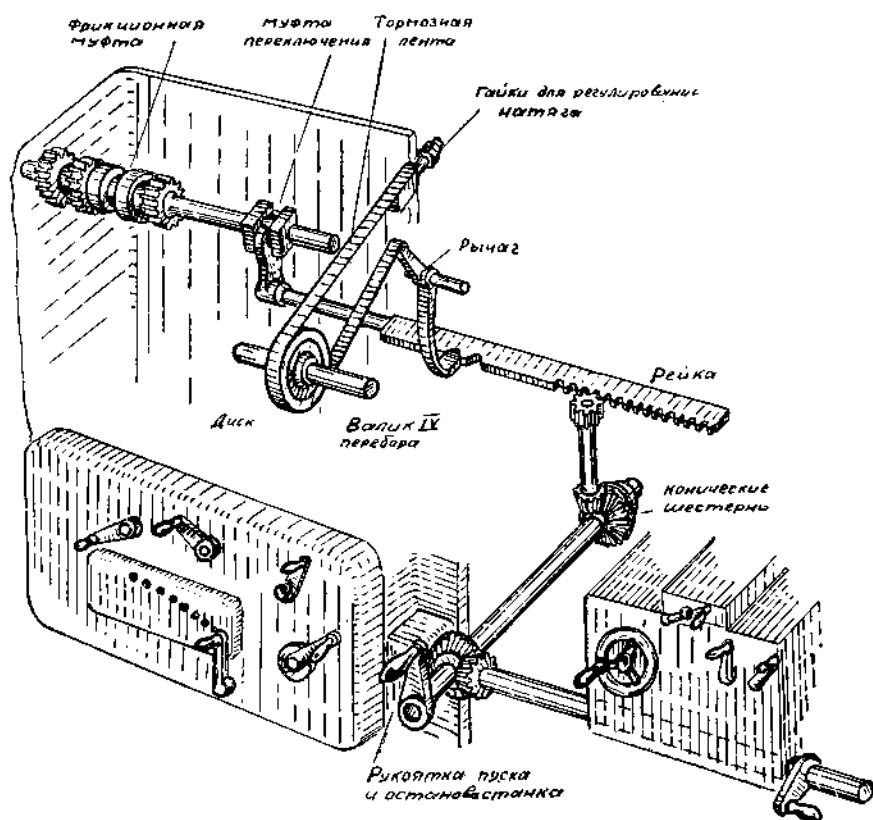
ход). Когда нажимное кольцо стоит посередине, диски не сжаты, шестерни коробки скоростей и шпиндель не вращаются, но электродвигатель может работать на холостом ходу.

Иногда фрикционная муфта начинает буксовать. Сдвинутые диски проверяются. Станок надо немедленно остановить и отрегулировать нажим на диски.

Одновременно с выключением муфты включается тормоз. Он приводится в действие теми же рукоятками. Тормоз состоит из диска, насаженного на валик IV (перебора), тормозной ленты, охватывающей диск, и рычага (фиг. 9).

Один конец ленты прикреплен к рычагу, другой к болту, проходящему через стенку коробки скоростей. При помощи гаек на наружной стороне коробки ленту можно натянуть.

При повороте одной из рукояток включения фрикционной муфты вращаются горизонтальный и вертикальный валики с коническими шестеренками на концах. Вращаясь, вертикальный ва-



Фиг. 9. Механизм тормоза



лик продвинет стержень с рейкой влево или вправо. Одновременно с выключением фрикционной муфты произойдет торможение.

Делается это так. Стержень имеет выступ и по бокам его две выемки. Когда выступом стержня нижний конец рычага приподнимается, верхний конец рычага отходит назад. Лента натягивается и плотно охватывает диск, сидящий на валике IV. Под действием трения диск перестает вращаться. Происходит быстрая остановка механизма коробки скоростей и шпинделя.

При дальнейшем повороте рукоятки валики повернутся и продвинут стержень дальше. Нижний конец рычага зайдет в выемку в стержне, верхний конец рычага качнется вперед, и лента будет ослаблена.

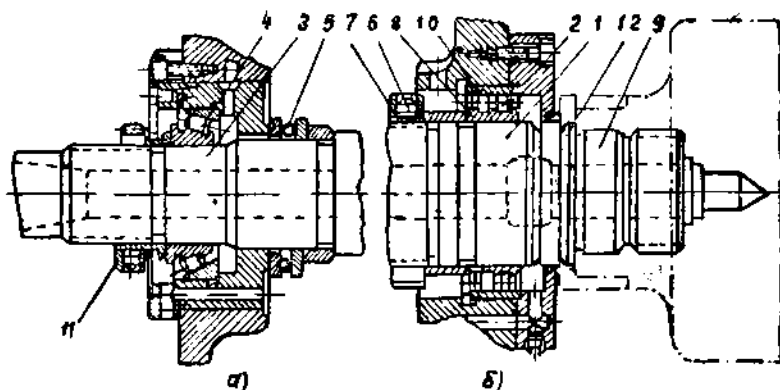
В то же время продвижение стержня продвинет и муфту переключения, валик переключения и нажимное кольцо. Диски фрикционной муфты будут сжаты, и шпиндель начнет вращаться.

### РЕГУЛИРОВКА ШПИНДЕЛЯ

Перейдем к шпинделю. Передняя конусная шейка шпинделя станка ДИП-200 вращается в бронзовом подшипнике с коническим отверстием. Задняя шейка — в коническом роликовом подшипнике.

При сверлении и подачах резца в сторону передней бабки на шпиндель действует осевая сила (направленная вдоль оси). Ее воспринимает шариковый упорный подшипник, находящийся у заднего подшипника шпинделя.

Токарь должен знать, как отрегулировать передний подшип-



Фиг. 10. Передний (б) и задний (а) подшипники токарного станка 1А62.

1 — передняя конусная шейка шпинделя; 2 — двухрядный роликовый подшипник; 3 — задняя шейка шпинделя; 4 — конический роликовый подшипник; 5 — шариковый упорный подшипник; 6 — стопорный винт; 7 — гайка; 8 — внутреннее кольцо подшипника; 9 — центрирующая шейка; 10 — наружное кольцо подшипника; 11 — гайка; 12 — канавка для предохранителей, не допускающих спадения патрона.

ник шпинделя при его износе. Сначала надо ослабить заднюю гайку, находящуюся с левой стороны подшипника, потом повертыванием передней гайки, находящейся справа, подтянуть конусную бронзовую втулку.

Слабины быть не должно, но и слишком сильная затяжка недопустима. Для проверки надо выключить перебор (рукоятка В) и посмотреть, — легко ли идет шпиндель при повертывании его вручную за шестерню. Потом затянуть заднюю гайку.

В хорошо отрегулированных подшипниках шпиндель должен вращаться спокойно, без биения, а сами подшипники не должны перегреваться.

Скоростное резание твердосплавными резцами повысило требования к устойчивости шпинделя в работе, к плавности его вращения. Поэтому у станка 1А62 улучшен передний подшипник шпинделя. Вместо бронзового подшипника скольжения у него — регулируемый двухрядный роликовый подшипник (фиг. 10). Для регулировки ослабляют стопорный винт в гайке и с ее помощью подтягивают внутреннее кольцо подшипника. После этого гайку стопорят винтом.

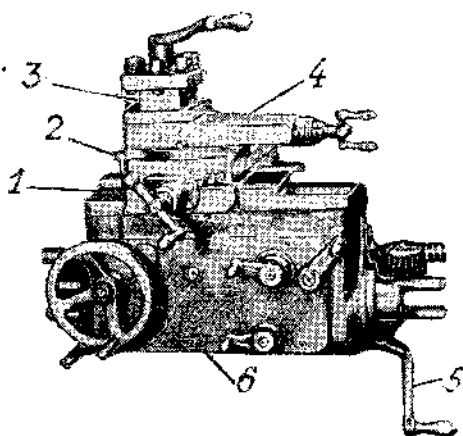
Каждый токарь может проверить точность своего станка без специального прибора (индикатора). Для этого нужно взять стальной валик диаметром 50—70 мм, длиной 300 мм и закрепить его в патроне. После обточки валик измерить. Допускаемое отклонение на конусность — 0,02 мм, на овальность — 0,01 мм.

## СУПОРТ

От шпинделя перейдем к супорту (фиг. 11). В основании его — продольные салазки, их можно перемещать по направляющим станины в сторону к передней бабке и в обратном направлении. Над продольными салазками находятся поперечные. Они могут двигаться поперек станины.

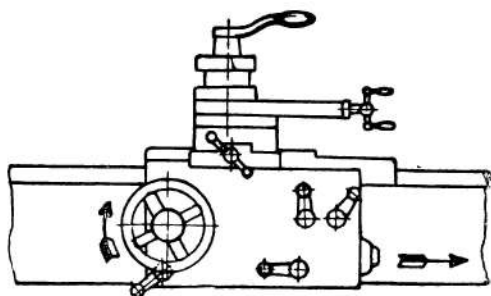
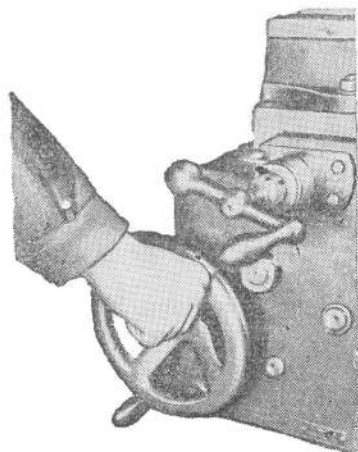
На поперечных салазках расположена поворотная часть супорта. Она имеет, в свою очередь, направляющие, по которым двигаются верхние или резцовые салазки.

Супорт перемещают вручную с помощью маховичка



Фиг. 11. Супорт.

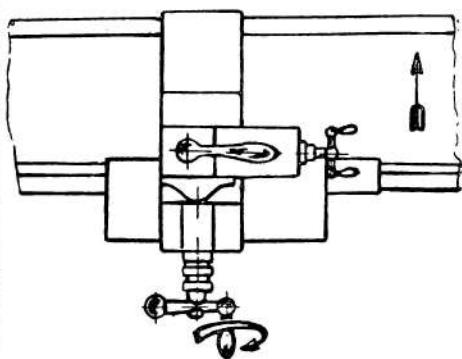
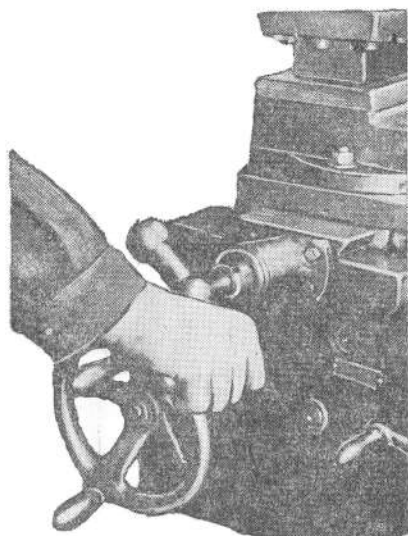
1 — продольные салазки; 2 — поперечные салазки; 3 — резцедержатель; 4 — верхние для резцовые салазки; 5 — рычаг пуска и остановки шпинделя; 6 — фардук.



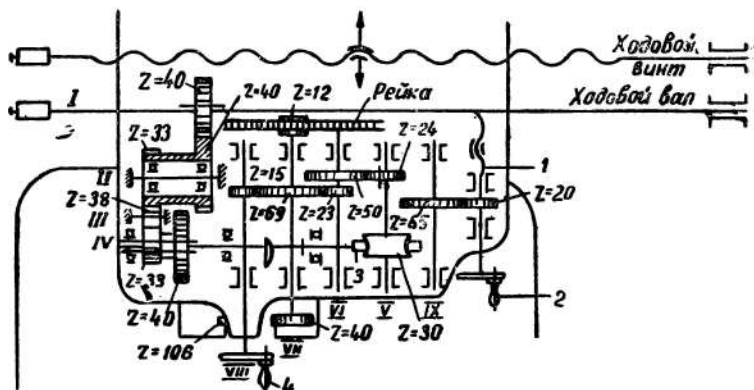
Фиг. 12 а. Продольное перемещение супорта вручную

(вдоль станины — фиг. 12 а) и рукоятки винта поперечных салазок (поперек станины—фиг. 12б). Движение может быть также и механическим (самоходным). Для этого служат ходовой валик и ходовой винт, проходящие спереди вдоль станины. Их можно соединить — с одной стороны с коробкой подач, гитарой и коробкой скоростей, а с другой — с супортом. Тогда движение от электродвигателя будет передано к супорту.

К передней части супорта привинчен снизу фартук. Под ним помещается механизм, передающий движение от ходового винта и ходового валика к супорту. Проследим передачу движения по схеме (фиг. 13). На ходовом валике сидит



Фиг. 12 б. Поперечное перемещение супорта вручную

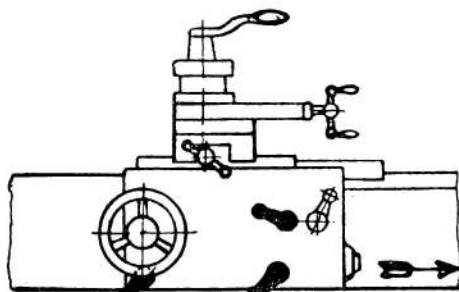
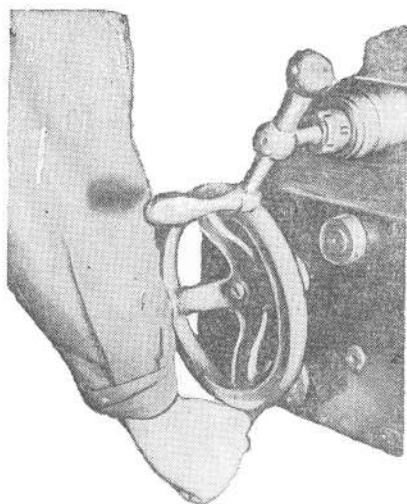


Фиг. 13. Схема механизма фартука станка 1А62

шестерня 40. От нее вращение передается валуку II. В зависимости от положения находящейся на фартуке рукоятки реверса (перемены направления вращения) (фиг. 14 а), передвигающей шестерни 33—40 на валике IV, передача вращения идет через шестерни 33—38 и 38—33, либо 40—40, минуя паразитную шестерню 38. Благодаря этому супорт получает прямой или обратный ход.

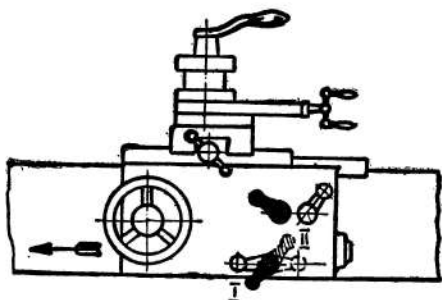
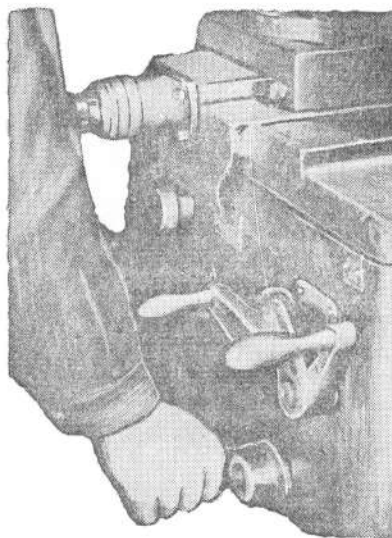
Валик IV шарнирно соединен с валиком, на который насажен трехзаводный падающий червяк. Последний может быть соединен с червячной шестерней 30. Для этого служит рукоятка включения червяка (фиг. 14 б).

На одном валике с червячной шестерней сидит шестерня 24. Ее можно



Включена рукоятка  
перемены направления

Фиг. 14 а. Включение рукоятки реверса

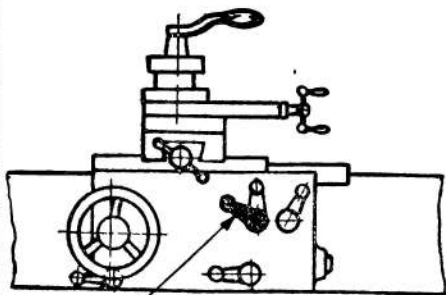
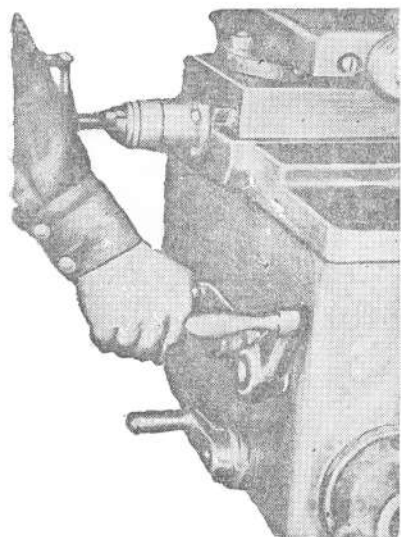


Фиг. 14 б. Включение рукоятки червяка  
I. У станка 1Д62. II. То же у станков 1Д62М  
и 1А62.

передвигать вдоль валика при помощи рукоятки переключения подачи (фиг. 14в). Если шестерню 24 ввести в зацепление с шестерней 50, то вращение передается далее через шестерни 23 и 69 на реечную шестерню 12, а она, катясь по рейке, расположенной под передней направляющей станка, потянет за собой весь супорт. Он получит продольную механическую подачу.

Если же шестерню 24 поворотом той же рукоятки (в другую сторону) сцепить с шестерней 65, то вращение передается шестерне 20 на винте поперечной подачи. Супорт получит поперечную механическую подачу.

При ручной подаче шестерня 24 должна находиться в среднем,



*Включена рукоятка  
продольной подачи*

Фиг. 14 в. Включение рукоятки переключения подачи

выключенном положении, между шестернями 50 и 65 (рукоятка стоит вертикально).

Ручная продольная подача производится через маховичок и шестерню 15, которая передает вращение шестерне 69, сидящей на одной оси с реечной шестерней.

Рукоятка ручной поперечной подачи насажена прямо на винт\*.

Для передачи движения от ходового винта к супорту служит маточная гайка. Она имеет две разъемные половинки. Они соединяются при повороте рукоятки включения ходового винта (фиг. 14 г). Ввинчиваясь в гайку, ходовой винт тянет супорт.

Иной раз по ошибке токарь мог бы включить одновременно и подачу от ходового валика. Это привело бы к поломке станка. Но этого не может случиться, так как фартук имеет блокировочный механизм, не позволяющий одновременно включать ходовой винт и ходовой валик. У этого механизма такое устройство:

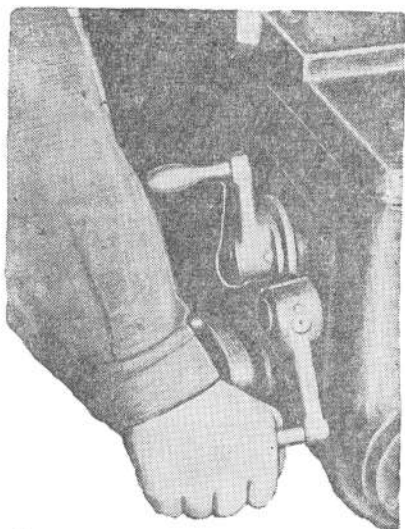
На валике рукоятки включения ходового винта укреплен рычаг «3», выступ которого входит в прорезь рычага «4», сидящего на валике рукоятки переключения подачи (фиг. 15).

Если, повернув рукоятку ходового винта, замкнуть маточную гайку и включить ходовой винт, то выступ рычага «3» войдет в прорезь и запрет движения рукоятки переключения подачи.

Повернуть эту рукоятку можно будет только отведя рычаг «3», т. е. разомкнув маточную гайку и отключив ходовой винт.

Также блокируется (защищается) и механизм включения подачи. На валике рукоятки переключения подачи сделана винтовая резьба. При повороте рукоятки она заставляет двигаться втулку рычага «4».

Рычаг «4» отходит от рычага «3». Его прорезь сдвигается по отношению к выступу. Если теперь попытаться включить ходовой винт, то выступ упрется в рычаг «4» и поворот рукоятки включения ходового винта будет невозможен.



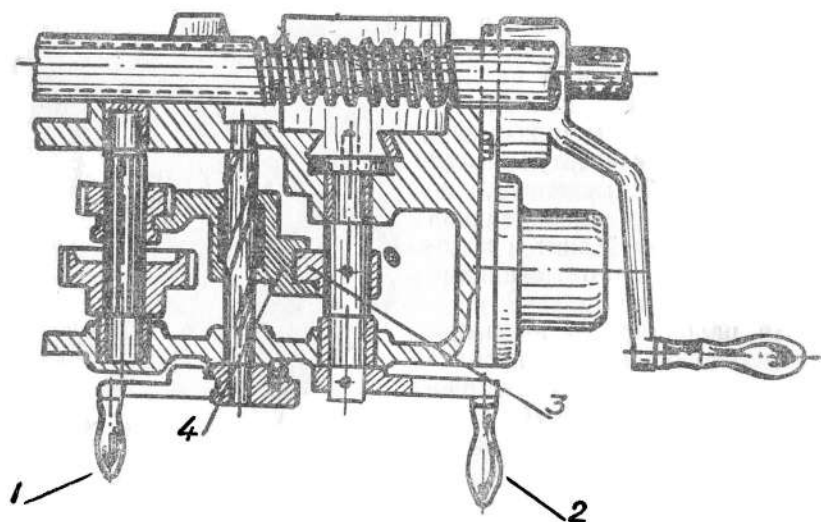
Фиг. 14 г. Включение рукоятки гайки ходового винта

\* Так же устроен и механизм фартука станка ДИП-200 с той лишь разницей, что паразитная шестерня имеет 33 зуба, реечная — 13, а шестерня на валике IX — 55 зубьев.



Только после того, как будет выключен продольный или поперечный самоход, можно будет повернуть рукоятку включения ходового винта.

Падающий червяк выключается при перегрузке станка. Это может случиться, если снимается очень большая стружка или металл отличается особой твердостью и в силу этого возникает слишком большое усилие резания, или супорт вошел в соприкосновение с упором, установленным для ограничения хода. Или — предположим такой маловероятный случай — рабочий зазевался,



Фиг. 15. Механизм блокировки

1 — рукоятка переключения подачи; 2 — рукоятка включения ходового винта;  
3, 4 — рычаги.

отлучился от станка и супорт, дойдя до передней бабки, уткнулся в патрон.

Во всех этих случаях червяк оберегает целостность и сохранность станка. Он предохраняет станок от поломок.

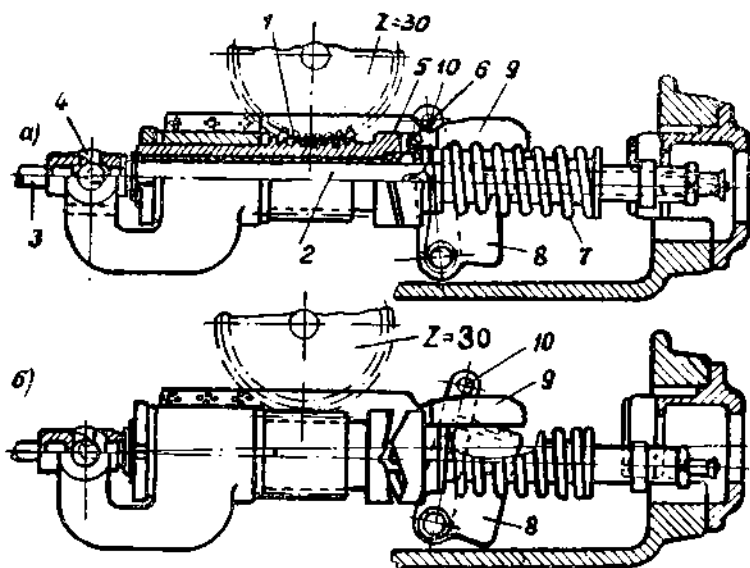
Как же работает падающий червяк?

От ходового валика движение передается через шестерни и шарнир валику IV (см. выше). Валик свободно вращается внутри червяка. С правой стороны червяка валик сделан шлицевым. По его шлицам перемещается кулачковая муфта (фиг. 16). На правом конце червяка имеются такие же кулачки. На муфту действует пружина. Она заставляет ее прижиматься кулачками к кулачкам червяка. Возникает сцепление. Сила его зависит от пружины. Его можно регулировать гайкой.

Червяк поддерживается кронштейном, который может поворачиваться вокруг оси. Его удерживает в поднятом положении

прикрепленная к нему линейка, которая опирается на площадку рычага.

Когда кронштейн поднят, червяк находится в зацеплении с червячной шестерней 30 (фиг. 16а). Валик, проходя внутри червяка, приводит во вращение кулачковую муфту, с которой он сцеплен шлицами. Муфта, прижимаясь кулачками к червяку, передает ему вращение. Червяк заставляет вращаться червячную шестерню, а та — все остальные шестерни фартука.



Фиг. 16. Падающий червяк:

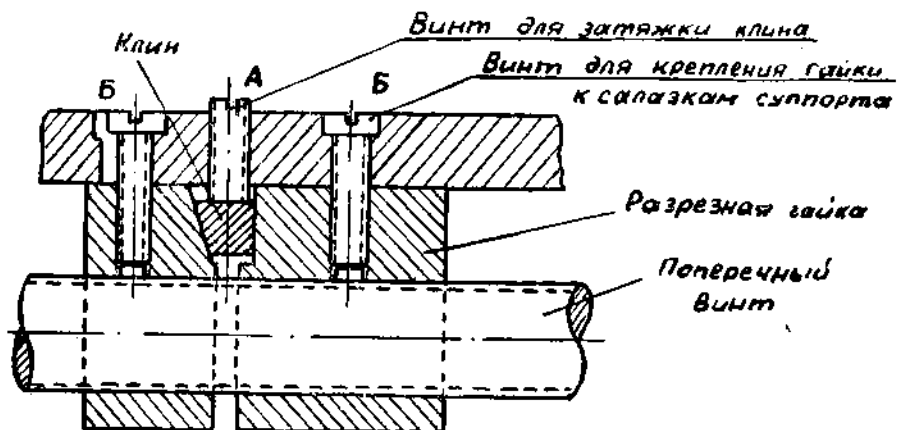
1 — червяк; 2 — вал; 3 — вал; 4 — шарнирная муфта; 5 — муфта со скошенными кулачками; 6 — другая половина муфты; 7 — пружина; 8 — кронштейн; 9 — планка; 10 — рукоятка

Допустим, супорт встретил большое сопротивление (упор или сильное давление стружки) — больше того, на которое отрегулировано нажатие пружины.

Силы пружины будет недостаточно, чтобы заставить муфту вращать червяк. Червяк останавливается. Муфта соскользнет своими скошенными кулачками с кулачков червяка. Отжимаясь от червяка, муфта передвинется по валику вправо. Она заденет при этом рычаг, который поддерживал червяк в поднятом сцепленном положении.

Когда рычаг повернется вправо, то линейка лишится своей опоры. Поддерживающий кронштейн повернется на своей оси. Червяк упадет и выйдет из зацепления с червячной шестерней (фиг. 16б). Супорт остановится.

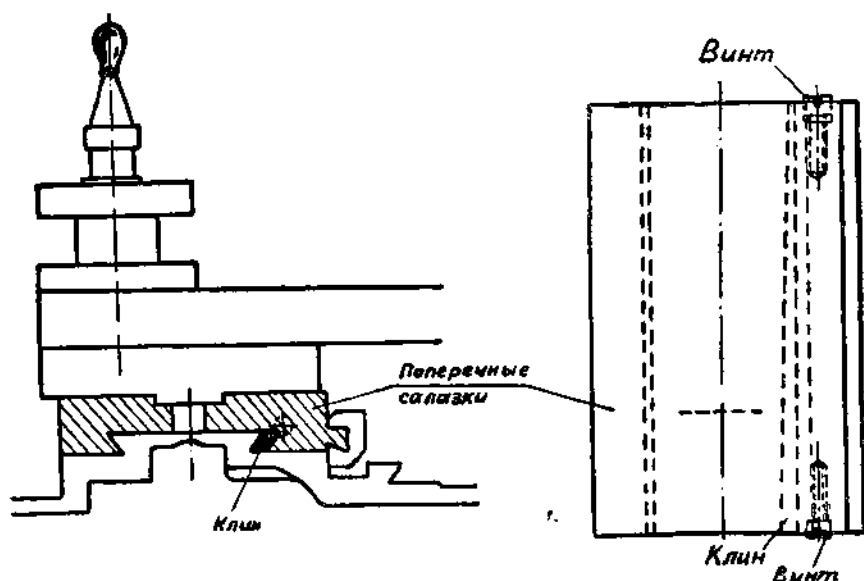
При повороте рукоятки включения червяка рычаг повернется,



Фиг. 17 а. Регулировка хода поперечного винта

поднимет линейку, а вместе с ней и кронштейн с червяком. Червяк войдет в зацепление с червячной шестерней. Супорт снова начнет двигаться.

К сожалению, этот механизм, несмотря на его надежную и точную работу, токари используют редко. А между тем с его помощью, работая по упорам, можно получить вполне точные размеры. Червяк выключает быстро и своевременно. Отклонение в размерах по длине получается не более 0,01—0,03 мм.



Фиг. 17 б. Регулировка направляющих поперечных салазок

Разберем, как подналадить супорт, если он слегка «разболтался».

Мертвый ход винта поперечной подачи устраняется при помощи разрезной гайки и клина (фиг. 17а). Гайка состоит из 2 половинок, между которыми имеется коническая выемка для клина. Клин прижимается сверху винтом.

Если заворачивать винт, то клин, входя глубже между половинками гайки, раздвигает их и прижимает к боковым поверхностям ниток винта. Мертвый ход, т. е. зазор между винтом и гайкой уничтожается.

Слабину в направляющих поперечных салазках супорта можно устранить затяжкой клиньев винтами (фиг. 17б).

### КОРОБКА ПОДАЧ

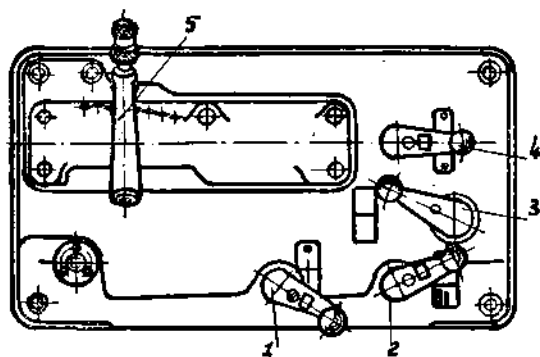
Коробка подач находится на станине станка спереди и ниже передней бабки. С ее помощью можно заставить супорт перемещаться с различными скоростями и получить большое количество видов резьб и подач. Движение от электродвигателя передается коробке подач через коробку скоростей и гитару. От коробки подач движение сообщается супорту через ходовой валик и ходовой винт.

На рисунке 18а изображена схема коробки подач станка 1А62. Вал I соединен с гитарой (см. фиг. 4) и получает от нее 8 различных скоростей путем перестановки сменных шестерен гитары и переключения рукоятки 4 на коробке скоростей (см. фиг. 7). От вала I движение может идти по трем направлениям.

Если перевести рукоятку I коробки подач (фиг. 18б) в положение «метрическая резьба», то шестерня 25 на валу I сцепится с шестерней 36 на валу II, а шестерня 25 на валу IV — с шестерней 36, свободно сидящей на валу II.

Как же пойдет движение? От вала I оно передастся на вал II

(см. линию пунктиром на схеме 18а), от него через одну из восьми шестерен, неподвижно посаженных на этом валу, и накидную шестерню 34 к шестерне 28 в вилке рычага 5 переключения подачи. Затем от вала III через шестерни 25, 36 и 25 к валу IV. От него через шестерни 28, 56 и 28 к валу VI и даль-



Фиг. 18 б. Общий вид коробки подач станка 1А62

ше через шестерню 28 и зубчатую муфту 3 к ходовому винту VIII или через ту же шестерню 28, шестерню 56 к ходовому валу VII.

Если же перевести рукоятку 1 в положение «дюймовая резьба», то шестерня 25 войдет в зацепление с зубчатой муфтой 1, шестерня же 25 на валу IV, перемещаясь влево, соединится с шестерней 36, жестко сидящей на валу II. Движение от вала I будет через муфту передано валу III (см. линию точками на схеме), от него через шестерню 28 и накидную шестерню 34 на одну из восьми шестерен на валу II; от вала II через шестерни 36 и 25 валу IV, а дальше так же, как и раньше, к ходовому винту или ходовому валу.

Третий путь — прямое соединение вала I с валом III через муфту 1, вала III с валом VI через муфту 2 и дальше через муфту 3 с ходовым винтом, минуя весь механизм коробки подач (см. на схеме линию пунктиром с точкой). Такая передача применяется при нарезании точных метрических и модульных резьб\*.

### УХОД И СМАЗКА

Состояние станка зависит от ухода. В уходе главное — смазка. Внутри коробки скоростей, на ее передней стенке повешена табличка: «Уровень масла». До этого уровня в коробку наливается масло. Получается масляная ванна для шестерен и валиков механизма коробки скоростей.

Во время работы налитое в коробку масло разбрызгивается шестернями по всем поверхностям коробки. Оно попадает в специально сделанные каналы и по этим каналам и трубкам фитилями расходится к предназначенным для смазки местам. Надо следить, чтобы фитили были глубоко вставлены в смазочные отверстия.

Фрикционная муфта имеет свою смазочную коробку, с которой трубки с фитилями подводят масло к трущимся местам. Смену масла надо производить в первый раз после 10 дней работы станка, второй раз после 20 дней работы, а затем через 1—1½ месяца.

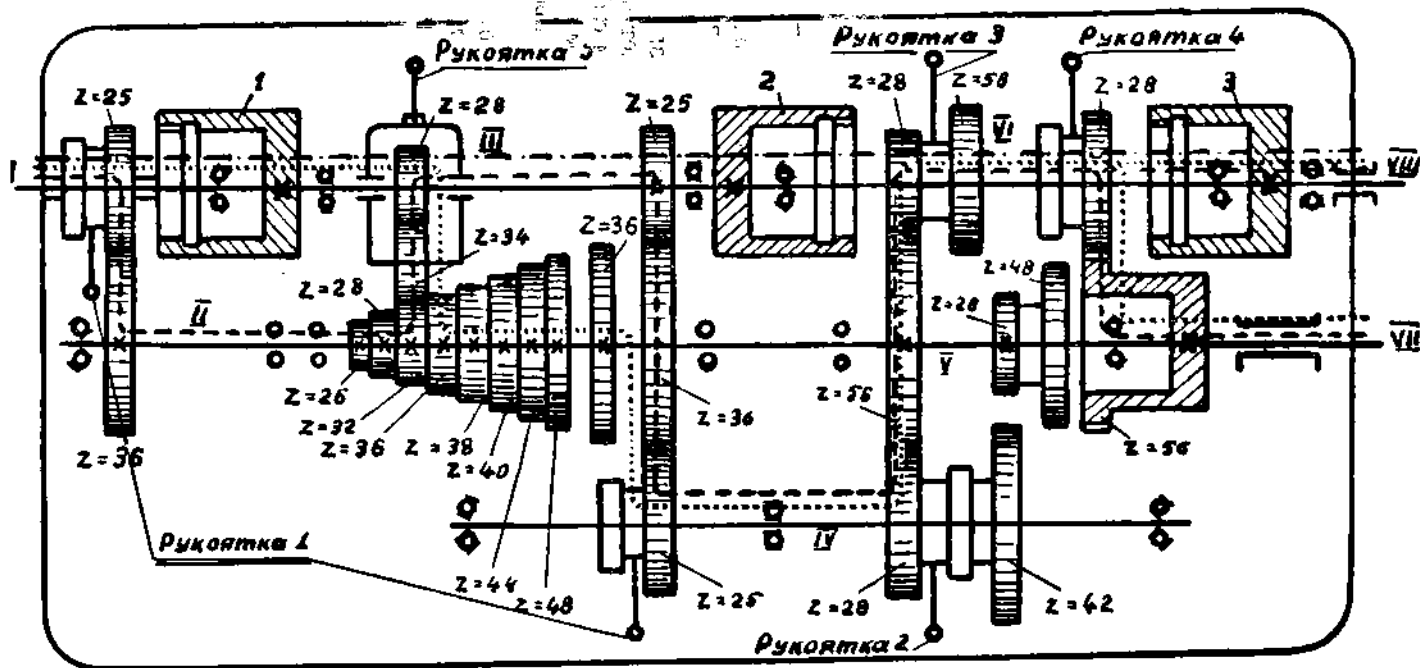
Под верхней крышкой коробки подач находится резервуар для смазки подшипников механизма. Тут же находится отверстие для смазки переключателя, его надо смазывать не реже двух раз в день.

Для смазки механизмов фартука масло наливают в резервуар, находящийся в фартуке. Заливка делается через два отверстия в каретке, в обычное время закрытые ввернутыми шурупами.

Падающий червяк находится также в масляной ванне. Масло

---

\* Коробка подач станка 1Д62 (ДИП-200) устроена несколько иначе, но в основном сходна с коробкой подач станка 1А62. У нее также имеются 4 рукоятки управления и три основных пути передачи движения.



Фиг. 18 а. Схема коробки подач станка 1А62

наливается в нее через отверстие с правой стороны фартука. Все остальные механизмы и трущиеся части должны смазываться из ручной масленки один раз в смену, а ходовой винт и направляющие — два раза в смену (перед началом работы и в перерыв). Для этого составляют схему-памятку, в ней показывают основные пункты смазки станка.

Правильная смазка и ежедневная чистка удлиняют «жизнь» станка между ремонтами, сохраняют точность работы и легкость хода. Передовые токари тт. Калугин, Зыкин и другие выступили застрельщиками похода за долговечную службу станков. Они взяли на себя обязательство проработать на станках по 15 лет без останова их на капитальный ремонт. Знание станка и правильный уход за ним позволят сберечь много средств, улучшить использование оборудования, дать сверхплановую продукцию.

---

## ГЛАВА II. МЕТАЛЛ

Токарный станок создан для того, чтобы обрабатывать металл. Из прутка стали или из чугунной болванки мы получаем путем их обработки нужную нам вещь. Токарь должен хорошо знать особенности металлов.

В обширном семействе металлов и их сплавов наибольшее значение имеют сталь и чугун.

### ЧУГУН

В открытых разрезах на склонах гор, где порода выходит наружу, в подземных лавах и забоях рудников добывается железная руда. На металлургических заводах руду переплавляют в доменных печах. Под влиянием большой температуры в печи происходят сложные химические процессы, железо отделяется от остальной породы.

Но железо выходит не чистое, а с некоторыми примесями. Оно носит название чугуна. Чугун — это сплав железа с углеродом и другими элементами (кремнием, марганцем, фосфором и серой). И хотя все они содержатся в чугуне в очень небольших количествах, от них зависят многие его свойства.

В чугуне углерод после железа самая важная часть. Именно он влияет на качество чугуна. Содержание углерода в чугуне колеблется от 2,0 до 4,3% и выше. А в том машинном литье, с которым приходится иметь дело токарю, его бывает от 2,5 до 4%.

В чугуне углерод содержится в виде химического соединения с железом или же в виде мелких пластинок чистого углерода. В первом случае чугун называется белым, а во втором случае — серым.

Белый чугун чрезвычайно тверд. Обрабатывать его почти невозможно. В то же время он очень хрупок и от сильного удара раскалывается. В изломе он белого цвета и кажется лучистым. Из него выплавляют сталь. Поэтому он носит название передельного чугуна.

Серый чугун более мягок. Он легко обрабатывается, но он тоже хрупок. Если отломать от него кусок, то в изломе он имеет



серый, а иногда и темносерый цвет. Даже невооруженным глазом в нем видна зернистость.

Так как серый чугун хрупок, то ему нельзя придать форму ударами и нажатием. Его нельзя ни ковать, ни прокатывать. Поэтому его снова расплавляют в вагранке и разливают в формы. Полученные отливки обрабатывают на станках.

Именно потому, что серый чугун служит сырьем для отливок различных чугуновых частей, его называют часто литейным чугуном.

Немалое значение имеют и другие примеси в чугуне: кремний, марганец, фосфор и сера.

Кремний содержится в почве, в камнях. Песок, глина — все это различные соединения кремния. Это одно из самых распространенных веществ. Более четверти земной коры составляет кремний. В чугун он входит в количестве от 0,5 до 3%.

Кремний заставляет углерод выделяться. Чугун получается мягкий, серый. Значит, если нужно получить мягкий, легко обрабатываемый на станке чугун, надо больше вводить в него кремния. Так, например, для мягкого машинного литья (шестерни, подшипники, шкивы) кремний берется от 1,5 до 3%, а для деталей особо прочных с твердой закаленной коркой (валки прокатных станов) количество его снижают до 1—0,5%.

Другая важная примесь в чугуне — марганец. Марганец — металл, который в чистом виде встречается редко. Действие его противоположно действию кремния: он затрудняет выделение углерода. Чугун отбеливается, делается более твердым. Зато марганец увеличивает прочность чугуна.

Фосфор входит в состав костей, мозга и нервных тканей человека и животных. Он применяется в виде удобрения для повышения урожайности полей. Фосфор делает чугун более жидкоплавким и плотным. Но если он вводится в количестве больше 0,7%, чугун становится хрупким и легко разрушается при низких температурах. Это называется хладноломкостью.

Сера — вещество хорошо всем знакомое. Даже незначительное присутствие серы в металле бывает крайне вредным. Сера портит металл, делая его более твердым и хрупким. Во время отливки в чугуне получаются трещины и усадочные раковины. Такое литье идет в брак. При нагревании до 800—900° чугуновые детали с наличием примеси серы даже менее 0,1% дают трещины. Это свойство называется красноломкостью.

В чугун сера попадает вместе с рудой или же из плохого сернистого кокса, который служит топливом при плавке. Литейщики всегда стараются уменьшить содержание серы в чугуне.

В механические цехи чугун поступает в виде отливок, изготовляемых литейными цехами. Чугунные отливки должны иметь ровную, гладкую поверхность. В них не должно быть трещин, раковин и пористых мест. Злейший враг резца — пригар на поверхности литья.

## СТАЛЬ

Сталь и чугун тесно связаны между собой. Сталь получается переплавкой чугуна в мартеновских и электрических печах.

Кроме чугуна в печь забрасывают железную руду, металлический лом и разные присадки: марганец, хром и другие.

Металл начинает плавиться, потом кипеть; кипит он словно молоко, взбрасывая фонтаны и лопающиеся пузыри. При этом примеси в чугуне (углерод, кремний, марганец) частично выгорают. Получается металл с другими, чем у чугуна, качествами. Сталь — это сплав железа с углеродом.

Главное отличие стали от чугуна в том, что она содержит меньше углерода (от 0,05 до 1,5%).

Свойства стали зависят от количества находящегося в ней углерода. Меняя количество углерода, можно получать сталь от самой мягкой до очень твердой. Однако, чем больше в стали углерода, тем она становится менее вязкой и более хрупкой.

### ПРОЧНОСТЬ И ЕЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Прочность — самое важное свойство стали. Машины, мосты, рельсы, — короче говоря, все, что делается из стали, — должны быть прочны, иначе они разрушатся, произойдут аварии.

Прочность стали выше прочности многих других металлов. Самая мягкая сталь по крайней мере в два раза прочнее меди, втрое прочнее алюминия. А высококачественные сорта стали в 6—7 раз прочнее «мягкой» стали, из которой делают такие предметы, как гвозди и заклепки.

Однако понятия «мягкости», «прочности» недостаточно определены, а в технике требуется точность. Как же измеряют прочность металлов?

Из металла, который надо испытать, вытачивают образец. Его помещают в специальную разрывную машину. Машина растягивает образец, пока он не разорвется. По приборам машины видят, какую силу надо было приложить, чтобы его разорвать. Если разделить эту величину (в килограммах) на площадь сечения образца (в квадратных миллиметрах), то можно узнать, какую прочность имеет металл в килограммах на каждый квадратный миллиметр. Эту величину называют **пределом прочности**. Обозначается она греческой буквой  $\sigma$  (сигма) с маленькой буквой «в» (латинская буква «бэ»).

Например,  $\sigma_v$  — 50 кг/мм<sup>2</sup>. Это значит, что данный металл может выдержать при растяжении нагрузку до 50 килограммов на каждый квадратный миллиметр поперечного сечения.

Зная пределы прочности материала, инженер может вычислить, какую прочность имеет изделие или какие размеры должна иметь деталь, чтобы не сломаться.

Возьмем в качестве примера вагонную стяжку. Сила тяги паровоза — она может достигать 25 тонн — направлена вдоль оси винта стяжки. Стержень винта подвергается растяжению.

Какое же надо выбрать поперечное сечение стержня, чтобы напряжения, возникающие в нем, не превосходили допускаемых?

Стержень делается из стали с пределом прочности 50 кг/мм<sup>2</sup>. Нельзя допускать обрыва стержня; нельзя также, чтобы после растяжения он оставался удлиненным. А для этого надо, чтобы напряжения были не больше 0,6 от предела прочности. Кроме того, при внезапном приложении сил (трогание с места) напряжения увеличиваются примерно вдвое. Следовательно, допускаемые напряжения должны быть не больше, чем  $0,6 \times 0,5 = 0,3$  от величины предела прочности.

Число, показывающее, во сколько раз допущенные нами напряжения меньше предела прочности, называют запасом прочности (у нас  $1 : 0,3 = 3,3$ ).

Допускаемое напряжение будет  $0,3 \times 50$  или  $50 : 3,3 = 15$  кг/мм<sup>2</sup>. Разделив приложенную силу 25 тонн (25000 кг) на допускаемое напряжение, узнаем площадь поперечного сечения:  $25000 : 15 = 1670$  мм<sup>2</sup>.

Из геометрии известно, что площадь круга равна  $\frac{\pi d^2}{4}$ , следовательно:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 1670, \text{ откуда}$$

$$d = \sqrt{\frac{1670 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1670 \cdot 4}{3,14}} = 4,5 \text{ мм.}$$

Итак, диаметр стержня должен быть не меньше 45 мм (условия примера взяты из книги Н. М. Беляева «Сопоставление материалов»).

## ТВЕРДОСТЬ

Другое не менее важное свойство стали — ее твердость.

Твердость металла надо знать тем, кто изготавливает машины и их части. Твердость влияет прежде всего на обрабатываемость металла. Она говорит, насколько легко обрабатывается, как режется металл на станке. Твердость подсказывает токарю, с какой скоростью пустить станок, какую выбрать подачу и какой резец. Без знания твердости металла нельзя приниматься за работу.

Твердость металлов определяют при помощи специальных приборов. Для испытания твердости незакаленных деталей служит пресс Бринеля. Металл кладут под пресс. Над ним помещают в обойме стальной закаленный шарик. Выше расположен насос для накачивания масла в цилиндр. В цилиндре находится поршень, он связан с обоймой, в которой закреплен шарик. Когда накачивают масло, в цилиндре создается большое давление и стальной шарик вдавливаются в испытываемый металл. На поверхности металла получается углубление — отпечаток шарика. Чем мягче сталь, тем больше диаметр отпечатка. По площади отпечатка судят о твердости металла.

Давление на металл во время испытания показывает манометр, расположенный на самом вершуге прессы. Если разделить величину давления (в килограммах) на площадь отпечатка (в квадратных миллиметрах), получим твердость металла по Бринелю.

Обозначается она латинскими буквами  $H_B$  («аш бэ»). Например:  $H_B = 207$ , т. е. твердость по Бринелю 207.

Для определения твердости закаленных деталей применяют другой прибор. Внутри стеклянной трубки, имеющей 140 делений, находится алмазный боек. Под нижнее отверстие трубки кладут металл, твердость которого хотят испытать. Алмазный боек заставляют упасть в трубку. Ударившись об испытуемый материал, боек подскакивает вверх. Чем тверже металл, тем выше отскакивает боек. Высота, на которую он поднялся, показывает твердость металла.

В приборе Роквелла твердость определяется глубиной вдавливания в металл закаленного шарика или же алмазного конуса. Шарик применяется при испытании мягких металлов, а для испытания закаленной стали служит алмаз.

Давление на шарик или алмаз производится грузом через целый ряд рычагов. Стрелка на циферблате показывает, на какую глубину алмазный конус или шарик вдавились в металл. Чем больше вдавливание, тем меньше твердость «по Роквеллу».

Если стрелка передвинулась на 1 деление, это значит, что шарик углубился на 0,002 мм (две тысячных миллиметра). Вся шкала состоит из 100 таких делений.

Таким образом, каждый из приборов выражает твердость металла определенным числом. Для перехода от одной шкалы к другой служат переходные таблички.

Определенной величине твердости соответствует определенная величина предела прочности. Зная твердость стали по Бринелю, можно вычислить ее предел прочности:  $\sigma_B = 0,36 H_B$  (примерно).

Это значит, что если число, выражающее твердость по Бринелю ( $H_B$ ), умножить на 0,36, то получим величину предела прочности. Допустим, что твердость стали  $H_B = 207$ , тогда предел прочности  $\sigma_B = 0,36 \cdot 207 = 75 \text{ кг/мм}^2$ .

В производственных условиях чаще всего пользуются этим способом, определяя путем испытания образца твердость металла по Бринелю. Сделать это быстрее и проще, чем определить предел прочности на разрывной машине, тем более, что пресс Бринеля для определения твердости имеется почти в каждом цехе и ремонтной мастерской.

## МАРКИ И СОРТА СТАЛИ

В зависимости от величины предела прочности и химического состава сталь делится на сорта и марки.

Запомним прежде всего, что сталь подразделяется на конструкционную и инструментальную. Из первой изготовляют машины и строительные сооружения, поэтому нередко ее называют машиноподелочной. Вторая содержит больше углерода и отличается высокой твердостью, из нее делают различные инструменты.

Сталь конструкционная выпускается трех сортов: углероди-

стая — обыкновенная, качественная и высококачественная легированная.

Сталь обыкновенного качества обладает определенными механическими свойствами (предел прочности и т. п.) или определенным химическим составом.

Имеется семь основных марок углеродистой конструкционной стали. Обозначаются они так: Ст.1, Ст.2, и т. д. Буквы «Ст» обозначают «сталь», а цифра показывает номер стали. Чем больше номер, тем в стали больше углерода и выше ее прочность. Так, например, Ст. 3 содержит углерода не свыше 0,22% и имеет предел прочности 38—47 кг/мм<sup>2</sup>, а Ст. 5 — не выше 0,37% и 50—60 кг/мм<sup>2</sup>.

Углеродистая сталь дешевле других сортов. Ее применяют для деталей, не подвергающихся большим давлениям и износу. Из мягкой углеродистой стали (Ст.1 — Ст.2) делают проволоку, гвозди, трубы и заклепки. Из средней и твердой стали (Ст.3 — Ст.4 и Ст.5) — рельсы, лопаты, отвалы плугов и т. д. В машиностроении простая углеродистая сталь применяется мало. Она идет на корыта станков, лотки, крышки, рукоятки и другие неотчетливые детали.

Гораздо шире применяются в машиностроении качественные углеродистые стали. Они имеют точный химический состав. Двухзначное число в обозначении стали показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 20 имеет содержание 0,2%, а сталь 45 — 0,45% углерода.

Сталь, содержащая углерод от 0,6 до 1,5%, называется инструментальной. Она имеет предел прочности от 85 до 105 кг/мм<sup>2</sup>, очень тверда и применяется для изготовления молотков, зубил, топоров, кос, стамесок, сверл, иголок, напильников, фрез, бритв и т. д. Инструментальную сталь трудно обрабатывать. Ее почти не применяют для деталей машин.

Но крепкую, прочную сталь можно получить и другим способом. Не увеличивая содержания углерода, добавляют в сталь при плавке в небольших количествах хром, никель, молибден и вольфрам. Соединяясь с железом, они намного повышают прочность стали. Эта прочность еще больше увеличивается, если после станочной обработки деталь обработать термически, т. е. нагреть и охладить ее определенным способом.

Эти сорта стали называются качественными легированными\* сталями.)

Цифры в обозначении стали (в маркировке) указывают среднее содержание углерода, буквы, стоящие справа от цифр, показывают сорт стали: Х — хромистая, Н — никелевая, В — вольфрамовая, М — молибденовая. Например, 40Х означает хромистая с содержанием углерода 0,4%.

Из легированных сталей особый интерес для токаря представляет сталь быстрорежущая. Как показывает само название, она

\* Легировать — значит связывать, соединять металлы.

позволяет «быстро резать» металлы. У нее замечательное свойство: нагретая до высокой температуры и охлажденная на воздухе, она становится особо крепкой, т. е. самозакаливается. Вот почему быстрорежущую сталь раньше называли, да и теперь иногда в производственном обиходе называют «самокалом». В наши дни быстрорежущую сталь нагревают в специальных печах и охлаждают в масляных ваннах.

Но еще важнее другое свойство быстрорежущей стали — ее теплостойкость (или «красностойкость»). Это значит, что она остается твердой, даже нагретая до высокой температуры (500—600°). Из быстрорежущей стали делают резцы для токарной работы. При обточке резец нагревается. Чем большую температуру выдерживает резец, не теряя твердости, тем выше может быть скорость обработки. Значит, свойство быстрорезания зависит от высокой теплостойкости.

Эти свойства быстрорежущая сталь получает от присутствия в ней вольфрама (от 8,5 до 19%) и хрома (от 3,8 до 4,6%).

— Углерод также входит в состав быстрорежущей стали в размере 0,7 до 0,95%, т. е. не больше, а в некоторых случаях даже меньше, чем в состав углеродистой инструментальной стали, которая имеет теплостойкость всего 200°.

Впервые свойства быстрорежущей стали были открыты в 1901 году. До этого все резцы делались из углеродистой инструментальной стали.

В настоящее время наша промышленность выпускает быстрорежущую сталь марки Р-18 (с содержанием вольфрама от 17,5 до 19%). Так как вольфрам дорог, то стала выпускаться малолегированная быстрорежущая сталь марки Р-9. Вольфрам входит в нее в количестве не более 8,8—9,5%. Однако по теплостойкости она мало уступает марке Р-18 (режет со скоростью только на 10% ниже).

В среднем резцы из быстрорежущей стали увеличили скорость обработки по сравнению с резцами из инструментальной углеродистой стали в 2—2,5 раза.

\* \* \*

Сталь, выплавленную в мартеновских и электрических печах, разливают в металлические формы-изложницы. Затем слитки прокатывают между валками на прокатных станах, пропускают через правильные машины, режут специальными ножницами. В виде листового и сортового металла (квадратного, круглого, фасонного и т. д.) сталь поступает на машиностроительные заводы. К каждой партии металла прилагается паспорт-сертификат с характеристикой металла.

На каждом прутке металла, доставленном в цех, условной краской показывается марка металла. Во всех сомнительных случаях надо произвести испытание.

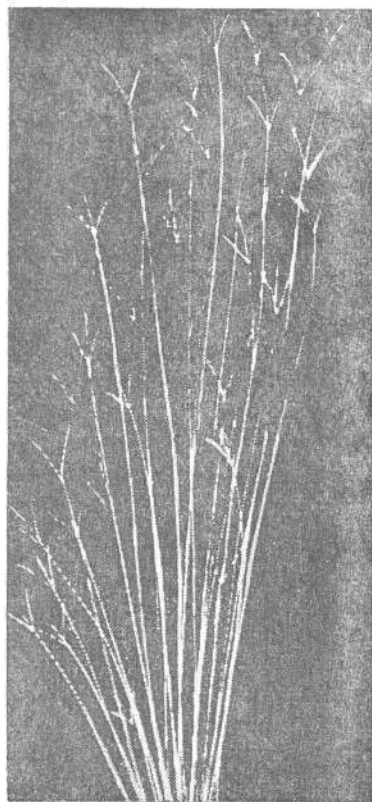
Приступая к работе, посмотрите на чертеж. Там должна быть указана марка стали, из которой изготавливается деталь. Убедитесь, что имеющийся металл именно этой марки.

Начинать обрабатывать металл, не зная его марки, все равно что работать вслепую.

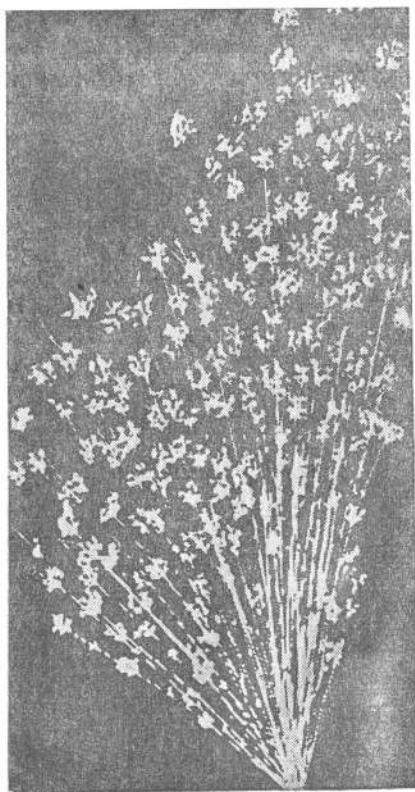
Нужно уметь различать сталь по внешним признакам. Излом углеродистой стали зернистый, светлосерого цвета. Чем тверже сталь, тем меньше зерно и темнее излом. У мягкой стали зерно крупнее и цвет излома светлее. У быстрорежущей стали почти совсем не видно зерна невооруженным глазом. В изломе она имеет бархатистый отлив.

### О ЧЕМ ГОВОРЯТ ИСКРЫ

Можно испытывать также сталь на искру. Если подвести пруток металла к точильному камню, посыпятся искры. Цвет искр углеродистой стали — желтоватый.



а



б

Фиг. 19. Форма искр:

а — очень мягкая углеродистая сталь (марки 10—15, Ст. 2); б — инструментальная углеродистая сталь.

Быстрорежущая сталь дает темнокрасные искры.

Различна также форма искр. Взгляните на рисунки (фиг. 19а). Вот эти длинные искры, имеющие на концах небольшое разветвление, дает совсем мягкая углеродистая сталь с содержанием углерода 0,1—0,2% (марки 10—15, Ст. 2).

У второго прутка пучок искр совсем короткий (фиг. 19б). Звезды крупные и блестящие. Это инструментальная сталь с содержанием углерода до 1,4%.

Посмотрим, какие искры дают другие образцы металла.

Длинный пучок светлооранжевого цвета с разветвлениями на концах. Искры пересекаются, образуя ромбы. Это качественная легированная никелевая сталь (примерно марки 20ХН).

Снова пучок оранжевых искр. На концах крупные мохнатые звезды с сильным блеском. Это также качественная легированная хромистая сталь (марки 20Х).

И, наконец, у последнего образца искры темнокрасного — кирпичного и вишневого цвета, прерывистые, на концах висят короткие и толстые капли. Это признаки высококачественной легированной вольфрамовой стали.

Натренировав свой глаз, можно научиться различать сорта стали по их излому, по форме и цвету искр. Более точные данные дают химический анализ и испытания стали на предел прочности и на твердость, о которых было рассказано выше.

## ЧУГУННЫЕ ОТЛИВКИ

Вернемся к чугуну. Обычный чугун не так прочен, как сталь. Его нельзя ковать и прокатывать. Было время, когда думали, что чугун бесполезен. Из чугуна ничего нельзя делать — говорили в старину.

Но оказалось, что у чугуна есть замечательное свойство. Он хорошо плавится, температура плавления у него ниже, чем у стали. Поэтому его можно плавить в простой печи — в вагранке, которую имеет почти каждый завод. Еще более важно, что чугун при затвердевании не сжимается, а даже немного расширяется и заполняет все углубления в форме. Поэтому из чугуна можно изготовить сложные отливки. И если нужно — с тонкими стенками (до 3 мм). Такие отливки сделать из стали очень трудно.

Уже в старину уральские умельцы владели искусством «приготовления чугуна», поражавшим Европу. Это о них сказал уральский сказочник Бажов: «Много зорких глаз, умелых рук, большой смекалки да выдумки приложено... знаменитые мастера были да в запись не попали». Их изделия и сейчас вызывают удивление. Вот сложнейшие отливки из чугуна — колосья пшеницы, целый сноп. А рядом пучок чугунных стрел с тончайшим оперением. Это декоративные украшения для памятника, сделанные более ста лет назад.



Это высокое мастерство сохранили каслинские литейщики. По всему Советскому Союзу расходятся изящные статуэтки, выполненные на Каслинском, чугунолитейном заводе. В машиностроении есть немало деталей, формы которых не менее сложны. И тут чугун поистине незаменим. Из чугуна отливаются станины, стойки, опоры и корпуса, шкивы и маховики, поршни и поршневые кольца и многие другие части. Литейщики неутомимо работают, добиваясь все более точного и сложного, а вместе с тем и прочного литья.

В самое последнее время найден новый способ отливки в так называемые оболочковые формы («скорлупку»). Он сулит переворот в литейном деле и в механической обработке металлов.

Предварительно нагретую металлическую модель обсыпают смесью песка с искусственной смолой (бакелитом); смесь подсыхает, модель ставят в печь, где скорлупчатая оболочка окончательно твердеет. После этого ее снимают с модели и, соединив с другой половинкой, сделанной таким же способом, заливают в нее расплавленный чугун. Когда отливка остынет, ее можно легко освободить от скорлупчатой формы. Получаются отливки высокой точности и с очень чистой поверхностью. Во многих случаях они уже не требуют механической обработки, достаточно только отшлифовать деталь, и она готова. Получается огромная экономия времени и средств.

Структура чугуна сложная. Здесь есть чистое железо и углерод в виде пластинок графита. Такой чугун наименее прочен. Причем малопрочным делает его именно присутствие графита. Есть химическое соединение углерода с железом, называемое цементитом. Есть и смесь железа с цементитом. Такой чугун называется перлитным и обладает достаточной твердостью (180—200 по Бригелю) и высокой износостойкостью. Особо прочные отливки из серого чугуна с перлитной структурой получают путем регулирования скорости охлаждения и подбора химического состава с присадкой специальных добавок (никеля или хрома, реже молибдена и меди).

Особый вид чугуна, который принято называть ковким (хотя это название неправильное потому, что ковкий чугун ковать нельзя), изготовляют из белого чугуна путем очень длительного отжига, т. е. нагрева в печи с последующим медленным охлаждением (томление). При этом в белом чугуне образуется графит в виде небольших комочков. Этот графит не похож на длинные пластинки графита в сером чугуне. Оттого и свойства ковкого чугуна другие — лучше. Он имеет большую прочность и вязкость, чем серый чугун. В этом отношении он походит на сталь (предел прочности при растяжении 30—40 кг/мм<sup>2</sup>, а в последнее время предел прочности доведен до 75 кг/мм<sup>2</sup>). Из него делают отливки деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин.

Другой способ повышения прочности чугуна был найден не-

давно. Он заключается в получении модифицированного \* серого чугуна. Вспомним, что низкая прочность чугуна объясняется наличием в нем длинных пластинок графита. Значит надо добиться, чтобы графит выделялся в виде более мелких частиц. А для этого воздействовать на чугун еще до получения отливки. Так и делают. При выпуске чугуна из вагранки в ковш забрасывают порошок ферросилиция (сплав железа и кремния) и алюминия. Перемешиваясь с чугуном, они заставляют графит выделяться в виде очень мелких включений. Модифицированный чугун в полтора-два раза прочнее, чем серый чугун. Еще большую прочность можно придать чугуну присадками металла магния. Получается сверхпрочный чугун, равный по прочности Ст.5, Ст.6. Из такого чугуна на автомобильных и тракторных заводах попробовали изготавливать самую ответственную часть двигателя — коленчатый вал, который до сих пор отковывался из стали. Испытания проходят успешно. Это сулит экономию десятков тысяч тонн стального проката — замену его дешевым сверхпрочным чугуном.

## ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Не так часто, как сталь и чугун, но все же нередко приходится токарю обрабатывать цветные металлы, а вернее, их сплавы: латунь, бронзу, баббит, силумин.

**Латунь** — сплав меди (от 60 до 90%) с цинком (от 40 до 10%). Хорошо обрабатывается на станке: поверхность после обработки получается очень чистая. Прекрасно отливается, из нее изготавливают качественные отливки. Латунь мало окисляется и ржавеет. Ее используют в частях машин и трубопроводах, где проходит вода или ее пары. Из всех медных сплавов это самый дешевый. Поэтому латунь чаще применяют, чем другие сплавы.

Свойством не окисляться обладает и **бронза** — сплав меди (от 70 до 90%) и олова (от 30 до 10%). Бронза тверже и прочнее латуни, но мягче стали, легче притирается и пришабривается. При соединении бронзовой детали с чугунной или стальной, сила трения между деталями уменьшается. Поэтому бронзу применяют для подшипников, шестерен, червячных колес, везде — где надо уменьшить трение. Она идет также на краны и корпуса насосов, клапаны, арматуру и золотники паровых машин.

**Оловянистая бронза** обладает высокими литейными качествами. Из нее отлиты знаменитые царь-колокол и царь-пушка, находящиеся в Кремле. Но оловянистая бронза требует для своего производства олова, которое является дефицитным металлом. Поэтому применение оловянистых бронз в машиностроении сокращается. Их заменяют алюминиевые, кремнистые и свинцовые бронзы.

\* Модифицировать — значит видоизменять, менять свойства.

**Баббит** — сплав из олова или свинца (от 85 до 81,5%), сурьмы (от 11 до 17%) и меди (от 6 до 1,5%). Как и бронза, он уменьшает трение, мало изнашивается. Его применяют в подшипниках, в шатунах, в ползунах и других механизмах машин, где он служит подушкой, по которой скользит или вращается трущаяся деталь.

**Силумин** — сплав алюминия с кремнием. Его основное достоинство — малый вес, он почти в три раза легче стали. Поэтому применяют силумин для изготовления деталей машин, которые должны иметь небольшой вес.

*Алюминий* *Железо* и *Вольфрам*

## ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Современная техника создала и продолжает создавать новые, сверхпрочные металлы — такие, как высококачественные легированные стали и модифицированные чугуны. Широко применяются в промышленности закаленные стали, отбеленный чугун, стальное литье с твердой коркой и другие материалы, отличающиеся повышенной твердостью. Наряду с этим растут требования дальнейшего увеличения производительности, повышения скоростей обработки. Все это привело к созданию новых металлов для режущих инструментов.

Вслед за быстрорежущими сталями вскоре были изобретены твердые сплавы. Режущие свойства твердых сплавов намного выше лучших быстрорежущих сталей. Но вот что любопытно: железо содержится в твердых сплавах в очень небольших количествах — меньше  $\frac{1}{2}$  процента. Это уже не сталь. Это соединения других металлов: вольфрама, кобальта и титана.

Самое название «сплавы» не совсем точно, так как изготавливают они не плавлением, а прессованием металлов в порошкообразном виде и последующим спеканием, в результате чего получают пластины определенной формы.

Первый советский твердый сплав назывался «Победит». Он позволял значительно повысить скорости резания, но отличался хрупкостью. Большие успехи в создании новых марок твердых сплавов были достигнуты в годы Великой Отечественной войны и в послевоенный период. Ныне нашей промышленностью выпускаются два вида твердых сплавов.

Вольфрамо-кобальтовые сплавы состоят из кобальта и карбидов \* вольфрама. Обозначаются эти сплавы буквами ВК. Цифра, находящаяся справа от букв, показывает процентное содержание кобальта. Например, сплав ВК6 содержит 6% кобальта и около 94% карбидов вольфрама. Твердыми режущими частицами являются карбиды вольфрама, кобальт же служит связывающим материалом.

\* Карбидами называют соединения металла с углеродом.

Титано-вольфрамо-кобальтовые сплавы имеют в своем составе также и карбиды титана. Эти карбиды особо тверды и износостойки. Они позволяют резать металлы на еще более высоких режимах. Но они хрупки, и это надо помнить токарю. Условное обозначение этих сплавов ТК. Цифра, стоящая после буквы Т, указывает на процент карбидов титана, и цифра после буквы К — процент содержания кобальта. Так, сплав Т30К4 содержит около 30% карбидов титана и 4% кобальта, остальное — карбиды вольфрама.

Твердые сплавы имеют твердость почти такую, какой обладает алмаз. Поэтому ими можно резать закаленные стали, отбеленный чугуны, стекло и мрамор.

Твердость сплава зависит от содержания карбидов. Следовательно, чем меньше связывающего металла — кобальта, тем выше твердость сплава. Но с увеличением твердости возрастает и хрупкость сплава. Поэтому на работах, связанных со срезанием больших стружек или обработкой прерывистых поверхностей, приходится применять сплавы меньшей твердости, содержащие больше кобальта (ВК8 и Т5К10). Напротив, при снятии очень тонкой стружки и спокойном резании можно использовать наиболее твердые сплавы, содержащие меньше кобальта (ВК3А и Т30К4).

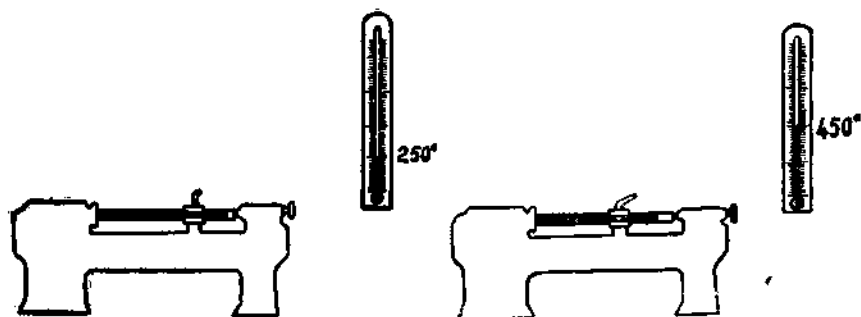
По своим свойствам твердые сплавы сильно отличаются от быстрорежущей стали. Они не только хрупки. По сравнению с быстрорежущей сталью они малопрочны на изгиб и растяжение. Зато по прочности на сжатие они намного превосходят их. Стало быть, надо работать твердым сплавом так, чтобы режущая пластина не изгибалась и не растягивалась. А что касается сжатия — это не страшно! Твердый сплав может выдержать давление до 650 кг на квадратный миллиметр.

Запомните это важное свойство твердых сплавов. Мы увидим дальше, как использовали его токари-скоростники, создав новые типы резцов.

Одно из важнейших свойств твердых сплавов — высокая теплостойкость. Резец с пластиной из твердого сплава может резать и при температуре 800—1000 градусов. Значит, можно, не боясь нагрева инструмента, резко увеличивать скорости резания. В послевоенные годы, используя твердые сплавы, созданные советской промышленностью, наши токари применили скоростное резание металлов и добились выдающихся успехов.

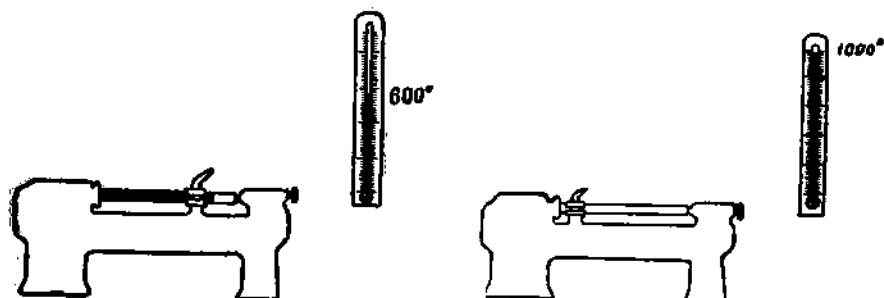
Совсем недавно советскими учеными был найден новый материал для режущих инструментов, не уступающий, а кое в чем и превосходящий твердые сплавы. Быть может, об этом материале и не следовало говорить в главе, посвященной металлу, хотя бы по той простой причине, что это не металл. Однако, успешно конкурируя и заменяя твердые сплавы, не заслуживает ли он того, чтобы быть поставленным рядом с ними?

Речь идет о минералокерамических пластинах (термокорунд), получаемых спеканием глинозема (оксида алюминия). Пластины



1900 г. Резец из углеродистой стали — скорость резания 5 м/мин;

1901 г. Резец из быстрорежущей стали — скорость резания 18 м/мин;



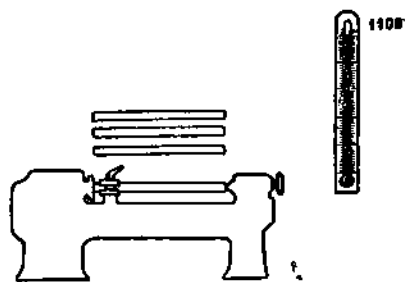
1938 г. Резец с пластинкой из советской быстрорежущей стали РФ-1 (Р-18) и др. — скорость резания 30 м/мин;

1941 г. Резец с пластинкой твердого сплава «Победит» — скорость резания 150 м/мин;

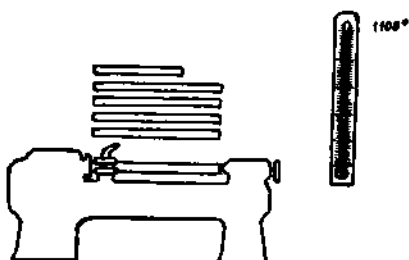
Фиг. 20. Увеличение скоростей обработки

Длина обточенной части вала (или количество обточенных схем) показаны также максимальные

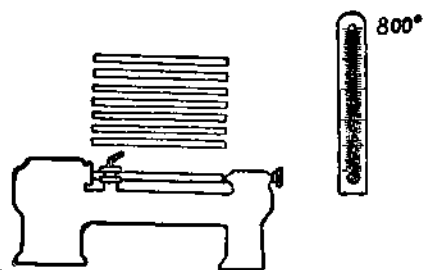
белого цвета, и трудно их не принять за кусочки фарфора. По твердости и теплостойкости они не уступают твердым сплавам, а по цене дешевле почти в десять раз. Наиболее удачными были опыты точения ими чугуна и стали при небольших сечениях стружек. Замечательный советский токарь Павел Быков, обрабатывая чугунную деталь резцом с минералокерамической пластинкой, поставил мировой рекорд скорости резания — более 3800 метров в минуту.



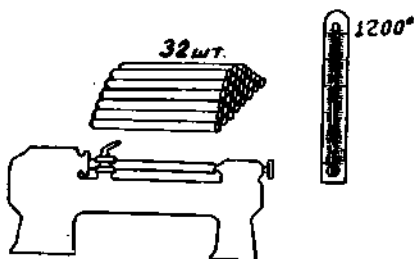
1948—50 гг. Скоростной резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 — скорость резания при черновом точении 300—400 м/мин;



1948—1950 гг. Скоростной резец токаря Г. Бортукевича с пластинкой твердого сплава Т15К6 — скорость резания при получистовом точении 500—700 м/мин;



1951—1952 гг. Силовой резец токаря В. Колесова с пластинкой твердого сплава Т15К6 — скорость резания при получистовом точении 150 м/мин, подача 2,7 мм/об.;



1954 г. Резец токаря П. Быкова с пластинкой из минерало-керамики — скорость резания 3800 м/мин.

металлов за 50 лет.

валов) показывает относительное ускорение обработки. На температуры на лезвии резца.

На фиг. 20 показано, как менялись за последние 50 лет скорости обработки в связи с изобретением новых сортов инструментальных материалов. Из рисунка видно, что в настоящее время мы можем обрабатывать металлы примерно в 800 раз быстрее, чем в начале нынешнего века. В среднем же скорости резания повысились не менее чем в 50—60 раз.

### ГЛАВА III. ИНСТРУМЕНТ

Главная роль в процессе резания металла на станке принадлежит инструменту. Ведь само резание можно, по словам одного известного советского ученого, рассматривать как борьбу инструмента и обрабатываемого металла, борьбу двух противоположно действующих факторов — режущих свойств инструмента и изнашивающих его свойств материала.

Следовательно, надо решать две важнейшие задачи:

— Ослаблять изнашивающие свойства металла, улучшать его обрабатываемость.

— И усиливать, максимально усиливать режущие свойства инструмента, а для этого улучшать инструментальные металлы (мы видели, что в этом отношении достигнуты большие успехи); искать наилучшую форму инструмента, создавать наиболее выгодные условия его работы.

В этой главе мы расскажем, как в результате неустанных поисков огромной армии советских токарей, инженеров и ученых созданы резцы для высокопроизводительной работы с большими скоростями и подачами, непрерывно совершенствуются конструкции инструментов. Но для понимания того, как улучшался инструмент, надо знать условия его работы, надо рассказать хотя бы кратко о том, как срезает он металлическую стружку.

Первым, кто провел глубокие исследования в этой области, был выдающийся русский ученый Иван Августович Тиме (1838—1920 гг.). Родился И. А. Тиме в городе Златоусте, работал на Урале, а затем был профессором Петербургского Горного института. Свои классические исследования процесса образования стружки И. А. Тиме опубликовал в труде «Сопrotивление металла и дерева резанию». Затем большой вклад в развитие наших знаний о резании металлов внесли профессора Зворыкин, Брикс и мастер-механик Усачев. Но особенно широко развернулись исследовательские работы в годы пятилеток, в послевоенный период. Советские ученые Каширин, Кривоухов, Кузнецов, Розенберг, Ларин, Исаев и многие другие совместно с передовыми рабочими и инженерами всесторонне изучили многие сложные вопросы резания металлов.

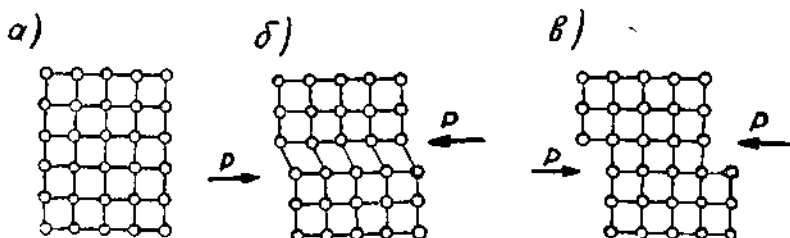
Нашей Родине принадлежит приоритет (первенство) в изучении процессов резания металлов. Советская наука открывает новые страницы в развитии техники и научных знаний.

## ОБРАЗОВАНИЕ СТРУЖКИ

Ученые говорят: процесс резания — это пластическая деформация металла. Разберем, что это значит. Деформацией называют изменение формы (размеров) предмета под действием приложенных к нему внешних сил.

Деформация может быть упругая и пластическая. При упругой деформации предмет восстанавливает первоначальную форму после удаления внешних сил. Пластической называется деформация, остающаяся после снятия нагрузок.

Это можно пояснить такой схемой (фиг. 21а). Слева показан металл до его деформации («а»). На него действует внешняя сила

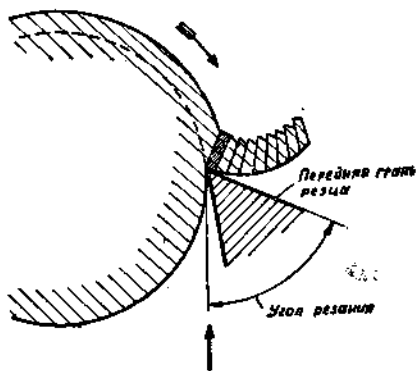


Фиг. 21 а. Схема деформации:

а — без напряжения; б — упругое напряжение; в — пластическая деформация

(например — удары, давление). Возникает упругое искажение. Атомы, из которых состоит зерна металла, смещаются («б»). Зерна деформируются, но после удаления внешней силы снова принимают прежнюю форму. При увеличении напряжения начинают сдвиги, скольжение одной части зерна по отношению к другой, происходит пластическая деформация («в»). Она может привести к разрушению, к отрыву частиц металла.

Посмотрите на рисунок (фиг. 21б). Там показано, что происходит, когда резец начинает врезаться в заготовку. Слой металла, находящийся впереди, над резцом, по мере вращения заготовки и продвижения резца, начинает сжиматься и, наконец, отделяется. На рисунке заштрихована та часть металла, которая срезается. Следом за ней таким же образом будут отделены и другие частицы металла, расположенные по окружности заготовки. Срезанный металл называется стружкой.



Фиг. 21 б. Образование стружки (срезание металла)



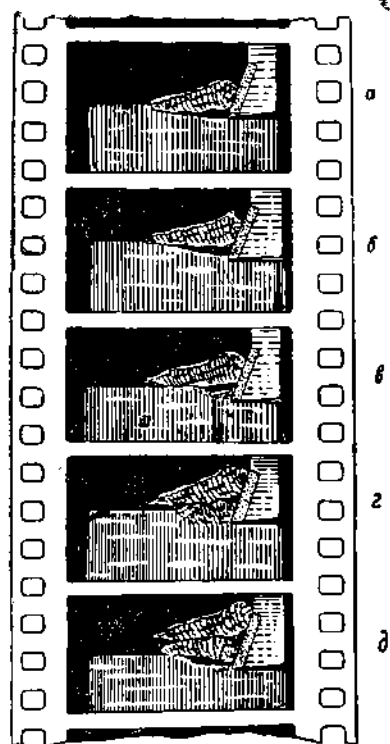
Все это можно наблюдать и простым глазом. Но ученые стремились увидеть: как деформируются частицы металла? Что с ними происходит? Старались разгадать «механизм» стружкообразования.

Профессор Тиме полировал боковые поверхности свинцового слитка и внимательно наблюдал, как они тускнеют по мере врезания резца. Так он определил направления пластической деформации. Усачев вырезал пластинки из слоев металла, находившихся перед самым резцом, травил их кислотой и рассматривал под микроскопом. Он обнаружил сдвиги частиц металла, которые до него никто не видел.

Профессор Кривоухов использовал киносъемку, и перед ним в последовательных кадрах развернулась картина образования стружки (фиг. 22). Так на помощь ученым, изучающим резание металлов, пришли два искусственных глаза — микроскоп и киноаппарат. Один из них увеличивает во много раз, другой позволяет сделать в минуту много последовательных снимков. Сейчас для изучения процесса резания металла применяют скоростную киносъемку, позволяющую сделать в секунду от 300 до 8000 снимков.

При этом можно обнаружить самые, казалось бы, неуловимые, мельчайшие изменения, происходящие в течение тысячных долей секунды. Лула времени — называют ученые этот способ.

В самое последнее время советская наука применила для изучения износа резца метод меченных атомов. Наделенные с помощью реактивных веществ электрическими зарядами, атомы металла



Фиг. 22. Последовательность образования стружки

перестают быть невидимыми. Они, как говорят, «мечены». Следя за ними с помощью специальной аппаратуры, можно видеть все их перемещения.

Что же мы сейчас знаем о механизме образования стружки?

Вот резец вдавливаются в металл, сжимает его. Металл сопротивляется сжатию. Но механическая сила, влекущая суппорт с резцом, продвигает резец все дальше. Напряжение в сдавливаемом слое увеличивается, нарастает. Вот оно уже больше сил сцепле-

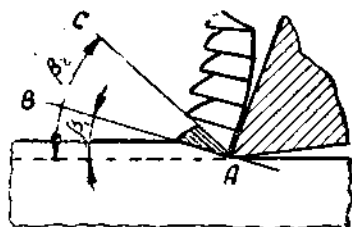
ния между частицами металла. Происходит сдвиг. Частицы (элемент стружки) сдвигаются по плоскости скалывания (АВ на фиг. 23). Эта плоскость всегда направлена под определенным углом к движению резца ( $\beta_1$  — бэта один — угол скалывания).

Резец начинает сжимать следующие слои металла. Скалывается второй элемент. Он отделяется под тем же углом  $\beta_1$ . Такую стружку называют стружкой скалывания. При взгляде на нее сразу видно, что она состоит из ряда отдельных частей.

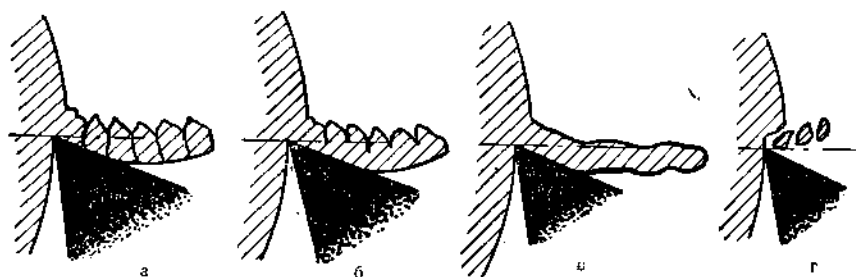
Но происходит не только скалывание элементов стружки под углом  $\beta_1$ . В результате деформации изменяются форма зерен, их размеры и расположение. В скалываемом элементе стружки можно обнаружить плоскости сдвига АС, направление которых не совпадает с плоскостью скалывания АВ (см. фиг. 23). Угол между ними для разных металлов и условий работы изменяется от 0 до  $30^\circ$ .

На микрофотографиях (фотографиях, сделанных через микроскоп) видно, что зерна стружки сильно вытянуты по сравнению с зернами основной массы металла. При этом они располагаются под определенным углом  $\beta_2$  к движению резца ( $\beta_2$  — бэта два — угол сдвига).

Стружка скалывания бывает двух родов: элементная и ступен-



Фиг. 23. Плоскости скалывания и сдвига



Фиг. 24 а, б, в, г. Виды стружек

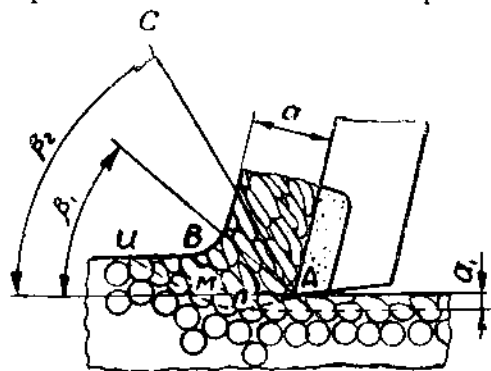
чатая. Первая получается, если обрабатывать твердую сталь на небольших скоростях резания. Чем тверже металл и меньше скорость, тем заметнее, что стружка состоит из отдельных частей (фиг. 24а).

При большой толщине срезаемого слоя можно наблюдать опережающую трещину. Появляется она в результате осаживания и сдвига металла по направлению движения резца. Возникает тре-

щина. Элемент стружки, отделившись от остальной массы, поднимается вверх, а в это время под ним зарождается следующий элемент (см. фиг. 22б, в, г, д).

Обработывая сталь средней твердости на невысоких скоростях резания, получим стружку, у которой отдельные элементы сохраняют между собой более или менее прочную связь (фиг. 24б). Сторона стружки, соприкасающаяся с резцом, выглядит гладкой, а противоположная — с уступами — ступенчатой. От нее эта стружка и получила свое название — ступенчатая.

Сливная стружка получается при обточке мягких и вязких металлов (мягкая сталь). Но дают ее и твердые стали, если обрабатывать их на высоких скоростях резания.



Фиг. 25. Зона деформации

стружку. При этом, деформируясь в последний раз, вытянутые зерна располагаются под углом  $\beta_2^*$ . Частицы металла текут вдоль резца и сходят с него в виде сплошной ленты, без зазубрин (фиг. 24в). Такую, как бы льющуюся стружку называли сливной.

Есть еще стружка надлома. Она получается при обработке твердых малопластичных металлов (чугун, твердая бронза), т. е. хрупких. При давлении резца внутренних перемещений частиц здесь не происходит. Металл не скалывается и не «течет», а отламывается отдельными кусочками (фиг. 24г).

Какое же значение имеет форма резца?

Прежде всего, заметьте, что резец — это клин. Такую же форму имеет и топор дровосека. У него острая кромка — лезвие, которым он вонзается в дерево. Вся сила удара сосредотачивается

\* Линия АС является, следовательно, ничем иным как направлением главной деформации удлинения зерен, параллельным их наибольшей оси. А линия АВ показывает верхнюю границу зоны пластической деформации, в то время как при образовании стружки скалывания она обозначала поверхность, по которой происходило скалывание отдельных элементов стружки.

на узкой поверхности. Давление на единицу площади велико. Лезвие режет. Так же устроен и нож.

Клинообразная форма помогает и резцу войти, «вклиниться» в металл. Но топор не только врезается своим лезвием, но и раздвигает слои дерева своими боками. Не меньшее значение имеют и боковые стороны резца. Только в отличие от топора резец неравнобокий. Его боковые стороны не равны и играют не одинаковую роль. Сминает и сдвигает частицы металла в основном верхняя (передняя) грань резца (см. фиг. 21б). Успех работы зависит от того, как эта грань будет поставлена во время резания металла.

Проделаем такой маленький «опыт». Возьмите карандаш и перочинный ножик. Попробуйте заточить карандаш, поставив нож перпендикулярно к карандашу. У вас ничего не вышло? Определите теперь, при каком угле наклона ножа можно легче всего заточить карандаш. Это будет примерно 20—30°. Опыт убеждает нас в том, что для хорошего резания необходимо правильно подобрать «угол резания». Чрезвычайно важно это и для работы резца.

Угол резания резца — это угол между передней гранью и направлением движения резца. Чем меньше этот угол, тем легче протекает резание. Чтобы объяснить это, нам снова надо вернуться к пластической деформации металла.

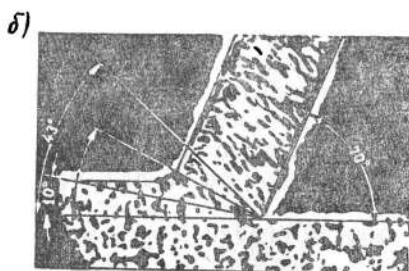
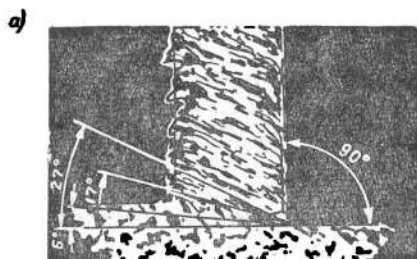
### УСАДКА СТРУЖКИ

Если мы промерим рулеткой или шнурком длину обработанной резцом поверхности, а затем длину срезанной стружки, то обнаружим, что первая длиннее второй. Стружка оказывается короче того участка, с которого она срезана. Это называют усадкой стружки.

Усадка стружки — результат пластической деформации при резании. Вместе с тем она неплохой показатель того, насколько благоприятны условия образования стружки. Чем меньше усадка стружки, тем меньше, стало быть, и пластическая деформация. Меньше надо затратить усилия, чтобы срезать стружку. Лучше, следовательно, условия стружкообразования.

Оказывается, что на усадку стружки сильнее всего действует угол резания. Чем он больше, тем больше и усадка стружки. Это хорошо видно на микрофотографиях стружки (фиг. 26а, б, в). Здесь на верхнем фото показана обработка резцом с углом резания 90° («а»), на среднем — 70° («б») и на нижнем — 50° («в»). Самая толстая стружка, а значит, и наибольшая усадка получаются в первом случае, самая меньшая — в последнем.

Резец с большим углом резания тяжелее входит в металл, больше сжимает и деформирует его. Наоборот, резец с меньшим углом резания сжимает срезаемый слой меньше. Поэтому и на образование стружки затрачивается меньше работы.



Фиг. 26 а, б, в. Угол резания и угол стружки

Это очень важный вывод. Но есть и не менее важное из него исключение. Проследите по рисункам, как изменяются угол сдвига и зона деформации, лежащая между верхней и нижней ее границами: при малом угле резания зона деформации шире ( $42^\circ - 17^\circ = 25^\circ$ , см. фиг. 26в), а при большом угле — она уже ( $17^\circ - 6^\circ = 11^\circ$ , см. фиг. 26а). В последнем случае работа пластической деформации концентрируется у правой границы зоны, непосредственно перед резцом. Тепло, выделяющееся при пластической деформации, здесь сильно возрастает. Разогрев металла будет тем больше, чем выше скорость резания и ниже теплопроводность металла (т. е. чем хуже металл пропускает тепло).

Поэтому-то при обработке закаленных сталей выгодно применять большие углы резания. Они дают высокую концентрацию, а следовательно, и высокую температуру в зоне деформации перед резцом. Происходит размягчение (отпуск) закаленной стали, снижается сопротивление пластической деформации.

Вот это-то исключение из правила советские токари-скоростники и взяли за постоянное правило. На нем основывается применение так называемых отрицательных передних углов резца (угол резания больше  $90^\circ$ ) при скоростном резании весьма твердых сталей.

Изучение процессов образования стружки и пластической деформации помогает находить пути высокопроизводительной работы.

### ГЕОМЕТРИЯ РЕЗЦА

Вот резец. Возьмите его в руки и внимательно рассмотрите (фиг. 27а). Резец состоит из головки (рабочая часть резца) и тела, или стержня, служащего для закрепления резца в резцедержателе супорта.

Головка имеет несколько граней. Верхняя, по которой сходит стружка, носит название передней грани. Стороны реза, обращенные к обрабатываемому предмету, называются задними гранями.

Та из них, которая примыкает к главной режущей кромке, называется главной задней гранью. Другая носит название вспомогательной задней грани.

Пересечение передней и задних граней дает режущие кромки реза. Пересечение передней грани с главной задней гранью образует главную режущую кромку или лезвие. Лезвие выполняет основную работу резания.

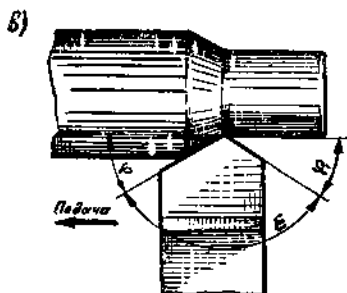
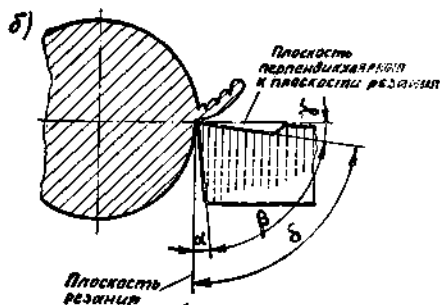
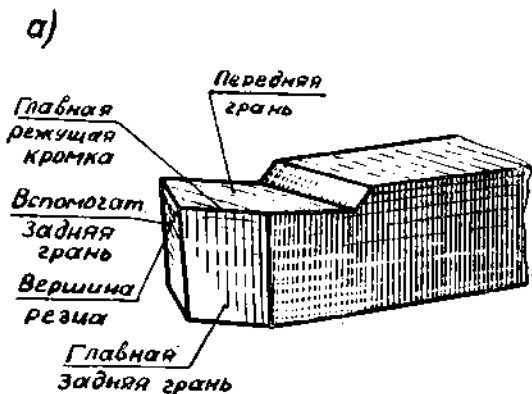
Вспомогательная режущая кромка получается в результате пересечения передней грани с вспомогательной задней гранью.

Точка, в которой сходятся главная режущая кромка с вспомогательной режущей кромкой, — вершина реза (см. фиг. 27а).

Рассмотрим теперь углы, образуемые гранями. Форму режущей части реза, которая зависит от расположения граней и углов между ними, называют геометрией реза.

Токарь должен знать геометрию реза так же хорошо, как школьник таблицу умножения.

Прежде всего надо знать, как проходит плоскость резания, от которой ведут все отсчеты углов реза. Это плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую



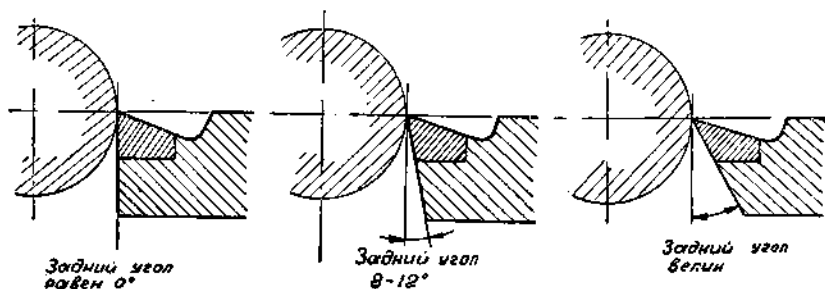
Фиг. 27 а, б, в. Резец и его углы

кромку. Взгляните на резец сбоку (фиг. 27б). Угол между главной задней гранью и плоскостью резания называется задним углом. На рисунке он обозначен буквой  $\alpha$  (альфа). Угол между передней и главной задней гранью — это угол заострения. Обозначается он буквой  $\beta$  (бэта).

Угол между передней гранью и плоскостью, проведенной через главную режущую кромку перпендикулярно к плоскости резания, носит название переднего угла. Он обозначен на рисунке буквой  $\gamma$  (гамма).

Если сложить угол заострения и задний угол, получим угол резания, обозначенный буквой  $\delta$  (дельта).

Посмотрим теперь на резец сверху (фиг. 27в). Угол между направлением подачи и главной режущей кромкой называется главным углом в плане и обозначается буквой  $\varphi$  (фи). Угол между режущими кромками называется углом при вершине в плане (обозначен буквой  $\epsilon$  — эpsilon). Это главные углы резца.



Фиг. 28 а. Резцы с разными задними углами

Названия их надо запомнить. Обозначаются они во всех книгах и справочниках одними и теми же греческими буквами.

Какое же значение имеют углы резца?

Возьмем три резца, у которых одинаковые передние углы, но разные задние углы (фиг. 28 а). У первого задний угол почти равен нулю. У такого резца задняя грань трется во время работы о поверхность детали, в результате чего резец сильно нагревается. Этого не будет у резца с большим задним углом (см. фиг. 28 справа), но у такого резца есть другой недостаток. При сильном давлении стружки на переднюю грань этого резца его лезвие будет втягиваться в металл или, как говорят токари, — заедать. Кроме того, прочность такого резца невелика. Под давлением стружки резец может сломаться.

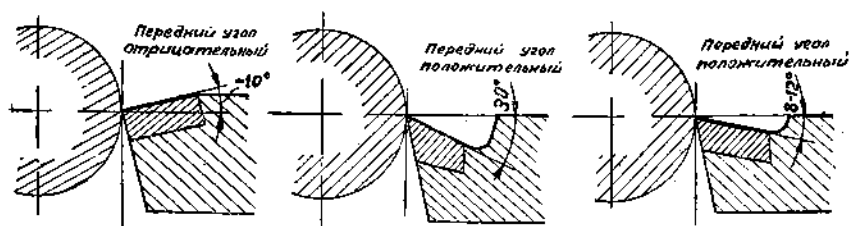
Задний угол не должен быть велик. Он должен быть таким, чтобы задняя грань резца не терлась о металл. Практически он берется от 4 до 12°, чаще всего — 8°.

Рассмотрим теперь резцы, у которых различные передние углы (фиг. 28б). У одного из них отрицательный угол — 10° (это

значит, что передняя грань спускается к вершине резца), у второго передний угол положительный  $+30^\circ$ , у третьего — небольшой положительный угол  $+8, 12^\circ$ .

Тяжелее всего скалывание стружки происходит при работе резцом с отрицательным передним углом, легче всего — с большим положительным углом. Резец с положительным передним углом меньше деформирует металл. Такой угол помогает лучшему сходу стружки, а стало быть, облегчает резание. При увеличении его уменьшается давление стружки на резец, расходуется меньше энергии, уменьшается прогиб детали, резец не дробит поверхности, качество ее улучшается. Но резец с таким углом непрочен, у него меньше сечение головки около лезвия, он легко обламывается, хуже отводится тепло от вершины. А это влияет на продолжительность работы. Такой резец быстро затупляется и изнашивается.

Чем крепче металл, тем больше давление во время обточки и,

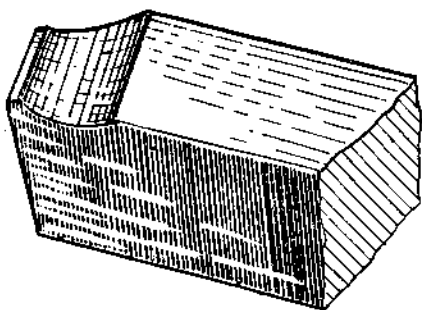


Фиг. 28 б. Резцы с разными передними углами

значит, прочнее должен быть резец и меньше передний угол. Наоборот, при обточке мягкой стали положительный передний угол можно сделать несколько больше.

Обычно так и делали. Величину переднего угла брали разную в зависимости от твердости металла, углы были положительные и сравнительно небольшие. Отрицательных же углов совсем не применяли. Но затем токари-новаторы и ученые сделали несколько важных открытий.

Если на лезвии резца сделать фаску, т. е. небольшую площадку вдоль режущей кромки (фиг. 28 в), то прочность резца сразу увеличится, можно будет работать с большим пе-



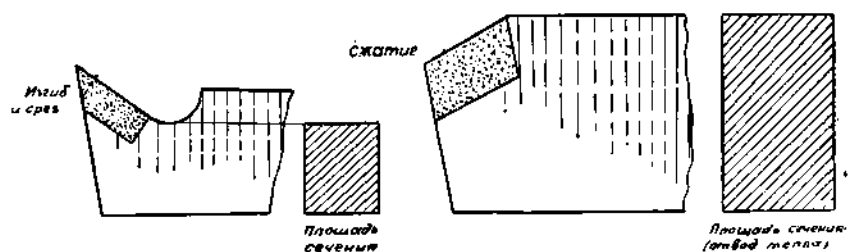
Фиг. 28 в. Резец с выемкой и фаской



редним углом (до  $+30^\circ$ ). Правда, это относится только к черновой обточке стали, при работе по чугуноу фаска не помогает. Поэтому резцы для работы по чугуноу продолжают делать с разными передними углами в зависимости от твердости чугуна. Для мягкого чугуна  $+8^\circ$ , средней твердости 0,  $+3^\circ$ , а твердого  $-5$ ,  $-10^\circ$ .

Вторая, не менее важная, находка заключалась в том, что был найден способ обрабатывать особо твердые и закаленные стали твердосплавными резцами с отрицательными передними углами. А за этим последовали еще более смелые открытия.

Вспомним то, что говорилось о твердых сплавах. Они малопрочны на изгиб и срез, зато великолепно выдерживают сжатия. А при отрицательных передних углах пластинка твердого сплава подвергается главным образом сжатию (фиг. 29 справа). Напро-



Фиг. 29. Резец с пластинкой твердого сплава с отрицательным и положительным передним углом

тив, при положительном переднем угле она работает на изгиб и срез (фиг. 29 слева). И поэтому может быстро выкрошиться и сломаться.

Оказалось, что при отрицательных передних углах есть и другие преимущества: возрастает площадь сечения державки резца (см. фиг. 29), способность его поглощать тепло увеличивается\*.

Когда начали применять твердосплавные резцы с отрицательными передними углами, тут-то и выявились их замечательные режущие свойства. Стало возможным не только обрабатывать очень твердые материалы, но и в несколько раз увеличить скорости обработки. Получилось, что ученые и инженеры искали способ обработки закаленных сталей, а нашли с помощью передовых рабочих нечто гораздо большее: родилось скоростное резание металлов. Родина его — Советский Союз.

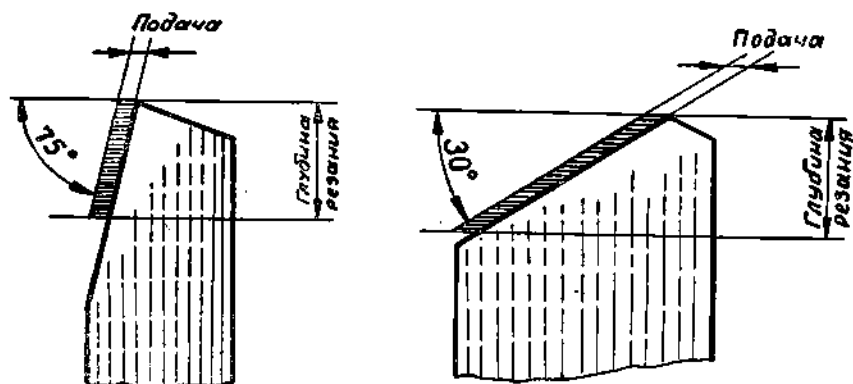
Рассказ о том, как развивалось скоростное резание, потребовал бы многих и многих страниц. Пришлось бы перечислить огромное количество имен передовиков производства, внесших

\* О другом важном преимуществе отрицательных передних углов говорилось на стр. 56.

свой творческий вклад в это дело. Не было в истории развития техники другого примера столь быстрого внедрения и массового освоения нового метода производства.

На первых порах применяли отрицательные передние углы и при обточке мягкой стали. Однако потом оказалось, что в этом нет нужды. Достаточно заточить на передней грани фаску, о которой говорилось выше. Но эту фаску для твердосплавного инструмента надо делать с отрицательным передним углом в отличие от резцов из быстрорежущей стали, у которых фаска расположена горизонтально (т. е. с нулевым передним углом).

За твердосплавными резцами с отрицательными передними углами остается область обработки твердых и весьма твердых сталей (предел прочности 80—110 и свыше 110 кг/мм<sup>2</sup>).



Фиг. 30. Резцы с разными главными углами в плане

Итак — увеличение переднего угла связано с прочностью резца. Чем тверже металл, тем меньше должен быть передний угол. Резец с фаской позволяет при обточке стали использовать большие передние углы (до 30°), отрицательные передние углы применяются при точении твердосплавными резцами весьма твердых сталей.

Посмотрим дальше на величину главного угла в плане. Перед вами лежат два резца (фиг. 30). Один из них (слева) — с большим главным углом в плане, другой (справа) — с небольшим. Как они будут работать?

Тот, который слева, соприкасается с деталью небольшой частью лезвия. Стружка получается не широкая, но толстая. Толстые стружки срезать легче, чем тонкие. Требуется меньшая мощность станков, затрачивается меньше энергии. И второе важное преимущество: благодаря меньшему усилию резания длинные и тонкие детали не будут прогибаться при обработке.

Зато у резца справа работает почти вся режущая кромка. Стружка получается широкая и тонкая. Этот резец, соприкасаясь

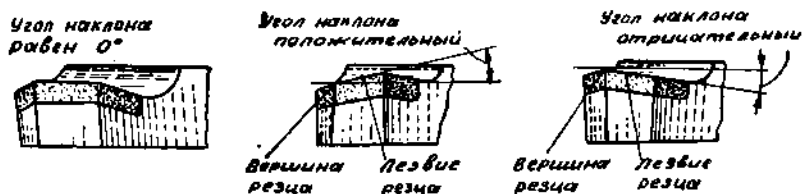
с металлом на большой длине лезвия, будет лучше отводить тепло. Поэтому он будет дольше работать до переточки, чем первый резец. Работая им, можно брать большие скорости резания.

Опыты подтверждают это. Итак, запомним:

Для увеличения стойкости резца выгоднее брать небольшие главные углы в плане. Но для уменьшения вибрации и усилия резания обычно берут угол, равный  $45^\circ$ . При обточке тонких и длинных деталей главный угол в плане увеличивают до  $60-90^\circ$ . Чем массивнее деталь, тем угол берут меньше.

Угол между вспомогательной режущей кромкой и направлением подачи называется вспомогательным углом в плане (см. фиг. 27в, угол  $\varphi_1$ ). Если он мал, то вспомогательная задняя грань начинает тереться о деталь. Если велик, то резец плохо отводит тепло от режущей кромки. Обычно этот угол берут от  $30$  до  $15^\circ$ , чаще же всего —  $20^\circ$ .

Есть еще один угол, о котором мы пока ничего не говорили. Взгляните на эти резцы (фиг. 31). Что вам бросается в глаза, когда вы на них смотрите?



Фиг. 31. Резцы с разными углами наклона лезвия

У левого — вершина резца находится на одном уровне со всей режущей кромкой. А вот у среднего — вершина опущена и лезвие имеет наклон в ее сторону. Такой резец называется резцом с положительным наклоном лезвия. Его сосед справа, наоборот, имеет приподнятую вершину, и режущая кромка его подымается к вершине. Это резец с отрицательным наклоном лезвия.

Наклон лезвия измеряется углом между режущей кромкой и горизонтальной линией, проведенной через вершину (обозначается буквой  $\lambda$  — лямбда). Для чего же нужен наклон лезвия?

Если работать резцом без наклона режущей кромки, то стружка набегае прямо на резец, свиваясь в почти плоскую спираль, похожую на пружину часов. Если же взять резец с наклонным лезвием, то стружка сбегает, уходя в сторону от резца, и навивается винтовой спиралью.

При положительном угле наклона стружка сходит в сторону опущенной вершины, при отрицательном — в обратную сторону. Этим можно воспользоваться, когда нужно направить стружку в сторону от обработанной поверхности. Надо помнить, что при большом наклоне лезвия увеличивается давление резца, возникает дрожание детали.

Положительный наклон лезвия (т. е. опущенная вершина реза) необходим у резцов с пластинами из твердых сплавов. Он увеличивает прочность реза, сохраняя вершину при толчках и ударах. Обычно угол наклона лезвия берут от  $+2$  до  $+6^\circ$ . Но при обточке прерывистых поверхностей и ударной нагрузке его увеличивают до  $+40^\circ$  (см. стр. 141—142).

Резцы из быстрорежущей стали делают с горизонтальной режущей кромкой. Наклон лезвия в  $2—5^\circ$  следует делать, когда нужно отвести стружки вправо или влево. Положительный наклон лезвия нельзя применять при обточке тонких и длинных деталей. Твердосплавные резцы для скоростного резания изготавливают с положительным углом наклона лезвия.

### БОРЬБА СО СТРУЖКОЙ

Передняя грань реза бывает плоская или вогнутая. При обработке хрупких и твердых металлов (чугун, бронза) получается стружка надлома. Такая стружка сильно давит на режущую кромку реза, но на переднюю грань далеко не заходит. Поэтому переднюю грань делают в этом случае плоской. Это увеличивает угол заострения, а следовательно, и прочность реза.

Другое дело при обработке мягких и вязких сталей. Попадая на переднюю грань реза и постепенно истирая ее, стружка вырывает на ней лунку, иногда довольно больших размеров.

Старые опытные токари, стараясь облегчить сбеги стружки, сами делали на новых резцах выемку. Стружка, попадая в выемку, легко завивается и сходит со станка. Теперь секрет мастерства старых токарей раскрыт для всех.

**Заточка с «выемкой», с «выкружкой»,** или, выражаясь строго техническим языком, с радиусной формой передней грани стала обязательной для резцов из быстрорежущей стали при черновой обточке стали. Очень хорошие результаты получаются, если кроме выемки сделать и фаску, о которой говорилось выше (см. фиг. 28в).

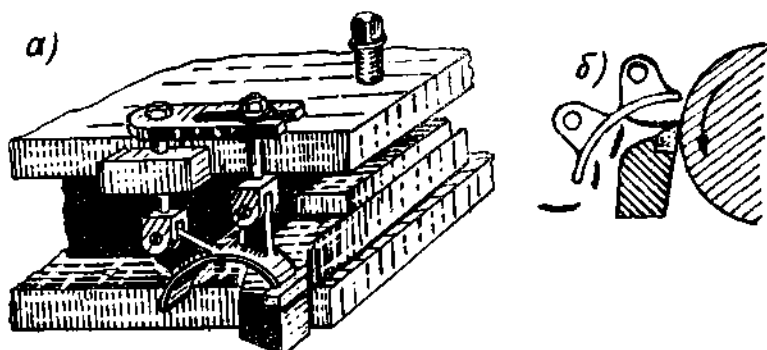
Особенно много хлопот доставляет стружка при скоростном резании твердосплавными резцами. Она сбегает с плоской передней грани реза непрерывной горячей лентой, не завиваясь и не скручиваясь, с опасными зубринами на краях. Ее очень много, и она может оплести не только станок, но и рабочего. Пытались с ней бороться, обламывая ее ударами стального прутка. Но чем дальше, тем меньше помогал пруток. Приходилось останавливать станок, чтобы освободиться от стружки. Борьба с ней отнимала много времени. Это отражалось на производительности труда.

Токари-новаторы Быков, Бирюков, Мехонцев и другие решили применить к твердосплавным резцам испытанное средство, давшее такие хорошие результаты с быстрорежущими резцами,— сделать на передней грани выемку. Нельзя сказать, чтобы об этом

способе забыли. Нет, тут дело было в другом. Трудность заключалась в том: как сделать на твердосплавной пластинке выемку? Обычные заточные круги не подходили, их твердость была недостаточной. На помощь пришел электронской способ обработки металлов. Потом оказалось, что можно делать выемки и на обычном точиле, снабдив его специальным кругом (см. стр. 140).

**Выкружка на передней грани оправдала себя и на твердосплавных резцах.** Стружка уже не шла сплошной лентой, она скручивалась и ломалась на отдельные части на самом резце. Кроме выкружки стали делать на твердосплавном резце и фаску.

Но борьба со стружкой еще не закончилась. Хотя выкружка для стружкозавивания применяется большинством токарей, этот способ не самый лучший. Прежде всего расходуется дополнительно твердосплавный материал при заточке самой выемки. А изменяя подачу резца, приходится менять и радиус выкружки, делая ее больше или меньше. Следовательно, всякое изменение работы требует переточки резца. Поэтому и токари, и инженеры настойчиво ищут более универсальный и совершенный способ



Фиг. 32. Экранный стружколоматель

стружколомания. Предложено много различных накладных стружколомателей. Они накладываются на переднюю грань резца, закрепляются в резцедержателе или специальным болтом, ввернутым в резец.

Из более сложных устройств наиболее интересен экранный стружколоматель, предложенный инженером А. Ф. Антоновым. Устройство его видно из рисунка и схемы (фиг. 32). Стружка, сходящая с передней грани резца, упирается в стенку экрана, легко ломается и падает в щель между экраном и резцом. Положение экрана можно отрегулировать при помощи винтов и гаек, видимых сверху. Любопытно, что экран тем лучше ломает стружку, чем больше скорость резания. И ломает одинаково хорошо как толстую, так и тонкую стружку.

— Там, где нет стружколомания, там нет и скоростного резания, — сказал как-то в беседе знатный токарь страны лауреат Сталинской премии Виталий Куприянович Семинский.

Эти слова хорошо показывают значение борьбы со стружкой.

### ГАШЕНИЕ ВИБРАЦИИ

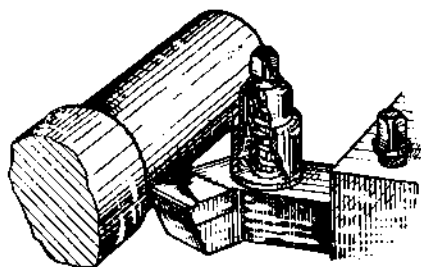
Но не только стружка доставляет заботы токарю. Нередко еще больше беспокойства причиняют вибрации резца и детали.

Что же собой представляют эти вибрации?

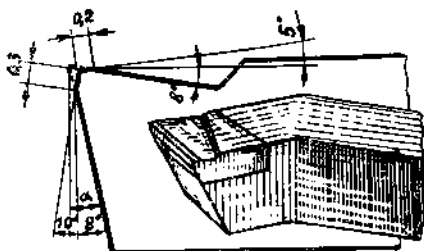
Токарь закрепил заготовку, включил станок и начал обточку. Проходит немного времени — раздается сильный скрежет. Дрожат резец и заготовка. На обработанной поверхности из-под резца выходят борозды. Это признаки вибрации.

Стойкость резца при этом сильно снижается. Иногда появление вибраций вызывает немедленную поломку инструмента. Быстрее изнашивается станок. Непрерывный шум утомляет рабочего. Раз начались вибрации, приходится во многих случаях снижать скорость обработки.

Природа вибрации точно не выяснена. Мнения ученых расходятся. Причина вибраций — трение стружки о резец, утверждают



Фиг. 33. Виброгаситель Рыжкова



Фиг. 34. Виброгасящая фаска

одни; другие объясняют вибрации неравномерностью образования стружки; третьи — ее прилипанием к резцу. Известно также, что вибрации возникают при больших усилиях резания, при нежестком закреплении резца и детали. Предложено немало довольно сложных приборов, которые должны «гасить» вибрации. Важные предложения внес в последнее время горьковский токарь, ныне техник Д. И. Рыжков.

Рыжков заметил, что если положить на дрожащий резец какой-либо груз, то колебания резца могут прекратиться: дрожания резца вызывают ответные колебания грузика. При определенном его весе получается сдвиг фаз: когда резец движется вверх, груз движется вниз; ударяя по резцу, грузик гасит начавшиеся вибрации.

Эти наблюдения послужили для Рыжкова толчком к созданию

очень простого **виброгасителя ударного действия**. Виброгаситель состоит из болта, который ввертывается от руки в скобу или штуцер, соединенный с резцом. На болт надевается колпачок, прижимаемый к основанию пружинной. Виброгаситель устанавливают на резце неподалеку от лезвия (фиг. 33). Не следует слишком туго завинчивать болт. Он должен колебаться за счет зазоров в резьбе. Удары болта с колпачком о резец тушат вибрации.

Если же болт завернуть сильно, то в гашении участвует только один колпачок. Это снижает результаты.

Виброгасители Рыжкова с успехом применяются на многих заводах и в мастерских. Они прекращают высокочастотные вибрации резцов. Но вскоре оказалось, что врагов было не один, а два... Наряду с высокочастотными существуют и низкочастотные вибрации. Против них виброгаситель бессилен.

Продолжая свои наблюдения, Рыжков обнаружил, что низкочастотные вибрации особенно сильны в начале работы. В это время резец еще не успел притупиться. А затем вибрации уменьшаются или совсем исчезают.

Убедившись в этом, Рыжков предложил делать на задней грани резца **виброгасящую фаску** (фиг. 34). Иначе говоря, как бы заранее притуплять резец. Фаска наносится под отрицательным углом  $4 - 10^\circ$ , ширина ее берется от 0,1 до 0,3 мм. Резец, снабженный виброгасящей фаской, не испытывает низкочастотных вибраций. На фиг. 33 а показан резец Рыжкова с виброгасящей фаской и виброгасителем.

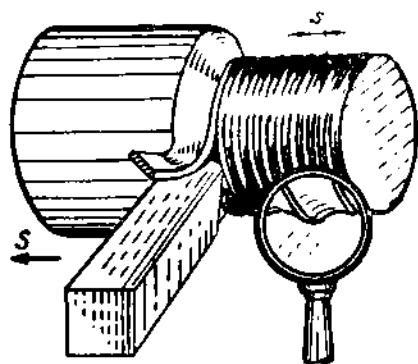
## УНИЧТОЖЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ

После обточки изделия можно заметить на обработанной поверхности даже невооруженным глазом небольшие выступы и впадины. Эти следы от прохода резца называют гребешками.

На рисунке показано, как получаются гребешки при работе обычным резцом (фиг. 35). Путь резца идет вокруг детали: ясно, что и гребешки — остатки несрезанного металла — располагаются на поверхности детали, образуя как бы винтовую «резьбу».

За один оборот детали резец продвинется на расстояние, называемое подачей ( $S$ ). Чем больше подача, тем выше гребешки. Тем, следовательно, ниже чистота поверхности.

Чистота поверхности играет



Фиг. 35. Возникновение гребешков

важную роль в машиностроении. От нее зависит износ машин, прочность соединений и отдельных деталей. Чтобы иметь долговечные машины, способные служить длительное время, надо добиваться чистоты поверхностей обрабатываемых деталей. Приходится обтачивать детали не в один, а самое меньшее в два прохода (черновой и чистовой), добиваясь при последнем проходе снижения шероховатостей до заданной чистоты поверхности. Последний — чистовой проход до недавнего времени приходилось делать с малой подачей резца, чтобы высоту гребешков довести до минимума. Благодаря малой подаче отделочная (чистовая) обточка была медленной, малопроизводительной работой.

Токарь Средне-Волжского станкостроительного завода Василий Колесов после долгих поисков нашел способ получать чистую поверхность, работая на больших подачах. Он видел, что гребешок образуется со стороны вспомогательного угла в плане (см. фиг. 80 а). Если бы можно было работать резцом, у которого вспомогательный угол в плане был бы равен нулю, то шероховатости не было бы совсем.

Однако такой резец изготовить невозможно. Зато можно попробовать сделать резец с небольшой дополнительной режущей кромкой, параллельной оси изделия, а поэтому имеющей угол в плане равный нулю (см. фиг. 80б).

Резцы с такой заточкой были сделаны. Обтачивая ими детали, В. Колесов и его последователи увеличили подачи в десятки раз. При этом получалась высокая чистота поверхности.

Это был такой же переворот в технике обработки металлов, как и появившийся несколькими годами раньше метод скоростного резания. Применяя резец В. Колесова, можно более полно использовать мощность станка и намного повысить производительность труда. В практике заводов работа резцами типа Колесова получила название силового резания. Подробнее о нем будет рассказано дальше.

### ДОЛЖЕН ЛИ РЕЗЕЦ БЫТЬ ОСТРЫМ?

Считаете ли вы, что резец должен быть острым или даже очень острым? Разберем сначала, что означает само слово «острый».

Топор достаточно остер, чтобы колоть дрова, но им нельзя резать бумагу. Перочинный нож легко режет бумагу, но им нельзя бриться.

Каждый из них по-своему остер.

Понятно, что резец для резания металла не может быть таким острым, как нож. Однако даже различные резцы должны иметь разную остроту.

Быстрорежущий резец после заточки абразивным кругом (точило) имеет зазубрины на лезвии. Поэтому его надо слегка заправить, проведя несколько раз оселком у лезвия



Если резец служит для черногого точения, для срезания крупной стружки, то его режущую кромку надо вдобавок чуть притупить так, чтобы она не могла, например, скоблить дерево. Для этого острие лезвия слегка округляется.

**Резец для черногого точения должен быть достаточно острым, чтобы резать металл, и не настолько острым, чтобы резать дерево.**

Легкое закругление кромок быстрорежущего резца полезно также и потому, что лезвие после заточки может иметь прижог, который и снимается оселком.

Высококвалифицированным токарям удастся, применяя при заточке обильное охлаждение, добиться остроты лезвия без прижога. В таком случае можно работать и без притупления.

Ровное, без зазубрин лезвие можно получить при помощи доводки (см. ниже).

Притуплять твердосплавный резец при резании мягких и средних сталей обычно нет надобности. Но при обточке твердых, закаленных сталей притупление твердосплавного резца полезно\*.

Не надо смешивать притупление лезвия с доводкой режущих граней резца. Доводка делается после заточки. Для этого вращающийся чугунный диск покрывают пастой, в состав которой входят шлифовальный порошок (карбид бора) и парафин. Резец, слегка прижимая к диску, двигают по направлению к оси диска. Доводка уничтожает мельчайшие неровности на гранях резца. Это увеличивает его стойкость.

Легкое притупление полезно. Но из этого вовсе не следует, что резец должен или может быть туп. Сильно затупившийся резец требует больше энергии для срезания металла. Увеличивается трение резца о деталь. Температура его быстро повышается. Чистота поверхности обработки ухудшается. Режущая кромка уже не годится для работы, ее надо перетачивать\*\*. Следить за тем, чтобы резец сильно не затуплялся,— первейшая обязанность токаря.

## КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЦОВ

Существует много разновидностей резцов. Резцы отличаются друг от друга по конструкции, по способам изготовления, по назначению.

Резцы бывают прямые, отогнутые и изогнутые. Правые и левые.

Если вы положите правую руку на резец, ладонью книзу, так, чтобы пальцы были направлены к вершине резца, и при этом окажется, что лезвие находится под большим пальцем,— то перед вами правый резец. Напротив, левым резцом будет такой, у кото-

---

\* Заметим, что при притуплении резца и выполнении фаски по методу Рыжкова несколько увеличивается усилие резания, а следовательно, и необходимая мощность станка.

\*\* Признаки затупления резца см. дальше, стр. 115.

рого лезвие оказывается со стороны большого пальца левой руки.

Правый резец снимает стружку при подаче справа налево, т. е. при движении супорта от задней бабки к передней. Левый резец режет в обратном направлении.

Очень малые резцы из быстрорежущей стали делаются цельными. Все остальные изготавливаются составными — пластинка из быстрорежущей, а стержень из углеродистой стали. Пластинка напаивается или наклеивается на стержень, а затем затачивается под нужные углы. Твердосплавные резцы бывают только составными. Наиболее распространены напайные твердосплавные резцы со стальными стержнями. Но при напайке нередко получаются трещины в пластинках.

В самое последнее время появились резцы с чугунными стержнями, у которых пластинки заделываются в стержень во время отливки.

Все большее распространение получают твердосплавные резцы с механическим закреплением пластинок.

Есть несколько способов: пластинка крепится к державке при помощи накладной планки или болта с отогнутой головкой, либо в державке делается паз, в котором и закрепляется пластинка. При этом накладная планка служит одновременно и стружколомателем, а для выдвижения режущей пластинки имеется винт, который упирается в ее торец.

Есть резцы, у которых пластинка помещена в гнезде державки под углом  $15^\circ$  к основанию резца. При таком расположении пластинка удерживается в гнезде силами резания.

Наши инженеры и рабочие-новаторы ищут способы экономить твердые сплавы, уменьшать время на смену затупившихся резцов. Так появились твердосплавные многолезвийные резцы со вставками-столбиками. У этих резцов режущей частью служит твердосплавный столбик с тремя, четырьмя и пятью гранями. Столбик закрепляется в стержне резца. Верхний торец столбика служит передней гранью резца. После затупления одной из режущих кромок столбик поворачивают. Начинает резать новая режущая кромка. Когда будут затуплены все стороны столбика, его перевертывают, и в работу вступают лезвия другого торца. Лишь тогда, когда будут затуплены все режущие кромки на обоих торцах, только тогда столбик отдают на переточку.

Сходно устроены резцы с многолезвийными вставками. Вставка оснащена пластинками твердого сплава и прикреплена к державке при помощи болта. После износа одного из лезвий вставку поворачивают вокруг оси болта.

По назначению резцы бывают проходные — для чернового и чистового обтачивания, — отрезные и подрезные, расточные, прорезные и галтельные, фасонные и резьбовые. Кроме резцов применяются на токарных станках — сверла, зенкеры и развертки, метчики, гребенки и плашки.

\* \* \*

А теперь еще несколько слов о значении инструмента. Хотя он мал и по сравнению со станком кажется незначительным, но от него зависит очень многое. Недаром говорят: **производительность находится на лезвии инструмента.**

Самые замечательные достижения в области резания металлов за последние 10 — 15 лет связаны с совершенствованием геометрии и материалов инструментов. И удивительнее всего то, что эти улучшения в геометрии вызваны появлением еле заметных для глаза граней на самом лезвии инструмента: упрочняющей фаски скоростников, режуще-зачищающей кромки силовиков, стружко-завивающей канавки или порошка для ломания стружки — на передней грани и т. д.

Эта новая «микрогеометрия» резца создана советскими токарями-новаторами **Быковым, Борткевичем, Колесовым, Рыжковым** и другими.

---

## ГЛАВА IV. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Прежде чем приступить к обработке, надо научиться устанавливать на станке детали. Правильно закрепленная деталь — залог успеха в работе. От установки детали зависит качество, точность обработки. Кроме того, на зажим и раскрепление детали затрачивается немало времени, а это влияет на производительность труда токаря.

Для установки деталей служит ряд простых приспособлений. Это — центры с поводковым патроном и хомутиком, конусные и ершовые втулки и грибки, четырехкулачковый и трехкулачковый патроны, люнет и планшайба. Есть и другие приспособления, о которых будет сказано впоследствии.

### УСТАНОВКА В ЦЕНТРАХ

Для обработки вала, устанавливаемого в центрах, предварительно в торцах вала должны быть засверлены центровые гнезда.

Центр имеет конус и хвостовик, сделанный также в виде удлиненного конуса. Хвостовиком центр закладывается в конические отверстия в шпинделях передней и задней бабки.

Обычно отверстие шпинделя передней бабки намного больше диаметра центра. Сделано это для того, чтобы пропускать через шпиндель прутковый материал, конец его, выходя из шпинделя, может обрабатываться на станке.

Делать передний центр с большим хвостовиком невыгодно. Вместо этого применяют переходные втулки. Наружный конус втулки делается точно по гнезду шпинделя передней бабки, а внутренний по хвостовику центра. Легким толчком закладывается в отверстие шпинделя сначала переходная втулка, а потом вкладывается в нее центр. Так же легко устанавливается центр (но уже без переходной втулки) в шпинделе задней бабки.

Чтобы удалить центр из шпинделя передней бабки, надо просунуть в шпиндель стальной пруток и осторожными ударами выколотить центр. От ударов конец хвостовика может расплющиться, и тогда он не выйдет из гнезда шпинделя. Чтобы этого не случилось, конец хвостовика сточен.

Еще проще вынуть задний центр. Для этого нужно, поворачивая маховичок задней бабки, отвести назад пиноль. Когда она

дойдет до конца, находящийся внутри винт вытолкнет из гнезда задний центр.

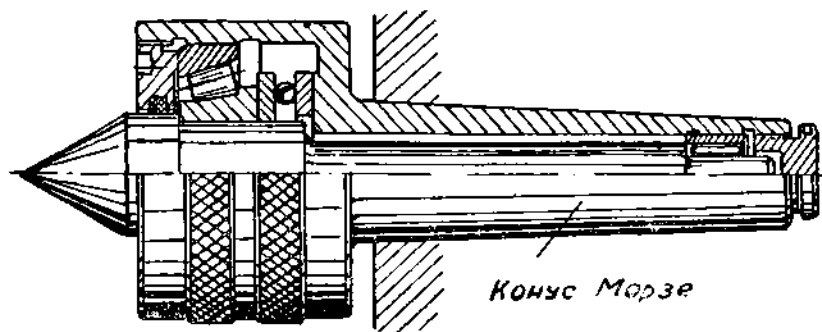
Иногда приходится подрезать конец деталей, но этому мешает центр задней бабки. Для того чтобы резец мог подойти к детали, применяют срезанный центр (см. на фиг. 68б).

Засверлить отверстия для центра на торцах очень тонких деталей не удается. Как же поступить?

Деталь и центр меняются ролями. Концы детали затачиваются на конус, а центры вместо конусов имеют углубления. Такие центры называют обратными.

Передний и задний центры выполняют разную работу. Передний центр служит опорой для детали. Он вращается вместе с ней и поэтому не нагревается. Другое дело — задний центр. Во время работы он неподвижен. Деталь вращается на нем — и часто с большой скоростью. От трения задний центр нагревается и может потерять твердость.

Обычно передние и задние центры делают из инструментальной стали. Но задние центры, даже после закалки, не имеют большой стойкости. В последнее время широко применяются вращающиеся задние центры, у которых центр вращается в шариковом и



Фиг. 36. Вращающийся задний центр

роликовом подшипниках (фиг. 36). Без них нельзя обойтись при скоростном резании. Подробнее об этом будет рассказано дальше.

Если вместо исправного центра поставить изношенный, то, запустив станок, мы увидим, что центр «бьет». Его очертания расплывчаты. Кажется, что конус слегка шатается из стороны в сторону. Это оттого, что ось конуса не совпадает с осью вращения шпинделя.

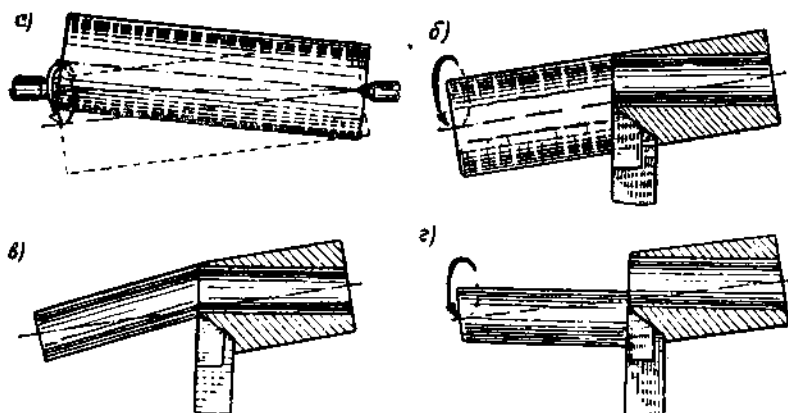
При обработке на станке, у которого центр бьет, получаются детали неправильной формы.

Посмотрим, что будет с деталью, если обтачивать ее с бьющим центром. Левый конец детали, прижатый к бьющему центру, начинает описывать конус (на фиг. 37а нижнее положение вращающейся детали показано пунктиром). Резец снимает слой металла

(заштрихованный косыми линиями — фиг. 37б). Дойдя до середины детали, останавливаем станок и переворачиваем деталь, чтобы обточить вторую половину. При обточке резец снимет — заштрихованный на рисунке — слой металла (фиг. 37в). В результате получится как бы ступенчатая деталь, состоящая из двух смещенных один относительно другого цилиндров (фиг. 37 в и г). На рисунке для ясности это показано в увеличенном виде.

Такой брак очень част у молодых токарей, не обращающих внимания на биение центра.

Биение центра может происходить от разработки гнезда шпинделя или от неправильности конусов переходной втулки и хвостовика центра. Поэтому, в первую очередь, надо сменить или дать шлифовать переходную втулку и центр. Если же причина



Фиг. 37. Обтачивание с неисправным центром:

а — положение детали при обработке; б — обточка первой половины вала; в — обточка второй половины вала; г — то же при установке детали с поворотом на  $180^\circ$

кроется в шпинделе, надо произвести ремонт станка и шлифовать отверстие шпинделя.

Вставляя центр в шпиндель, надо предварительно тщательно протереть гнездо шпинделя и самые центры. Мелкая стружка, попадая в отверстие шпинделя, с течением времени портит гнездо, и установка центра получается неправильной.

При работе в центрах нарезка шпинделя не используется. Поэтому опытный токарь, стараясь предохранить нарезку от забоин, делает специальную втулку с внутренней резьбой, которая — на время работы в центрах — навинчивается на шпиндель.

На больших машиностроительных заводах токарь получает заготовку, уже зацентрированную на специальном станке. В остальных случаях ему приходится самому производить центровку детали.

Цилиндрическая часть центрального углубления высверливается обычным сверлом, после этого часть отверстия надо расширить на конус. Правильнее всего применить для этого зенковку или лопаточное сверло с углом в  $60^\circ$ . Можно применить и специально заточенный резец. Существуют комбинированные центровые сверла, которые работают, как сверло и как зенкер одновременно. Таким сверлом получают сразу центровое углубление с цилиндрической частью и конусом.

Бывает, что токари применяют недопустимый прием: засверливают отверстие, расколачивают его ударом керны или конической оправки. Отверстие получается неточное, с заусеницами, которые портят центры. Никогда не прибегайте к этому дедовскому способу. Еще хуже, когда только засверливают углубление и не делают конусного расширения. В этом случае центры изнашиваются еще сильнее.

Чаще всего центровку делают на токарном станке, пользуясь трехкулачковым патроном. Токарь пропускает через шпиндель станка пруток металла, который зажимает в патроне. Трехкулачковый патрон обладает свойством «самоцентрирования». Сближаясь, кулачки патрона зажимают пруток, устанавливая его точно по оси шпинделя. Затем закрепляют в задней бабке сверло, вставленное в сверлильный патрон. Станок запускают на большое число оборотов. Вращая маховичок задней бабки, подают сверло вперед и высверливают центровое углубление. Вслед затем меняют сверло на зенкер или лопаточное сверло и раззенковывают отверстия на конус. Зацентровав один конец детали, ее перевертывают и центруют другой торец.

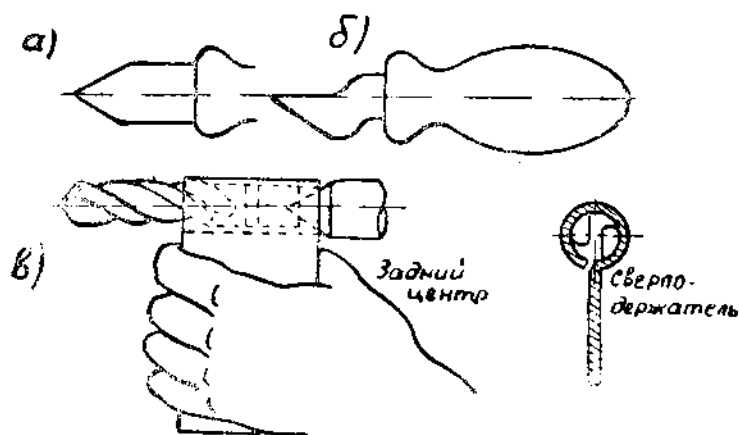
Если кусок металла не проходит через шпиндель или отсутствует самоцентрирующий патрон, то заготовку можно центровать, зажимая и выверяя ее в обыкновенном патроне.

Токари-новаторы применяют свои передовые приемы зацентровки деталей. Один из лучших токарей Урала Л. Мехонцев рассказывает:

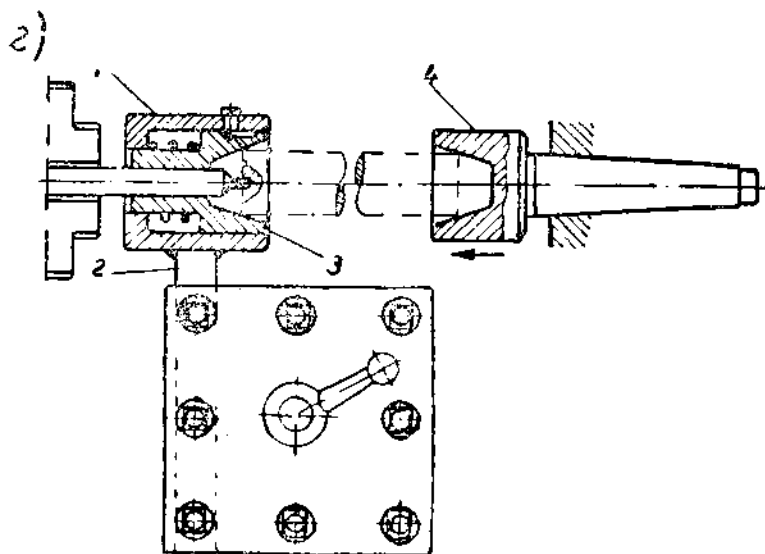
— Если вал не очень крупный, диаметр не свыше 120—150 мм, и не длинный (длина не больше десяти диаметров), то делается все очень просто. Закрепив вал одним концом в трехкулачковом самоцентрирующем патроне и пустив станок, нахожу на глаз на торце вала его центр. Это не так трудно, как может показаться — найти на торце вращающейся детали неподвижную точку. Но глаз все же надо иметь острый.

Для нанесения центра у меня есть особый инструмент, своего рода лопаточное сверло, насаженное на деревянную рукоятку (фиг. 38 а, б). После того, как им сделано вручную небольшое углубление, подвожу короткое сверло. Сверло закреплено в держателе, рукоятка которого находится в левой руке. Сзади сверло поджимается задним центром (фиг. 38 в). Затем сверло меняется на зенковку и отверстие расширяется на конус. Теперь центровое углубление готово.

Способ Л. Мехонцева сокращает в несколько раз время, затрачиваемое на зацентровку, но требует от токаря сноровки и навыка.



Фиг. 38 а, б, в. Зацентровка по способу Л. Мехонцева



Фиг. 38 г. Приспособление для зацентровки

Простое приспособление для зацентровки заготовок придумали токари-ремесленники гг. Клычков и Щеглов (фиг. 38 г). Оно состоит из стального стакана, в котором находятся пружина и втулка с коническим гнездом в сквозном отверстии. К стакану приварен квадратный стержень, его закрепляют в резцедержателе. В



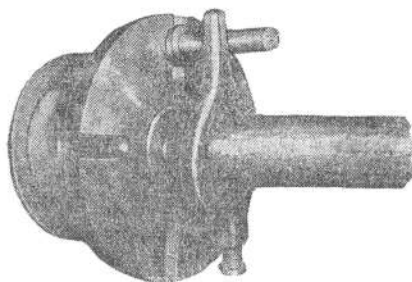
заднюю бабку вставляется хвостовик второй втулки с коническим гнездом. В кулачках самоцентрирующего патрона закрепляется центровочное сверло с удлиненным стержнем. Его пропускают через отверстие в стакане и втулке. Оба конца заготовки помещают в конических гнездах втулок. Вращая маховичок задней бабки, подают заготовку на сверло. Заготовка отодвигает центрирующую ее втулку, и ее торец встречается с вращающимся внутри втулки сверлом. Комбинированное центровое сверло зацентрирует заготовку. Таким же способом поступают и со вторым торцом заготовки.

**Это приспособление не только экономит время, но и дает очень точную зацентровку.**

### ХОМУТИК И ПОВОДКОВАЯ ПЛАНШАЙБА

Для того, чтобы деталь, поставленная на центры, вращалась вместе со шпинделем станка, служат хомутик и поводковая планшайба (фиг. 39).

Обычно хомутик закрепляется на детали болтом. Конец хомутика, находящийся напротив болта, во время работы упирается в поводок планшайбы. Поводок заставляет хомутик, а с ним и деталь вращаться вместе с планшайбой, навинченной на шпиндель.



Фиг. 39. Хомутик и поводковая планшайба  
(На рис. видна часть вала)

А теперь посмотрим — как ставится деталь на центры.

Берем зацентрированную заготовку и на один конец ее надеваем хомутик. Если деталь уже частично обработана, то, чтобы не испортить обточенной поверхности, надо подложить под прижимной болт хомутика кусочек меди. Затем заполняем смазкой центровое отверстие под задний центр. Ставим деталь на передний центр и начинаем подводить заднюю бабку со вставленным центром. Деталь надо зажать ни туго и ни слабо. В первом случае — вся смазка будет выдавлена и центр быстро сплавится. Во втором случае — при слабо зажатом центре — деталь во время работы будет дрожать.

### РАБОТА БЕЗ ХОМУТИКА

Долгое время думали, что хомутик необходим для обработки деталей. «Вещь небольшая, — говорили старые токари, — а без нее не обойдешься...»

Хомутик отнимает много времени на его установку и на завинчивание болта. А потом, чтобы обточить тот конец детали, где находился хомутик, надо деталь перевертывать, закреплять хомутик с другой стороны и снова устанавливать деталь на центры. Для чистового обтачивания — новая перестановка, да добавьте к этому время на установку поводковой планшайбы и переднего центра. Вот и набегают не мало минут.

Большие неприятности, а нередко и прямую опасность представляет хомутик с точки зрения техники безопасности.

Токари-новаторы нашли способы вести обработку без винтовых хомутиков. Способы эти настолько просты и удобны, что можно лишь удивляться, как смог продержаться хомутик в течение стольких лет. Взгляните, например, на старинный рисунок, помещенный в начале книги (фиг. 1е). Он изображает токарную обработку примерно 150—200 лет назад. Вы увидите и здесь «незаменимый» хомутик.

— А между тем **работа без хомутика вполне возможна**, — говорит токарь Л. Я. Мехонцев. — Я работаю без него уже более 15 лет. В моем инструментальном шкафчике вы не найдете хомутика. Больше того, пожалуй, не найдете его и во всем нашем цехе. Моему примеру последовали товарищи по работе. Как же мы избавились от хомутика?

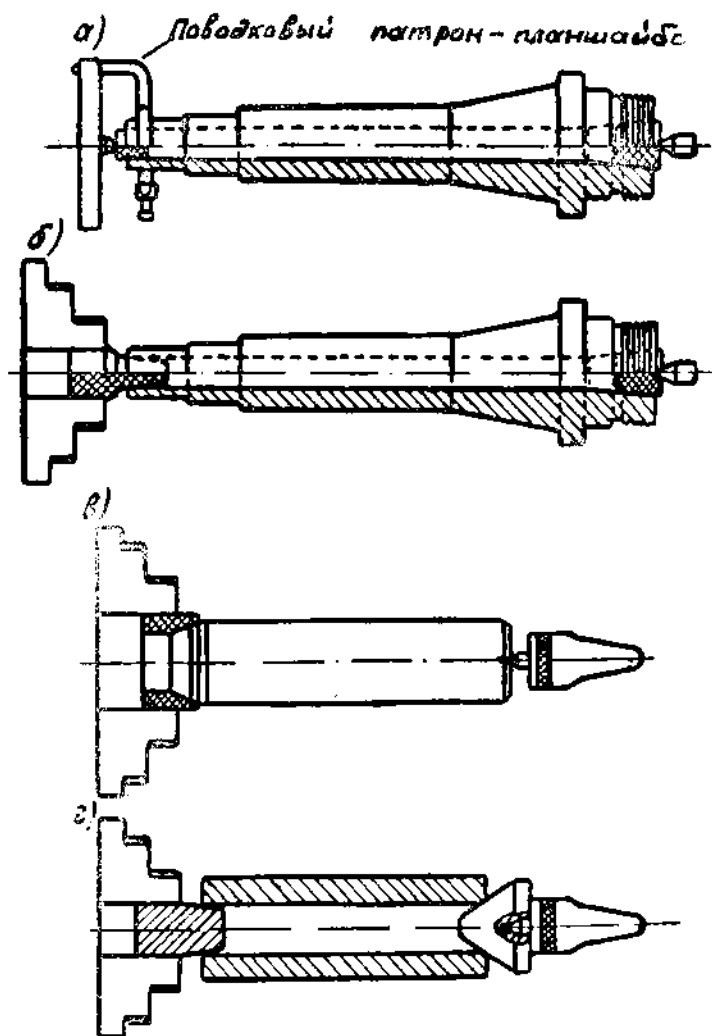
Рассказ квалифицированного токаря интересен показом путей производственного творчества. Не легко отойти от привычных приемов работы. Не сразу нашел Леонид Яковлевич способ избавиться от хомутика.

— Это было еще в 1934 году, — рассказывает он. — Мне, как токарю, работающему в ремонтно-механическом цехе, часто приходится протачивать шпиндели различных станков. Чтобы поставить шпиндель на свой станок, надо было забить заглушки в отверстия с обоих концов шпинделя, зацентровать в них центровые углубления. После этого шпиндель ставился на центры. Не обходилось дело, конечно, и без хомутика с болтом (фиг. 40а).

Однажды мне пришла мысль заглушить отверстие в шпинделе куском болванки и вместо зацентровки закрепить болванку в трехкулачковом патроне (фиг. 40б). У болванки я проточил небольшой поясок на конус, подогнав его под внутренний конус отверстия в шпинделе. Вся нехитрая настройка видна на фиг. 40б. Благодаря плотному прилеганию обоих конусов болванка при вращении ее в патроне увлекает за собой шпиндель без всякого хомутика.

Это было началом. Через некоторое время, видя как хорошо обтачиваются шпиндели без хомутика, у токаря появилась новая мысль: «А что, если оба конуса поменять местами? У болванки сделать внутренний конус, а у детали проточить поясок с наружным конусом. Ведь тогда можно будет обтачивать без хомутика не только полые, как шпиндель, но и сплошные детали, такие, как валы...»

Общий вид настройки виден на фиг. 40 в. Вал поджат вращающимся задним центром. Это очень важно. С неподвижным задним центром не получишь нужного осевого давления, и вал будет провертываться во время резания. Поджимая деталь вращающимся



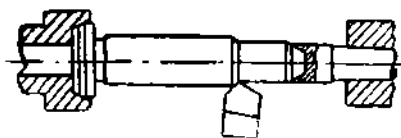
Фиг. 40 а, б, в, г. Работа без хомутика

задним центром, можно срезать большую и широкую обдирочную стружку, не боясь провертывания вала. У валов обычно делаются на концах фаски (наружный конус) под  $45^\circ$ . Поэтому проточенный узкий конусный пояс не противоречит чертежу.

Кроме фаски, на концах заготовки делается также более широкий (10—12 мм) цилиндрический пояс, чтобы неровности на поверхности заготовки не помешали ее плотному прилеганию (фиг. 40в). Для болванки, зажимаемой в патроне, можно взять любой обрезок (конец втулки и т. п.). Закрепив его в патроне, растачивают внутренний конус. Вся настройка занимает очень мало времени.

Подобным же образом можно закрепить и втулку, устанавливая ее на двух конусных грибках (фиг. 40г).

Способ Мехонцева хорош в единичном производстве, когда токарь выполняет самые разнообразные работы. В зависимости от диаметра заготовки растачивают большее или меньшее гнездо у куска болванки, зажатой в патроне и служащей поводком для заготовки.



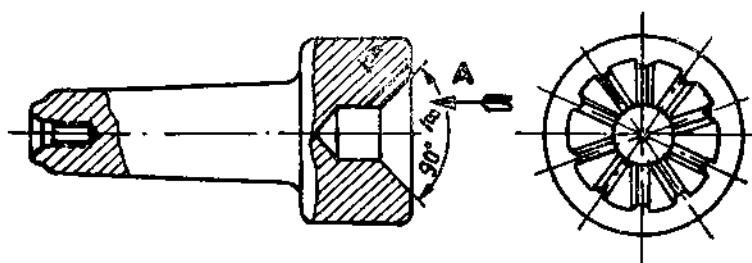
Фиг. 41 а. Скоростное точение в двух чашечных центрах

В серийном производстве за станком закрепляют обработку нескольких деталей. Токарь известен, какие работы он будет выполнять в течение месяца. В этом случае удобнее заранее подготовить поводки, а не растачивать их по месту. Такие конусные втулки и чашечные поводковые центры стали широко применяться за последние 2—3 года. На Челябинском заводе им. Коллющенко используется чашечный центр. Рабочие прозвали его «чудо-центр». Многих удивляло, как такое простое устройство может заменить привычные хомутики с поводковыми планшайбами. Выражали сомнение, достаточно ли будет силы трения между гладкими стенками усеченного конуса с углом при вершине, равным  $2^\circ$ , и заготовкой вала. Однако, как показала практика, такой уклон внутреннего конуса вполне обеспечивает заклинивание заготовки, достаточное для передачи ей вращения.

Чашечный центр устанавливается в шпинделе. Для разных деталей необходимо иметь набор центров с различными диаметрами конусной выточки. На фиг. 41а показано скоростное точение детали в двух чашечных центрах. В тех случаях, когда приходится снимать большую стружку при высоких скоростях резания, у внутреннего конуса делают рифленую поверхность. На фиг. 41б изображен поводковый центр с внутренним ершом, а на фиг. 41в — обточка при помощи сходного поводка болта с высадной головкой. Раньше головка зажималась в трехкулачковом патроне. Замена патрона чашечным центром повысила производительность труда на 250%.

Лауреат Сталинской премии токарь В. К. Семинский предложил применять ершовые оправки для крепления пустотелых валов и втулок (фиг. 41г). Конусная ершовая оправка вставляется в шпиндель станка, на нее надевается один конец втулки, другой

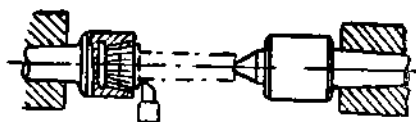
Вид по стрелке А



Сечение по ВВ

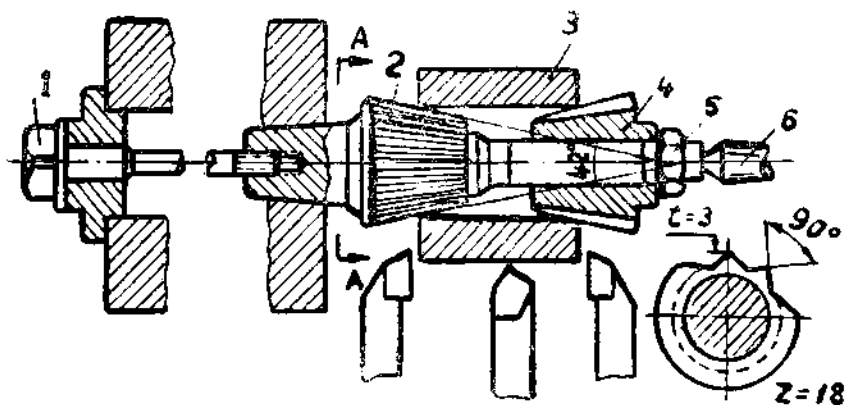


Фиг. 41 б. Чашечный центр завода им. Колющенко (с внутренним ершом)



Фиг. 41 в. Чашечный поводковый центр с внутренним ершом и обточка в нем болта с высадной головкой

конец поддерживается вращающимся задним центром с грибовкой головкой. Прежде на установку в четырехкулачковом патроне и выверку заготовки диаметром в 200 мм и шириной 180 мм затрачивалось 8—10 минут. Теперь на это уходит лишь 20—30 секунд.



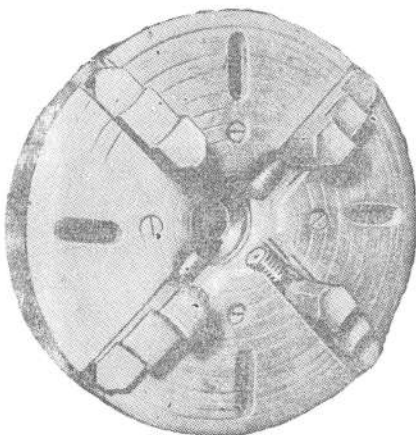
Сеч. по А-А

Фиг. 41 г. Ершовые поводки В. Семинского

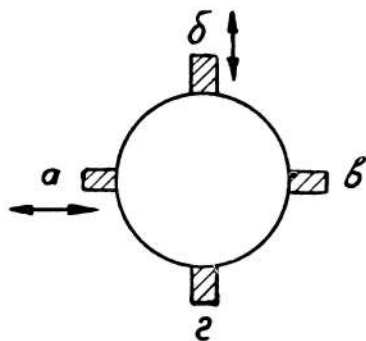
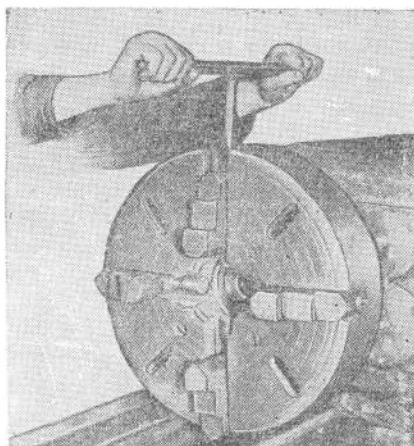
## УСТАНОВКА В ПАТРОНАХ

Четырехкулачковый патрон (фиг. 42) применяется для закрепления сравнительно крупных деталей небольшой длины. Можно в нем установить и массивную, длинную деталь, но тогда для ее поддержки подводят центр задней бабки. Патрон служит для закрепления деталей разного сечения и формы. Основная его часть — диск с отверстием в середине. Спереди в диске четыре паза, в эти пазы входят своими хвостовиками кулачки. С ними связаны болты с квадратными головками. Поворачивая ключом болт, заставляют кулачок подниматься или опускаться. Каждый кулачок перемещается независимо от остальных. Это позволяет деталь закреплять как угодно — точно по центру или с любым смещением в сторону.

Установка детали в четырехкулачковом патроне требует пе-



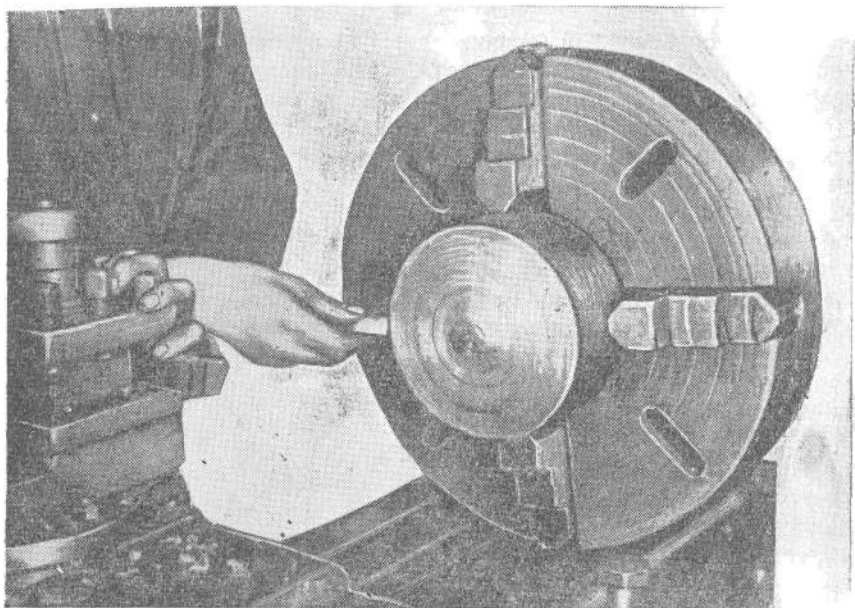
Фиг. 42. Четырехкулачковый патрон



Фиг. 43 а. Установка в четырехкулачковом патроне: развод кулачков

редвижки кулачков, пока деталь, зажимаемая ими, не станет в нужное положение. У новичка это занимает немало времени, но и опытный токарь затрачивает несколько минут.

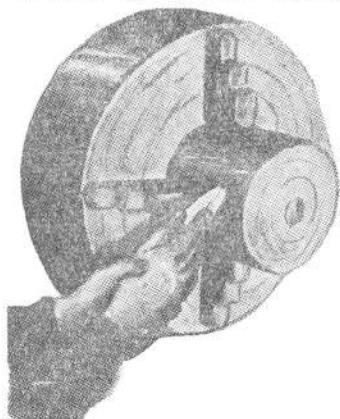
Допустим, заготовка имеет диаметр 80 мм и должна быть установлена строго по центру. Разводим кулачки патрона примерно на размер 81—82 мм так, чтобы каждый из них на глаз был одинаково удален от обода патрона. Два соседних кулачка



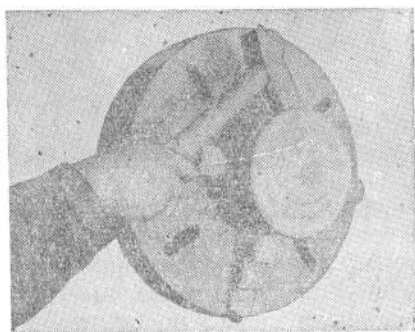
Фиг. 43 б. Проверка с помощью мела (правильное положение рук)

«а» и «б» отводим немного дальше от центра (фиг. 43а). Вкладываем заготовку и прижимаем ее кулачками «а» и «б». Не следует при выверке детали сильно затягивать кулачки. Они должны быть слегка ослаблены.

Пускаем станок. Обычно заготовка оказывается не в центре вращения и начинает «бить». Проверим, в какую сторону она смещена. Самый простой, но и наиболее грубый способ — проверка мелом. Кусок мела берем двумя пальцами правой руки. Опираясь



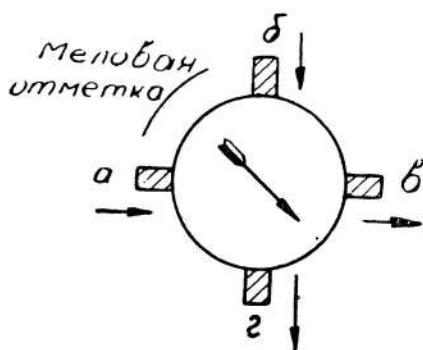
Фиг. 43 в. Опасно! (неправильное положение рук)



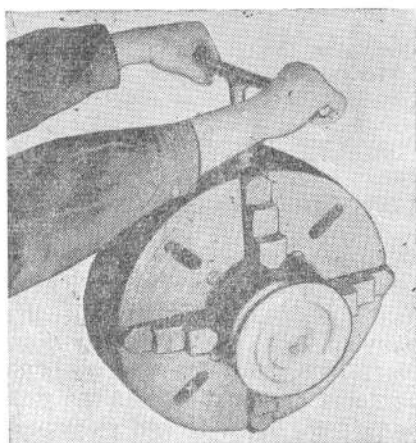
Фиг. 43 г. Удар молотком по замеченной стороне

левую руку на резцедержатель, кладем на нее правую руку и осторожно подводим мел к вращающейся заготовке (фиг. 43б). Нельзя держать руки так, как изображено на нижнем рисунке (фиг. 43в): вращающаяся заготовка может подхватить руку и повредить ее.

Мел подведен. Его задела сторона заготовки, более удаленная от центра. На ней появилась меловая полоска. Значит заготовку надо сдвинуть в обратном направлении. Останавливаем станок и ударяем молотком по замеленной стороне (фиг. 43г). Поджав кулачки, снова пускаем станок и наносим вторую риску мелом. Риска расположилась между кулачками «а» и «б» (фиг. 43д). Следовательно, нужно ослабить противоположные ку-



Фиг. 43 д. Положение меловой отметки

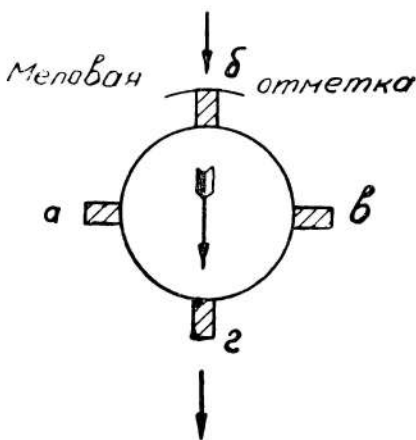


Фиг. 43 е. Поджатие кулачков

лачки «в» и «г» и поджать кулачки «а» и «б». (фиг. 43 е).

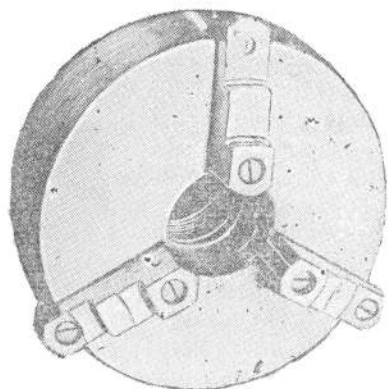
Сделав это, снова пустим станок. Третья риска появилась против кулачка «б». Значит надо еще немного ослабить противоположный кулачок «г» и поджать кулачок «б». Если после новой пробы меловая черта обошла кругом заготовки, значит, заготовка установлена правильно. Деталь выверена. Дожимаем окончательно все четыре кулачка (фиг. 43ж).

При закреплении предварительно обточенных деталей проверку производят с помощью рейсмуса. Это—длинная метал-



Фиг. 43 ж. Новое положение меловой отметки



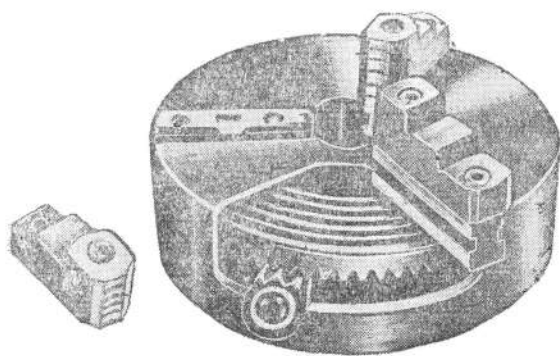


Фиг. 44 а. Общий вид трехкулачкового самоцентрирующего патрона

лическая игла, закрепленная на стойке. Рейсмус ставят на суппорт станка или на станину, не доводя иглу до детали на несколько десятых долей миллиметра. Между иглой и деталью образуется просвет. Запустив станок на небольшое число оборотов, наблюдают на свет, как изменяется расстояние между деталью и иглой. Еще удобнее смотреть, поставив сзади иглы белую бумагу. Наиболее точно проверка производится при помощи индикатора. Об этом будет рассказано в дальнейшем.

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон применяют для закрепления большинства деталей круглого сечения. В корпусе патрона имеются 3 паза, в них ходят кулачки (фиг. 44а).

Заглянем внутрь корпуса. Для этого на рисунке сделан условно вырез в корпусе (фиг. 44б). Внутри патрона помещается большая коническая шестерня. С ней находятся в зацеплении три малые конические шестерни (фиг. 44в). Вращая торцовым ключом одну из них, мы заставим поворачиваться большую коническую шестерню. На обратной стороне большой шестерни нарезана спиральная канавка. Такая же резьба сделана на основаниях кулачков (фиг. 44г). Когда большая коническая шестерня поворачивается, она, действуя резьбой спирали, заставляет кулачки перемещаться в сторону центра или в обратном направлении. Кулачки будут двигаться с равной скоростью, находясь на одинаковом



Фиг. 44 б. Устройство трехкулачкового самоцентрирующего патрона

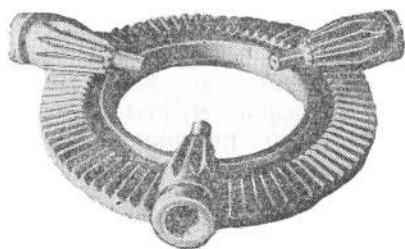
расстоянии от центра патрона. Под их нажимом заготовка установится в самом центре патрона. Никакой выверки правильности закрепления детали не требуется.

Прежде чем наворачивать патрон на шпиндель станка, тщательно прочистите резьбу шпинделя и патрона согнутой медной проволокой и

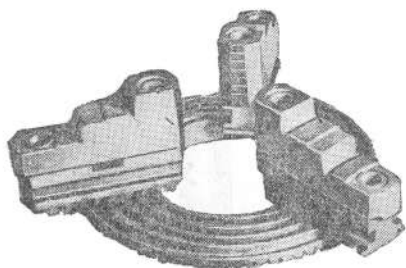
тряпкой, смоченной в керосине. После этого шпиндель нужно слегка смазать чистым машинным маслом.

Надевается патрон от руки. Перед тем как завернуть его до отказа, дайте ему более резкий поворот.

Для навинчивания патрона на шпиндель можно применить и такой способ. Под патрон кладется на станину деревянный брусок. Он должен быть такой высоты, чтобы отверстие в патроне приходилось против шпинделя. Поставьте патрон на брусок. Подводите его к шпинделю так, чтобы начальная нитка резьбы шпинделя вошла в отверстие. Теперь вращайте шпиндель. Патрон навинтит-



Фиг. 44 в. Большая и малые конические шестерни



Фиг. 44 г. Обратная сторона большой конической шестерни—спираль и сцепленные с ней кулачки

ся. Этот способ следует применять при работе на большом станке с тяжелым патроном.

Для свертывания патрона станок запускают на обратный ход на малом числе оборотов. Затем под один из кулачков, выдвинутых к ободу патрона, подставляют деревянную дощечку, которую упирают в станину. В результате легких ударов кулачка о дощечку патрон свинчивается со шпинделя.

### ПОДДЕРЖКА ЗАДНИМ ЦЕНТРОМ

Длинная деталь, установленная в патроне, будет во время обработки дрожать и изгибаться под давлением резца, если не закрепить свешивающийся конец детали центром задней бабки.

Если деталь закреплена в четырехкулачковом патроне, выверку надо производить у обоих концов. При закреплении в самоцентрирующем патроне достаточно выверить положение свободного конца детали. После этого производят зацентровку и подводят задний центр.

### УСТАНОВКА В ЛЮНЕТЕ

Люнет — это подставка с отверстием, в которое пропускается деталь. Люнетом пользуются для поддержки длинных деталей, которые могут прогнуться во время работы под давлением резца.

Неподвижный люнет имеет стойку с отверстием и три кулачка для закрепления детали. Люнет устанавливается на направляющих станины и крепится снизу планкой с болтом (фиг. 45).

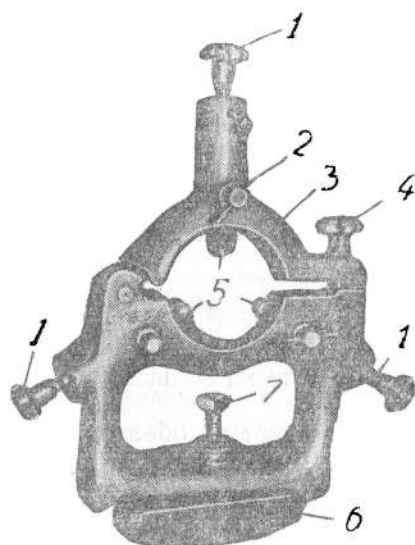
Предварительно, до установки люнета, у детали должны быть проточены одна или несколько шеек. Шейки протачиваются в тех местах, где деталь будут поддерживать кулачки люнета. Обычно шейка делается в середине детали. У очень длинных или тонких деталей может быть проточено несколько шеек. Для проточки шеек станок запускают на медленный ход и, подведя резец, снимают небольшой слой металла (1—2 мм).

Если деталь надо изготовить из негладкого материала, вместо обточки шеек применяют промежуточные муфты. Муфта — кусок трубы, обточенный снаружи. Ее одевают на деталь и закрепляют на ней с помощью 8 болтов, по 4 на каждом конце муфты. Положение муфты должно быть строго центрировано по отношению к линии центров станка. Для этого, предварительно закрепив муфту болтами, проверяют ее положение по наружной поверхности рейсмусом. После выверки окончательно затягивают все болты муфты.

Люнет устанавливают после проточки шеек или закрепления муфты. Сначала осторожно подводят один из нижних кулачков люнета. Кулачок выдвигают до тех пор, пока на поверхности шейки или муфты не появится масляный след, свидетельствующий о том, что кулачок соприкасается с деталью. После этого подводят второй нижний кулачок и лишь потом верхний. Кулачки закрепляются в окончательном положении при помощи болтов.

Установка люнета осложняется, если нужно получить точные размеры детали с начисто обработанной поверхностью. В этом случае установку люнета производят при помощи оправки — небольшого валика с диаметром, равным диаметру детали.

Валик закрепляют в патроне, выверяя его рейсмусом. После этого придвигают люнет к передней бабке и устанавливают его кулачки по свободному концу валика. После выдвигения и закрепления кулачков люнет передвигают вдоль станины до того места, где он будет окончательно установлен. Затем валик вынимают из патрона и деталь ставят на станок.



Фиг. 45. Люнет

Подвижной люнет имеет открытую с одной стороны стойку, изогнутую в виде вопросительного знака. Для удерживания деталей служат два кулачка, один—в верхней части люнета, другой—сбоку. Кулачки закрепляются при помощи винтов.

Подвижной люнет крепится на продольных салазках супорта. Он устанавливается немного правее резца и движется вслед за ним по обработанной поверхности детали.

Неподвижный люнет находится сначала впереди резца. Когда резец подойдет к нему, нужно или перевернуть деталь или переставить люнет, установив его позади резца на обработанной части детали. Наоборот, подвижной люнет, двигаясь вслед за резцом, никогда не встанет «поперек дороги». В этом его преимущество. Но зато он не может обеспечить такой сильной поддержки, как неподвижный люнет.

### УСТАНОВКА НА ПЛАНШАЙБЕ

Планшайба — большой металлический диск, в котором сделаны сквозные, продолговатые отверстия. Они расположены по радиусам, т. е. от центра к краям круга. В центре диска — отверстие с резьбой для навинчивания на шпиндель станка. С помощью планшайбы на станке устанавливаются детали самой разнообразной формы и размеров.

Для закрепления детали через прорези планшайбы пропускают болты. Деталь схватывают планками, их прижимают болтами. Деталь можно установить в середине планшайбы или со смещением от центра. Для уравнивания на другой половине планшайбы надо поместить противовес. Для этого берут какой-либо груз, который по весу подходил бы к весу детали. Тогда вращение планшайбы будет спокойное и плавное.

На планшайбе можно обрабатывать детали, у которых одна сторона находится под определенным углом к другой стороне. Для закрепления деталей применяют угольники. На угольнике можно закрепить и изогнутую трубу-колесо, у которой надо обработать оба отверстия. Сначала обрабатывают одно из них, а затем другое. Благодаря тому, что угольник имеет угол, равный  $90^\circ$ , оба отверстия обрабатываются точно под прямым углом одно к другому (см. стр. 280).

Удобно устанавливать деталь и противовес, положив планшайбу горизонтально на верстаке. После того, как все размещено, слегка затягивают болты и переносят планшайбу на станок. Здесь окончательно выверяют установку и туго зажимают деталь болтами и гайками. А затем проворачивают планшайбу вручную, чтобы убедиться, что болты и прихватка не задевают ни переднюю бабку, ни супорт, ни станину станка.

Вы ознакомились со станком, металлами, инструментом и приспособлениями. Это все то, что нужно для работы.

Но металлу, закрепленному в приспособлении на шпинделе станка, и инструменту надо дать движение.

От скоростей движения зависит производительность и успешность работы. Значит, надо уметь выбирать скорости.

---

## ГЛАВА V. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

Деталь вращается на станке. Черкнем на ней мелком и будем следить за отмеченным местом. Вот оно движется — движется с какой-то скоростью. Эта скорость движения по кругу называется окружной скоростью. Ее можно измерить — в метрах пути, пройденного в минуту.

Дадим станку большее число оборотов. Во столько же раз увеличится и скорость. Быстрее замелькает меловая отметка.

Допустим, что на двух станках с одинаковым числом оборотов вращаются большое и малое колеса. Сразу видно, что скорость движения точки на ободке крупного колеса больше, чем у малого колеса.

Значит, скорость зависит и от диаметра круга.

### СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ

Когда деталь вращается вместе со шпинделем, лезвие резца перемещается относительно обрабатываемой поверхности с определенной скоростью. Это движение резца складывается из двух движений: во-первых, благодаря вращению детали лезвие резца как бы описывает вокруг нее круг, во-вторых, вследствие подачи резца суппортом, он продвигается сам вдоль детали. В результате лезвие резца как бы движется по винтовой линии.

Путь, который режущая кромка резца пройдет в минуту, обрабатывая деталь, называется скоростью резания металла.

То расстояние, которое резец проходит благодаря подаче вдоль изделия, очень мало. Им можно пренебречь. Остается путь, зависящий от скорости вращения детали. Следовательно, можно считать, что скорость резания — это окружная скорость детали. Ее можно определить простым расчетом.

Представьте себе, что деталь делает один оборот в минуту. Тогда путь, который пройдет резец, будет равен длине окружности детали. Если деталь имеет диаметр 200 мм, то путь, пройденный резцом, т. е. окружность детали, составит 200 умноженное на постоянное число 3,14 ( $\pi$ ) или  $3,14 \times 200 = 628$  мм.

Допустим, деталь делает не один, а значительно больше оборотов в минуту. Следовательно, и путь резца будет во столько же раз больше. Пусть в нашем примере станок делает 120 оборотов.

в минуту, тогда путь, пройденный лезвием резца, будет  $628 \times 120 = 75\,360$  мм, или в метрах  $75\,360 : 1000 = 75,36$  метра в минуту.

Это и есть скорость резания.

Следовательно, чтобы определить скорость резания, надо диаметр обрабатываемой детали умножить на 3,14, а затем полученное число умножить на число оборотов. Если диаметр изделия был взят в миллиметрах, то полученный результат надо разделить на 1000\*.

Но чаще токарю приходится решать обратную задачу. Намеив скорость резания, он должен определить число оборотов станка, которое даст эту скорость.

Чтобы вычислить число оборотов, надо скорость резания перевести в миллиметры (т. е. умножить на 1000), а затем разделить на 3,14; дальше разделить на диаметр изделия (в миллиметрах), полученное число и покажет число оборотов\*\*.

### ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ И ПОДАЧА

Обтачивая деталь на станке, можно снять за один проход резца больший или меньший слой металла. Расстояние между поверхностями до прохода резца и после него называется глубиной резания. Глубина резания обозначается буквой  $t$  (тэ) и измеряется в миллиметрах.

Допустим, что диаметр детали до обточки был 150 мм, а после прохода резца стал 140 мм, значит, диаметр уменьшился на 10 мм, а на сторону на 5 мм. Выходит, что для обточки резцу надо было углубиться на 5 мм. Это и будет глубина резания.

Можно сказать и так: глубина резания при наружном точении равняется половине разности диаметров детали до и после обработки.

У нас принято обработку разделять на: грубую, черновую, получистовую и чистовую. Различаются между собой они глубиной резания и чистотой обрабатываемой поверхности детали.

Грубая и черновая обработки оставляют на поверхности детали неровности-гребешки, высота которых может достигать до 200 микрон; это соответствует 1—3 классам чистоты (изображаются на чертеже  $\Delta 1$ ;  $\Delta 2$ ;  $\Delta 3$ ). Полуцистовая обработка на токарном станке обеспечивает обычно 4—5 классы ( $\Delta \Delta 4$ ;  $\Delta \Delta 5$ ; высота гребешков не свыше 40 микрон), а чистовая — 6-й и

\* В общем виде:  $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ , где  $V$  — скорость резания в метрах в минуту;  $\pi$  — постоянное число (3,14);  $D$  — диаметр окружности;  $n$  — число оборотов.

\*\* Формула для определения числа оборотов выглядит так:

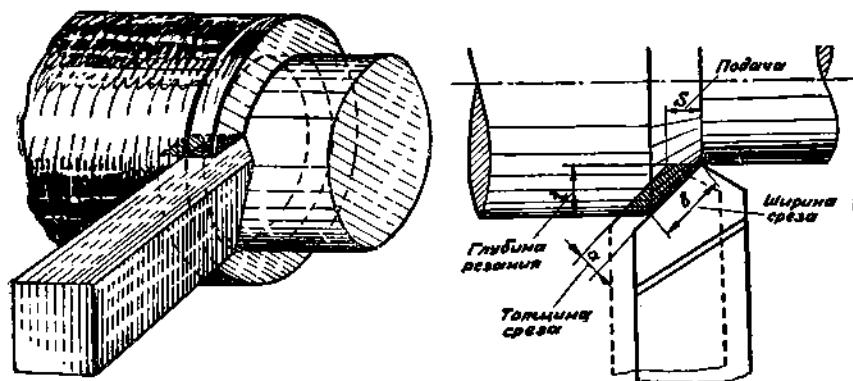
$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \text{ обозначения те же.}$$

7-й классы чистоты по ГОСТу (6-й —  $\Delta\Delta\Delta 6$ , неровности не свыше 10 микрон; 7-й —  $\Delta\Delta\Delta 7$ , не свыше 6,3 микрон).

При грубой и черновой обработке весь припуск стараются срезать за один проход резца. Понятно, что в этом случае глубина резания будет равна припуску.

Грубую и черновую обработку (при глубине резания больше 4 мм) выгодно вести твердосплавными резцами — самым производительным инструментом. Но при меняющейся глубине резания, при неравномерном припуске, когда деталь сложная, имеет фасонную форму, а обработка производится нередко с ударной нагрузкой, — целесообразнее все же применять резцы с пластинками из быстрорежущей стали. Ведь быстрорез, как мы видели, более вынослив и стоек при ударах и переменной нагрузке. Быстрорежущие резцы выгодно использовать и при очень больших сечениях стружек.

При полустойковой обработке глубина резания бывает от 2 до 5 (и больше) миллиметров. Работая быстрорежущими резцами, приходится припуск снимать за 2 прохода: первый — черновой и второй — чистовой. Чистовой проход нужен, чтобы получить



Фиг. 46. Площадь сечения стружки

большую точность размеров. Нужен он и для того, чтобы удалить шероховатости, остающиеся после чернового прохода.

Но работая резцом Василия Колесова (см. стр. 66—67), можно снять весь припуск за один проход, не оставляя гребешков. Помогают этому и большие скорости резания, применяя которые получают детали с очень чистой поверхностью.

Стало быть, при работе твердосплавным инструментом надо стремиться к тому, чтобы обработать деталь за один проход. Это облегчается тем, что прокатчикам можно заказать металл любого

\* ГОСТ — государственный стандарт, устанавливающий обязательные требования к качеству продукции. ГОСТ — технический закон производства.



диаметра, а кузнецы и литейщики, используя современную технику, дают заготовки с малыми припусками.

Расстояние, на которое передвигается резец за один оборот изделия, называется подачей. При продольной подаче резец перемещается вдоль линии центров станка, при поперечной — перпендикулярно к ним. Подача измеряется в миллиметрах на 1 оборот обрабатываемого предмета и обозначается буквой *S* (эс).

Продвигаясь, резец снимает слой металла в виде тонкого пояска (фиг. 46). На рисунке поперечный разрез пояска изображен штриховкой. Площадь поперечного разреза называют сечением стружки. Из рисунка видно, что площадь сечения стружки равна произведению подачи на глубину резания. Если, например, подача составляет 0,8 мм, а глубина резания 5 мм, то сечение стружки будет  $0,8 \times 5 = 4$  квадратных миллиметра.

### ОБЪЕМ СТРУЖКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СТАНКА

Если мы умножим сечение стружки на скорость резания в м/мин, то определим объем стружки, снимаемой в минуту. В самом деле, скорость резания — это путь, который проходит резец в минуту. Другими словами, это длина пояска металла, который срезается с детали за минуту. Ширина и толщина этого пояска определяют сечение стружки. Понятно, что, перемножив сечение стружки на ее длину, мы узнаем объем слоя металла, снятого за определенное время.

Итак, объем стружки, срезанной за минуту = подаче  $\times$  глубину  $\times$  скорость резания. Допустим, что, имея то же сечение стружки, что и выше, мы режем со скоростью 250 метров в минуту. Тогда объем стружки =  $0,8 \times 0,5 \times 250\,000^* = 1\,000\,000$  кубических миллиметров или 1000 кубических сантиметров.

Чем больше объем стружки, снимаемой в минуту, тем производительнее работает станок. Сравнивая объем стружки, срезанный в минуту при разных скоростях и сечениях стружки, можно определить наиболее быстрый, производительный способ работы.

Но для этого надо сначала выяснить: зависят ли друг от друга сечение стружки и скорость резания?

Оказывается, зависят. Если мы увеличиваем одно, то другое вынуждены уменьшить. Инструмент не может выдержать безграничного увеличения и сечения стружки и скорости резания.

Что же выгоднее: работать с большой скоростью резания и малым сечением стружки либо, наоборот, с большим сечением и малой скоростью?

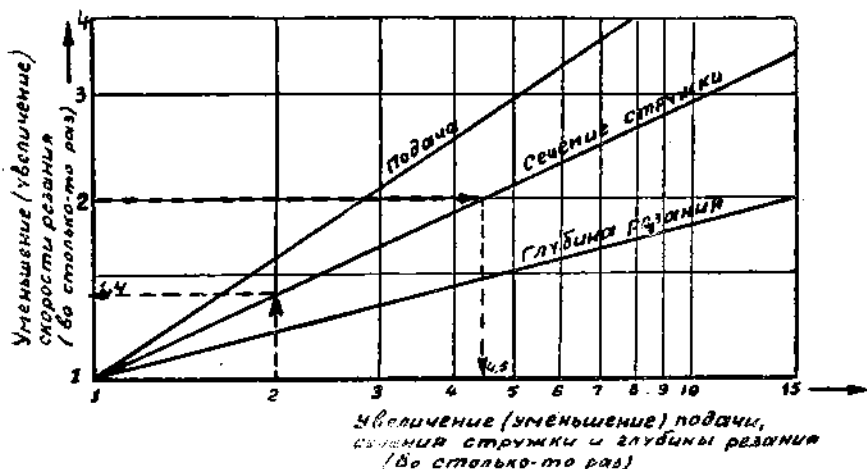
Для того, чтобы ответить на этот вопрос, ученым пришлось проделать много опытов.

Оказалось, что величина сечения стружки и скорость резания

\* Метры переводим в мм (250 метров = 250 000 мм).

неодинаково влияют на процесс резания и друг на друга. Например, уменьшив скорость резания в 2 раза, можно сечение стружки увеличить в 4,5 раза. Наоборот, уменьшив сечение стружки в 2 раза, можно скорость резания увеличить только в 1,4 раза.

На нашем графике (фиг. 47) показана эта зависимость между скоростью резания и сечением стружки (при грубой и полустойковой обработке стали резцами с пластинками из быстрорежущей стали). Выбрав, например, во сколько раз увеличится (или уменьшится) скорость резания, надо провести горизонтальную линию



Фиг. 47. Зависимость скорости резания от подачи, глубины резания и сечения стружки

до встречи с наклонной линией. Затем из точки пересечения опуститься вниз по вертикали до горизонтальной шкалы изменения сечений стружки. Мы узнаем, во сколько раз надо уменьшить или увеличить сечение стружки.

Подобно этому, двигаясь в обратном направлении, можно определить, как должна измениться скорость резания при увеличении или уменьшении сечения стружки.

Имея эти цифры, нетрудно ответить на вопрос, что же нам выгоднее: большие скорости и малые сечения стружек или наоборот?

Возьмем, например, те же цифры, что и раньше. Скорость резания уменьшена в 2 раза, значит стала 0,5 прежней, а сечение увеличилось в 4,5 раза. Следовательно, объем составит:  $0,5 \times 4,5 = 2,25$  прежнего.

А во втором случае — сечение стружки уменьшилось в 2 раза (т. е. тоже стало 0,5 прежнего), скорость резания же увеличилась в 1,4 раза. Поэтому объем будет  $0,5 \times 1,4 = 0,7$  прежнего.

Первый случай намного выгоднее второго. Наш вывод можно проверить и повторными расчетами (пользуясь графиком фиг. 47). Во всех случаях мы обнаружим:

При грубой, черновой и получистовой обработке выгоднее работать с большими сечениями стружек за счет снижения скорости резания.

Значит, выгоднее нагрузить резец, заставив его снимать крупную стружку на невысокой скорости, чем мелкую стружку с большой скоростью.

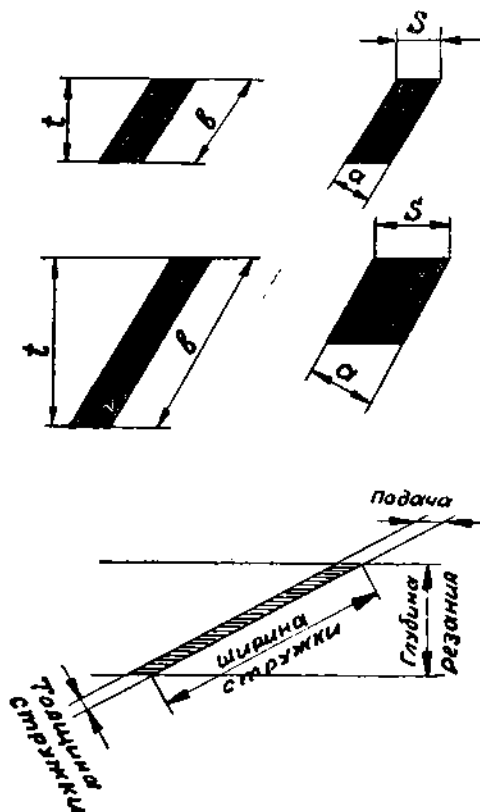
### «ШИРОКИЕ» И «ТОЛСТЫЕ» СТРУЖКИ

Но пойдем дальше. Спросим себя, что такое сечение стружки? Ответ как будто простой: произведение подачи на глубину резания. Но одинаковое сечение можно получить, взяв подачу 0,4 мм и глубину резания 5 мм ( $0,4 \times 5 = 2,0$ ) и подачу 2,0 мм и глубину резания 1 мм ( $2,0 \times 1 = 2,0$ ). До сих пор мы считали, что с увеличением сечения стружки, одинаково увеличиваются и подача

и глубина резания. Но так бывает далеко не всегда. Можно увеличивать сечение стружки за счет глубины резания или только подачи. Что же «выгоднее»?

От глубины резания зависит ширина, а от подачи — толщина среза. Это видно из фиг. 48. Здесь слева показано, что при увеличении глубины резания в 2 раза, увеличивается вдвое и ширина среза. При увеличении подачи во столько же раз увеличивается толщина среза (фиг. 48 справа). Произведение ширины среза на толщину дает площадь поперечного сечения среза. Из рисунков видно: площадь поперечного сечения среза = глубине резания  $\times$  подачу = = ширине  $\times$  толщину.

Если бы мы захотели сравнивать с площадью поперечного сечения среза действительную величину сечения стружки, то обна-



Фиг. 48. Ширина и толщина среза

ружили бы, что последняя в  $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше. Стружка словно разбухла, в особенности — по толщине. И понятно, почему! Ведь при срезании стружки происходит ее усадка. Потому-то она и увеличивается в поперечном сечении. Следовательно, когда мы говорим о ширине и толщине, то это относится в точном смысле слова не к полученной стружке, а к размерам срезаемого слоя металла.

Широкими принято называть стружки, полученные при большой глубине резания, а толстыми — срезанные при относительно большой подаче (фиг. 48)\*. При одной и той же глубине резания более широкая стружка получается при малых главных углах в плане (фиг. 30).

Оказывается, ширина и толщина стружки по-разному влияют на резание и прежде всего — на силу, нужную для резания, и мощность электродвигателя, на нагрев резца и его стойкость. А в конечном счете, — на скорость резания и производительность станка.

При одинаковом сечении толстые стружки легче срезать, чем тонкие. Происходит это потому, что пластическая деформация в срезанном слое неодинакова. Чем ближе к лезвию, тем она больше. Чем дальше от него, тем меньше. От деформации же зависит сила сопротивления резанию. Поэтому, если увеличить в 2 раза толщину среза, то деформация и сила сопротивления увеличатся в меньшей степени.

Многочисленными опытами установлено, что при обработке стали и чугуна возрастание толщины среза в 2 раза вызовет увеличение сопротивления резанию только в 1,68 раза. Между тем, как увеличение в 2 раза ширины среза увеличит во столько же раз и сопротивление\*\*. Стало быть, силы сопротивления резанию будут меньше при срезании толстой стружки и больше — при широкой.

Но чем больше сила сопротивления резанию, тем больше надо затратить энергии на резание. Тем мощнее должен быть электродвигатель и прочнее станок и его части.

Совсем иначе действуют толщина и ширина среза на нагрев резца, на его стойкость и скорость резания. Здесь выгоднее — широкие стружки, менее выгодны стружки толстые.

Почему? Чтобы понять это, надо знать, как выделяется тепло при резании металлов.

---

\* Как увидим дальше, при силовом резании это определение не всегда верно.

\*\* Математически эту зависимость выражают формулой:

$$P \text{ (сила резания)} = C_p \cdot B \cdot A^{0,75}$$

где  $C_p$  — коэф. завис. от обраб. материала;  $B$  — ширина среза,  $A$  — толщина среза ( $2^{0,75} = 1,68$ ).

## ТЕПЛОТА И ИЗНОС РЕЗЦОВ

Мы уже говорили, что когда резец врезается в обрабатываемый предмет, происходит пластическая деформация металла. Перемещение частиц металла связано с большим внутренним трением и образованием теплоты. Отделяющаяся стружка так горяча, что о нее можно обжечь руку.

Кроме внутренней теплоты от трения частиц между собой, выделяется теплота от трения стружки о переднюю грань резца. Задняя грань также трется о деталь, и это вызывает дополнительное образование теплоты.

При малых скоростях резания (до 50 метров в минуту) теплота рассеивается, в основном, пластической деформацией. При больших скоростях резания увеличивается внешнее трение, которое становится главным источником возникновения большого количества теплоты.

Куда же уходит теплота? Прежде всего в стружку (75—80%), в заготовку (4%), в резец (15—20%), остальное рассеивается в окружающей среде (1%).

Теплота, переходя в резец, размягчает его, снижает твердость. Резец становится менее стойким, скорее изнашивается. При сильном износе лезвие оплавливается, становится темнобурым. Резец «сел» или «сгорел», говорят токари. Чем больше скорость резания и сечение стружки, тем сильнее трение и выше температура на лезвии резца. Тем скорее будет истираться, а возможно, и сплавится режущая кромка.

Принято выбирать такие скорости резания и сечения стружки, которые позволяют резцу проработать без переточки около часа. Из этого расчета назначают скорость резания. Если взять слишком большую скорость, то придется очень часто менять затупившиеся резцы и станок будет больше простаивать, чем работать. Если, наоборот, резко снизить скорость, то резец будет работать без переточки несколько часов, но дело будет идти медленно. Вот почему и устанавливают стойкость резца, примерно, час работы.

Если он стоит больше, это значит, что его недостаточно используют, меньше — значит, перегружен или слаб, мал по сечению.

Теплота не страшна, если она хорошо отводится от лезвия резца. А это зависит, в первую очередь, от сечения резца, т. е. от его высоты и ширины, и от сечения стружки, т. е. ее толщины и ширины.

С увеличением сечения резца улучшается отвод теплоты от лезвия. Улучшается отвод и при большом сечении стружки. Чем стружка крупнее, тем больше захватит она теплоты и унесет с собой. Кроме того резец соприкасается с ней большой поверхностью и поэтому лучше отводит тепло от лезвия. Вот почему выгоднее увеличивать сечение стружки, чем скорость резания.

Но особенно важна сама форма сечения стружки: толстая и узкая или же широкая и тонкая?

## ЕЩЕ РАЗ О ШИРОКИХ И ТОЛСТЫХ СТРУЖКАХ

С увеличением толщины среза растет сопротивление, а следовательно, и количество теплоты. Но растет, как сказано, медленнее, чем увеличивается толщина среза. Кроме того, с увеличением толщины стружки отодвигается от лезвия центр давления стружки на резец, увеличивается также площадь соприкосновения стружки с передней гранью резца. Все это улучшает отвод теплоты. В результате при увеличении толщины стружки в 3 раза температура резания, как показывают опыты, увеличивается только на 30—40%.

Еще лучше отводится тепло при увеличении ширины среза. Правда, с увеличением ширины общее количество теплоты увеличивается потому, что увеличивается сама сила сопротивления резанию. Но насколько увеличивается теплота, настолько же увеличивается и линия соприкосновения стружки и резца (см. фиг. 46 и 48), тепло уходит через тело резца. Опыты показывают, что при увеличении ширины стружки в 10 раз температура резания возрастает только на 30%. Это значит, что с точки зрения стойкости резца выгоднее увеличивать ширину стружки, чем ее толщину.

Поэтому первое правило мы должны дополнить вторым.

**Работая с большими сечениями стружек, выгоднее брать широкие стружки, чем толстые.**

Мы видели, что при работе обычными резцами широкие стружки получаются при большой глубине резания, а толстые — при большой подаче. Поэтому нередко это правило выражают и так: при грубой и получистовой обработке надо работать с наибольшей глубиной резания за счет подачи.

— Постойте,— скажет читатель.— Значит выгоднее работать с самой большой глубиной резания и с большой подачей за счет скорости резания? Почему же наши лучшие токари-скоростники стремятся все время увеличивать скорости резания? Разве скоростное резание металлов это не работа на самых высоких скоростных режимах?

Не совсем так. Каждый токарь-скоростник знает, что сначала надо использовать все возможности увеличения глубины резания и подачи, а уже потом подымать скорость резания. Но увеличение глубины резания ограничено припуском, а увеличение подачи — до резцов Колесова — упиралось в требования чистоты обработки. Поэтому, исчерпав возможности увеличения глубины резания и подачи, токари в последнем счете наращивали скорости резания. Таким образом, это не противоречит первым двум правилам, а лишь дополняет их.

Убедившись, что дальнейшее увеличение глубины резания и подачи невозможно, надо принять скорость резания самую высокую по стойкости инструмента и мощности станка. Итак, сначала надо выбрать глубину, затем подачу, а потом скорость резания.

Резец Колесова не отменил, а подтвердил это правило. Стало возможным увеличивать подачи от 2 до 10 раз, поверхность все равно оставалась чистой. Увеличивая подачу, приходится нередко уменьшать скорость резания. И это всегда оказывается выгодным, так как, увеличивая подачу, скажем в 3 раза, скорость резания надо уменьшить только на 20—30%. В итоге, следовательно, растет производительность.

В результате огромного количества опытов и наблюдений установлены точные зависимости скорости резания от глубины резания и подачи при обработке различных металлов инструментами с рациональной геометрией при нормальной стойкости инструмента (30—60 минут).

Данные этих исследований принято выражать формулами.

Например, формула для скорости резания при наружном продольном тчении (углеродистой стали) быстрорежущими резцами имеет такой вид:

$$V = \frac{34,4}{t^{0,25} s^{0,66}}$$

где  $V$  — скорость резания в метрах/мин; 34,4 — постоянный коэффициент, характеризующий обрабатываемый металл, геометрию резца и условия обработки (черновая или чистовая обработка);  $t$  — глубина резания;  $s$  — подача.

Показатели степеней при глубине резания и подаче 0,25 и 0,66 меньше единицы. Это показывает, что при увеличении глубины резания и подачи уменьшение скорости резания происходит медленнее. Например, глубина резания была 0,5 мм, стала 8 мм, т. е. увеличилась в 16 раз. На скорость резания это подействует в степени 0,25, т. е.  $16^{0,25} = \sqrt[4]{16} = 2$ , т. е. скорость резания уменьшится в 2 раза. Показатели степени при глубине резания меньше, чем при подаче. Это означает, что глубина резания меньше влияет на скорость резания, чем подача. Следовательно, формула в сжатой математической форме выражает основные правила резания, о которых говорилось на предыдущих страницах. Для удобства заводских работников результаты вычислений заносятся в таблицы.

— А правило относительно широких и тонких стружек — правило, что широкие стружки более выгодны с точки зрения стойкости резца, сохраняется ли оно для резцов В. Колесова? — может спросить читатель.

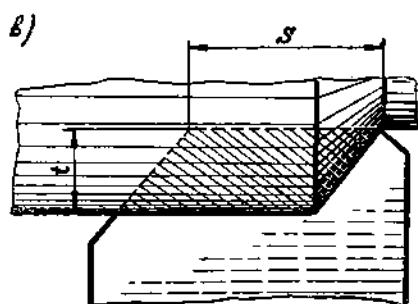
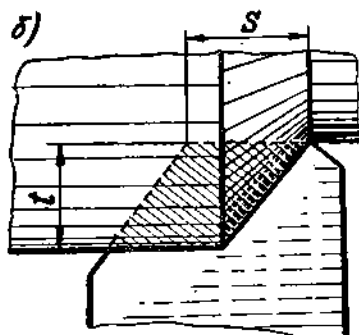
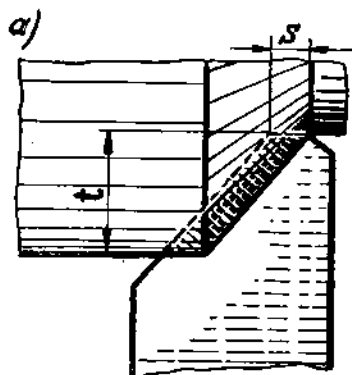
Да, оно полностью сохраняется. Но вот что важно: когда подача становится больше глубины резания — ширина среза будет зависеть уже не от глубины резания, а от подачи, толщина же среза — от глубины резания. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим, как будет меняться сечение стружки при изменении соотношения глубины резания и подачи ( $\frac{t}{s}$ ).

Возьмем резец с главным углом в плане 45°. При обычном резании, когда глубина резания больше подачи, сечение среза имеет форму, показанную на рисунке слева (фиг. 49 а). Такую же форму будет иметь срез и при тчении силовым резцом Колесова, если глубина резания попрежнему больше подачи ( $t > s$ ). Но с ростом подачи будет расти участие в резании дополнительной режущей кромки. Если сделать подачу равной глубине резания, то обе режущие кромки (главная и дополнительная) будут

нагружены одинаково, обе будут срезать равное количество металла (фиг. 49 б).

Если еще больше увеличить подачу ( $s > t$ ), то основную работу срезания стружки будет выполнять дополнительная режущая кромка. Сечение среза примет форму, изображенную на рисунке (фиг. 49 в)\*. Легко видеть, что теперь ширина среза будет зависеть от подачи, а толщина от глубины резания. Стало быть, когда подача становится больше глубины резания, то и значение их меняется на противоположное. В этом случае выгоднее работать с наибольшей подачей за счет глубины резания.

Основное же правило останется неизменным: для увеличения стойко-



Фиг. 49 а, б, в. Различные сечения стружек при изменении  $\frac{t}{s}$

сти реза и наибольшей производительности всегда выгоднее срезать широкие стружки.

## РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

Глубина резания, подача и скорость резания, когда они выбраны с расчетом наилучшего использования станка и реза, называются **наивыгоднейшим режимом резания**.

Намереваясь выбрать самый быстрый способ обработки, мы должны знать все, от чего зависит успешность работы. В какой же последовательности надо вести расчет?

\* Фактическая форма сечения стружки несколько отличается от изображенной из-за наличия переходной режущей кромки, которая в целях упрощения не показана.



Возьмем, например, черновое обтачивание быстрорежущими резцами. Прежде всего, замерив диаметр прутка металла и зная размер, который должен быть получен в результате обработки, находим глубину резания. Глубину резания надо взять максимальную, оставив небольшой припуск под последующую обработку (0,5—1,5 мм). После этого выбираем подачу. Ее надо выбрать, исходя из условий требуемой чистоты обработки.\*

Но... существуют и другие ограничения для подачи. Они связаны с прочностью механизма станка. По паспорту станка можно определить наибольшие сечения стружки, которые может взять станок. Для ДИП-200 это будет примерно 4,5—2 мм<sup>2\*\*</sup>. Производство выбранной нами подачи на глубину резания не должно быть больше наибольшего сечения стружки по прочности механизма станка. Если оно больше, надо уменьшить подачу.

Но это еще не все. Резец также может оказаться слабым для выбранной подачи.

Чем больше подача, тем большее давление испытывает резец. Растет усилие резания. Например, при подаче 0,15 мм и глубине резания — 5 мм давление на резец при обработке стали средней твердости равно 200 кг, при подаче 0,5 мм уже 500 кг, а при подаче в 1 мм давление возрастает до 840 кг, почти тонны. Взяв подачу в 2 мм, получим давление резания около 1,5 тонны.

Ясно, что не каждый резец может вынести такое давление. Усилие, которое может выдержать резец, зависит от его сечения и от того, насколько резец выдвинут из резцедержателя. Резец сечением 10 × 16 мм, выдвинутый на 24 мм (т. е. на 1,5 своей высоты) из резцедержателя, выдерживает давление резания в 355 кг. Тот же резец, выдвинутый на 32 мм (т. е. на 2 высоты), выдерживает 265 кг, а выдвинутый на 48 мм — лишь 175 кг.

При увеличении размеров резца его прочность резко возрастает. Так, резец сечением 16 × 25 мм выдерживает давление в 890 кг. Следовательно, при выборе подачи необходимо учитывать прочность резца. И если давление на резец слишком велико, надо сменить резец или уменьшить подачу\*\*\*.

Есть еще одно «но»: деталь будет прогибаться при слишком большой подаче. Правда, вы можете не беспокоиться за нее, если она обладает солидным диаметром или небольшой длиной. Но если она тонкая или длинная, надо проверить подачу с точки зрения изгиба детали.

Дело в том, что резец во время работы давит на деталь с такой же силой, с какой испытывает давление сам.

---

\* Величины подачи, взятые из практики ряда заводов, показаны в приложении (таблица «а» для черновой и «и» для чистовой обработки).

\*\* При обработке стали 45 и усилении привода станка.

\*\*\* В помещенной в приложении табличке «б» указаны наибольшие сечения стружки, которые могут взять резцы с напаянными пластинками при вылете резца не больше 1,5 его высоты.

Под действием его деталь изгибается и, если она непрочна закреплена, то может вырваться из патрона или из центра.

Изгиб детали вреден. Деталь получится неправильной формы. На величину изгиба влияет длина заготовки, ее диаметр, а также материал, из которого она сделана\*.

Проверив подачу по прочности станка, резац и детали и окончательно установив таким путем ее величину, переходят к определению скорости резания.

Для нахождения скорости резания по глубине и подаче имеется ряд таблиц, построенных на основе большого количества опытов и данных практики. Они показывают: какой может быть скорость при полном использовании резаца.\*\*

Все ли мы учли? Хватит ли у станка мощности, т. е. сил для выбранного нами режима резания?

Для того, чтобы ответить на этот вопрос, надо сопоставить потребную нам мощность с мощностью самого станка.

Но прежде одна важная оговорка. Допустим, станок имеет мотор мощностью в 5,8 лошадиных силы. Эта мощность полностью не дойдет до шпинделя и до резаца. Частично она будет истрачена внутри станка на трение шестерен коробки скоростей и подач, уйдет на скольжение ремня, на трение в подшипниках и т. д.

На резаце будет использована только часть мощности. Обычно считают, что на потери в станке уходит 15—25% мощности. Значит, полезная мощность станка, т. е. та часть его мощности, которая может быть использована непосредственно для работы резания, составит 75—85%. Так, у ДИП-200 полезная мощность будет  $5,8 \times 0,75 = 4,35$  лош. силы. Вот эту-то величину мы и должны сопоставить с мощностью, необходимой для резания.

Ну, а если станок окажется слабее, чем нужно? Тогда скорость резания надо уменьшить и настолько, насколько мощность станка меньше мощности, необходимой для резания. Например (см. приложение), при глубине резания 4 мм, подаче 1 мм, скорости резания 44,0 метра в минуту, необходимая мощность — 6,2 лош. силы.

Полезная мощность (на резаце) — 4,35 лош. силы, отсюда  $4,35 : 6,2 = 0,7$ , а поэтому скорость резания должна быть взята:  $44,0 \times 0,7 = 30,8$  метров в минуту.

Надо, однако, учесть, что практика работы передовых токарей показала, что при обработке деталей вполне допустима временная перегрузка электродвигателя. Известный токарь В. Семицкий при коротких пробегах резаца допускает перегрузку электро-

---

\* В приложении, в таблице «в» показано, какую самую большую подачу можно взять, обрабатывая твердую углеродистую сталь (предел прочности 60—70 кг/мм<sup>2</sup> в центрах при длине детали, равной 10 диаметрам).

\*\* Таблицы для определения скорости резания даны в приложении (таблицы «е», «ж», «з»).

двигателя по мощности до 2,5 раза, а при обтачивании длинных валов на 40—50%.

Теперь, когда вы знаете весь ход расчета, просмотрите указанные в приложении нормативы, по которым рассчитывается режим резания, и проделайте сами ряд подсчетов.

Как же, однако, сделать расчет режима резания в цехе? Кто должен сделать расчет для токаря? Технолог. Его обязанность — разработать на каждую деталь технологическую карту. В ней подробно указывается весь порядок работы, перечислен необходимый инструмент и дан режим резания. В карте должно быть сказано, с какой глубиной резания и подачей, с какой скоростью, а отсюда и числом оборотов надо работать.

Так делается на хорошо организованных заводах. Но составление технологической карты для каждой детали отнимает много времени. Ее можно дать там, где одни и те же детали обрабатываются изо дня в день или через определенные промежутки времени в больших количествах. Ну, а как же быть, если деталь изготавливается по одной или несколько штук — и больше не повторяется?

На больших заводах и в этом случае составляются технологические карты, но только на крупные детали, требующие много времени для обработки. А остальные детали? В большинстве случаев токарю приходится самому определять режим работы. Понятно, ему трудно, а подчас невозможно делать расчеты для всех деталей. Делает это он проще и грубее — «на глаз».

По дрожанию детали и неровной поверхности обработки он видит, что подача велика; по форме и цвету стружки судит о скорости резания. Опытного токаря обычно не затрудняет выбор режима резания. Зато неопытный работник часто попадает впрок. То у него «сядет» резец из-за слишком большой скорости резания, то забуксует станок или соскочит ремень — все из-за того, что взято слишком большое число оборотов. То деталь получится неправильной формы из-за прогиба вследствие большой подачи. Чаще всего, однако, неопытный токарь боится увеличивать скорость и подачу и работает на пониженном режиме, не используя полностью станок и резец.

Вот почему надо требовать, чтобы на каждом станке была технологическая карта. Если же обрабатывается слишком много разнообразных деталей, то вместо технологических карт токарь должен иметь таблицу режимов резания, по которой он может выбирать режимы, нужные ему для работы. В этой таблице режимы должны даваться для разных диаметров обработки и марок стали, а подачи и числа оборотов указываться такие, которыми располагает токарь на своем станке.

Технологические карты или таблица режимов резания так же нужны токарю, как компас моряку.

Но все же, независимо от того, имеются или нет технологические карты или таблицы режимов, нужно ясно представлять

себе, как определяется режим резания. Именно это и рассказано на предыдущих страницах. И в этом надо разобраться получше. Если не все понятно до конца, полезно через некоторое время вновь вернуться к этому.

Почаще заглядывайте на первых порах в справочники и таблицы. Нелишнее самому с карандашом в руках произвести подсчеты. Тогда со временем умение определять режим резания так крепко привьется вам, что вы сумеете быстро, как бы «по чутью» определять уже без таблиц нужную скорость резания и подачу.

Если проверив себя несколько раз, вы убедитесь, что **режимы резания, на которых вы работаете, не ниже тех, что рекомендуют справочники, то это значит, что вы уже не новичок в искусстве резать металл.**

---

## ГЛАВА VI. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ

Приступая к работе, проверьте состояние станка. Он должен быть в полном порядке: шпиндель не бьет, подшипники нормально затянуты и смазаны, ремень от мотора хорошо подтянут и не буксует, супорт движется плавно, без рывков.

Возьмем стальную болванку и будем ее обтачивать.

Умело установить резец, подвести его к детали и верно взять стружку — вот главное, чем следует овладеть с самого начала.

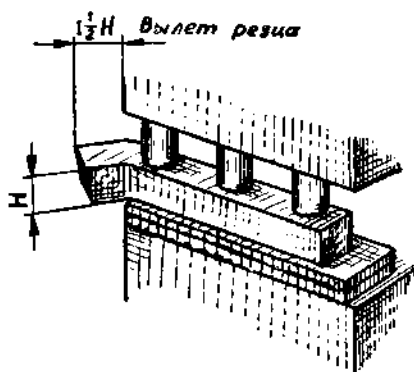
### УСТАНОВКА РЕЗЦА

Прежде всего надо правильно установить резец в резцедержателе. Чтобы не было дрожания и поломок, его нужно как можно меньше выставлять из резцедержателя. Вылет резца должен быть не больше 1,5 высоты стержня (фиг. 50).

Как же надо установить резец по высоте?

На рисунке (фиг. 51) показано три способа установки резца. На среднем рисунке — вершина резца находится на высоте центров станка. На верхнем рисунке резец установлен выше центра, а на нижнем — несколько ниже центра.

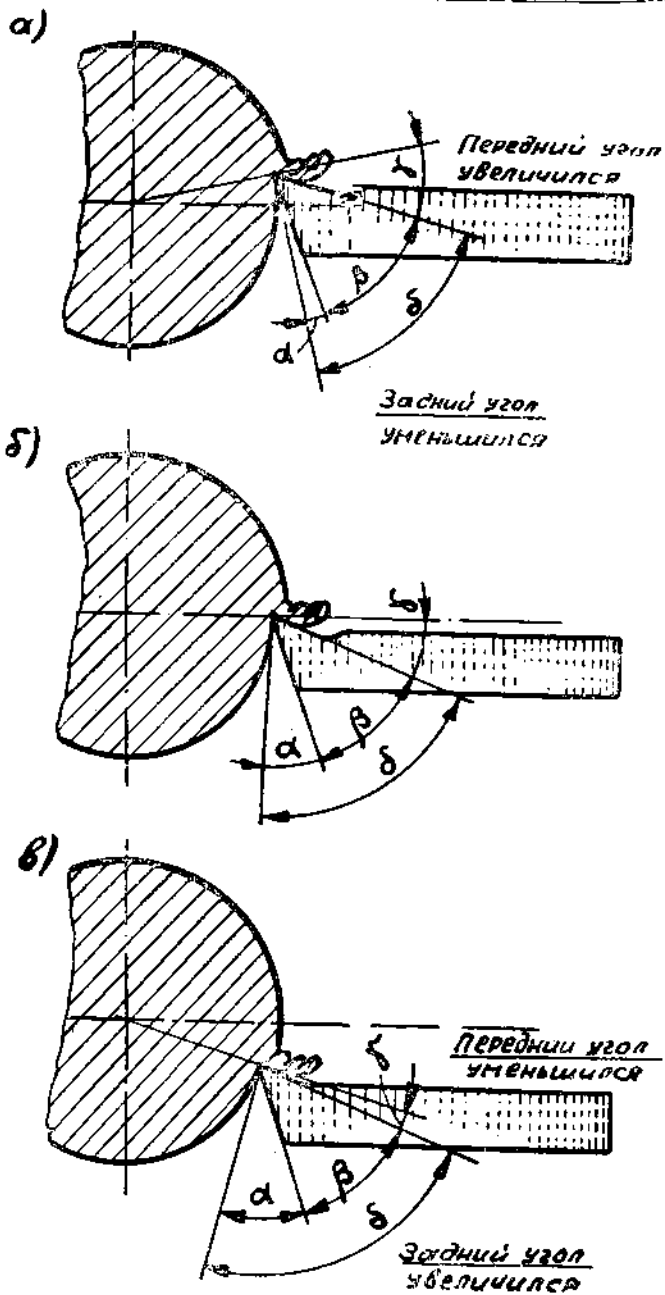
Посмотрим, что при этом получается с углами резца.



Фиг. 50. Установка резца в резцедержателе

Задний угол ( $\alpha$ ) и угол резания ( $\delta$ ) мы отсчитывали от плоскости резания (см. стр. 57). В этой плоскости происходит срезание стружки. Если резец поставлен выше или ниже центра, то плоскость резания не пойдет вертикально. Она попрежнему будет касательной к поверхности резания и будет расположена под прямым углом к радиусу. Но она станет наклонной. Это видно на наших рисунках.

Плоскость, от которой отсчитывают передний угол, перпен-



Фиг. 51. Три способа установки резца

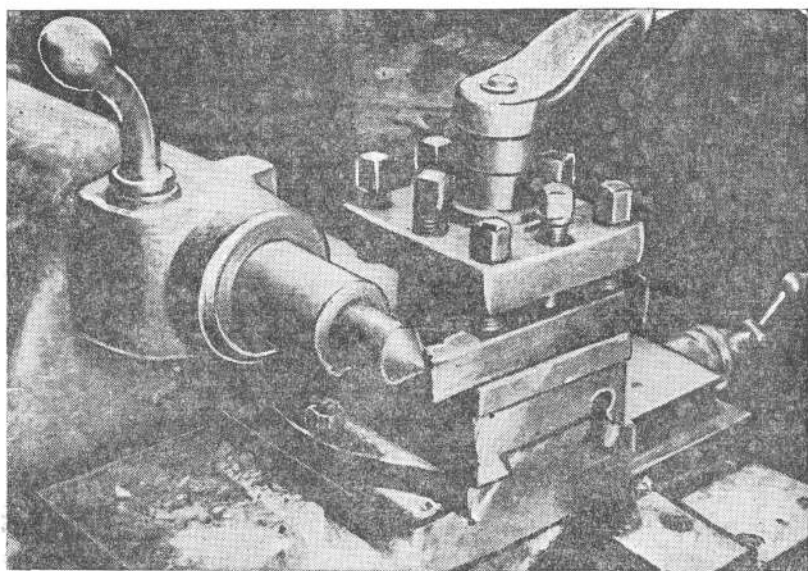
дикулярна к плоскости резания и проходит через лезвие резца (см. стр. 58). Ее надо проводить так, чтобы она прошла через центр детали, т. е. по направлению радиуса. Это показано на рисунках. Если резец не поставлен по центру, то плоскость будет не горизонтальной, а наклонится.

Теперь не трудно догадаться, что углы изменятся в зависимости от установки резца по высоте.

При установке выше центра передний угол увеличивается. Это облегчает резание. Но при слишком высоком расположении резца его задняя грань начинает тереться о деталь. У резца же, установленного ниже центра, передний угол уменьшается. Следовательно, этот резец будет работать хуже. Поэтому-то все опытные токари, снимая крупную стружку, ставят резец несколько выше центра, примерно на  $1/100$  диаметра детали. В самое последнее время токари гг. Посохов и Прилипко (об опыте работы которых мы расскажем дальше) применили установку резца намного выше центра ( $1/7$  диаметра) и добились хороших результатов. При этом пришлось увеличить задний угол до  $13^\circ$ .

При обточке очень твердого металла давление стружки на резец велико. Резец отгибается вниз. Если он поставлен по центру или выше, то давление стружки вдавит лезвие в деталь. От этого может произойти выкрашивание режущей кромки и поломка резца.

Но если резец установить ниже центра, то под давлением стружки он отойдет от детали и поломки уже не произойдет. Вот



Фиг. 52 а. Проверка установки резца по центру задней бабки

почему — в виде исключения — при черновом обтачивании очень твердого металла резец иногда устанавливают ниже центра.

По этим же соображениям при чистовом обтачивании резцы следует устанавливать по центру или немного ниже. При такой обработке самое главное — чистота поверхности. А под давлением стружки резец, как мы уже видели, отходит вниз.

Правда, давление чистовой стружки слабее. Колебания резца вниз и вверх будут очень малы. Но все же их достаточно, чтобы, вдавливаясь в деталь, резец портил обрабатываемую поверхность. Если же поставить резец по центру или немного ниже его, то, отгибаясь вниз, резец не будет задевать деталь. Позднее мы увидим, что и при других работах резец приходится устанавливать то выше, то ниже центра, но чаще всего — строго по центру.

Для установки резца по высоте пользуются подкладками. Подошва резца должна плотно лежать на подкладках. Чем меньше взято подкладок, тем жестче и надежнее установка. Лучше поставить одну толстую подкладку, чем несколько тонких.

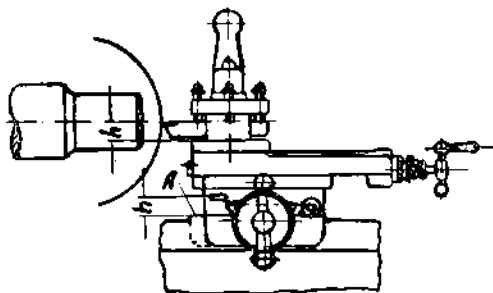
Правильность установки резца по центру нужно проверить, подведя резец к задней бабке и коснувшись острия центра вершиной резца. Этот момент изображен на рисунке (фиг. 52 а).

Невольно возникает вопрос: — А как же быть, если деталь зажата в центрах и центр задней бабки зашел в центровое отверстие? Как же тогда проверить правильность установки резца?

Опытные токари применяют такой прием: на корпусе задней бабки наносится риска против центра. Пользуясь этой риской, можно, придвинув резец, сразу увидеть, как установлен он по высоте.

Есть еще один способ правильно, а главное быстро, установить резец по центру. Де-

ло в том, что, подбирая подкладки для резца, токарь обычно производит несколько пробных установок. Этого можно избежать, если расстояние «h» от опорной плоскости резцедержателя до линии центров станка отметить риской на боковой стороне супорта (фиг. 52,б). Такая отметка позволяет токарю выбрать подкладку, «примерить» ее вместе с резцом по риске и после этого сразу закрепить резец в резцедержателе.



Фиг. 52 б. Риска для установки резца по центру

Обе риски очень полезны. Обязательно сделайте их на своем станке.

Установка силовых резцов типа Колесова имеет свои особенности. Но об этом мы расскажем позднее.



## ПОДВОД И ОТВОД РЕЗЦА

Но вот резец установлен. Надо начинать обработку. Тут есть несколько основных правил.

**Прежде чем подвести резец к детали, надо пустить станок в ход.** Если вы забудете это сделать и сначала вплотную подведете резец к детали, а затем пустите станок, резец наверняка будет сломан.

**Подведя резец и начав точить, не останавливайте станок.**

Это правило неопытный токарь чаще забывает, чем первое. Результат один и тот же — поломка резца или быстрое его затупление. В особенности следует помнить об этом при работе с твердосплавными резцами, которые не выносят толчков и ударов.

Итак, учтите: **подводить и отводить резец можно только во время вращения детали.**

Закончив обточку, сначала отведите резец, а затем остановите станок. Для этого сначала выключите подачу и дайте резцу выбрать стружку. Затем, после того как с него сошла стружка, отведите резец. Остановите станок после отвода резца.

Иногда станок останавливается из-за отсутствия энергии или вследствие того, что порвался или соскользнул ремень электродвигателя. Всякая случайная остановка опасна для резца. Особенно для резца с пластинкой из твердого сплава.

**Если станок остановился и резец находится под стружкой, нельзя давать станку обратного хода: этим можно испортить резец.**

Чтобы освободить резец, надо ослабить крепежные болты резцедержателя, начиная от заднего. Освободившийся резец получит возможность сдвинуться вниз. После этого снимите с него стружку. Завиток стружки, не срезанный с детали, сбейте ударом молотка или зубила.

**Включив механическую подачу или прекратив подачу от руки, не оставляйте долго резец в соприкосновении с вращающейся деталью, иначе его лезвие быстро затупится.**

Резец с пластиной из быстрорежущей стали можно подводить к детали на механической подаче. Твердые сплавы и минералокерамика при срезании крупной стружки требуют более бережного обращения.

Врезаться в деталь минералокерамическим или твердосплавным резцом нужно осторожно, лучше всего вручную; только после того, как резец врезался в деталь, можно включать самоход.

## УСТАНОВКА НА РАЗМЕР

Разберем теперь, как при точении выдерживать точный размер по диаметру.

Для этого у токаря имеется помощник — лимб.

Это кольцо с делениями, насаженное на винт поперечных

салазок. Кольцо находится возле рукоятки поперечной подачи. Вращая рукоятку, по делениям лимба можно видеть, насколько передвинулись поперечные салазки.

Лимб большинства станков имеет по окружности 100 делений. За один оборот винта супорт продвигается на 5 мм. Следовательно, одно деление соответствует поперечной подаче салазок на  $\frac{5}{100}$  или 0,05 мм. Допустим, что нужно продвинуть супорт на

8 мм. Сколько делений это составит на лимбе?

$$8 : 0,05 = 160.$$

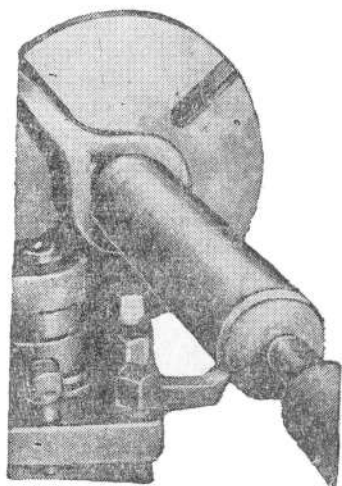
Установив лимб на нуль, вращаем рукоятку поперечных салазок до тех пор, пока отсчет по лимбу не даст полный круг и еще 60 делений.

Теперь решим такую задачу. Возьмем пруток диаметром 60 мм и доведем его размер до 52 мм. Поступаем следующим образом.

Берем небольшую стружку произвольной величины и протачиваем у конца детали маленький поясок, шириной 3—6 мм (фиг. 53а). Этот поясок нам нужен для точного промера детали.

Во время обточки или потом, когда резец уже проточил поясок, устанавливаем кольцо лимба на нуль (против риски на рукоятке поперечного винта — фиг. 53 б).

Отводим резец и, остановив станок, измеряем диаметр детали в проточенном месте (фиг. 53 в). Предположим, промер показал, что диаметр пояска 58 мм. Следовательно, нам нужно уменьшить диаметр детали еще на  $58 - 52 = 6$  мм или 3 мм на сторону. По лимбу это составит  $3 : 0,05 = 60$  делений.



Фиг. 53 а. Установка резца на размер. Проточить небольшой поясок, срезая мелкую стружку

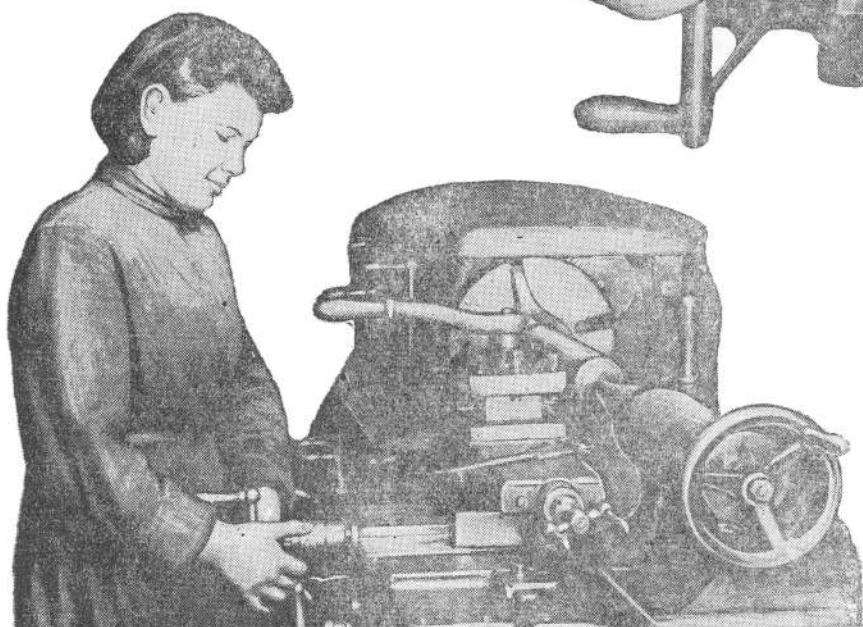
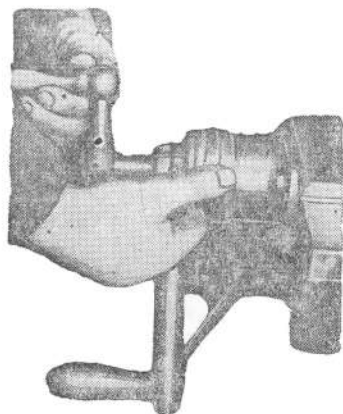
Отводить резец для промера детали удобнее всего в сторону, вращая маховичок продольной подачи. Вершина резца останется на линии проточенного пояска.

А затем надо продвинуть его вперед, отсчитав по лимбу еще 60 делений. Вращаем рукоятку винта поперечных салазок, пока не появится нужное деление. Теперь резец установлен на заданную глубину резания (фиг. 53 г).

Подаем салазки от руки продольной подачей и, когда резец врежется в деталь, включаем самоход\* (фиг. 53 д и 53 е).

\* Резец из быстрорежущей стали можно сразу включать на самоходную подачу.

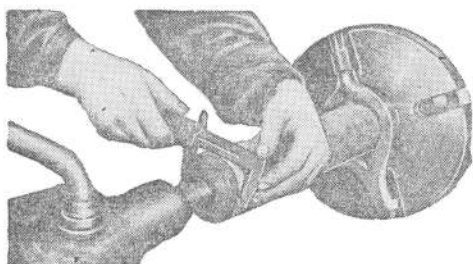
Многие токари поступают иначе: они отводят резец перед промером не вбок, а на себя. Лимб сдвигается с нуля. Прежде чем брать нужную глубину резания, надо подать салазки вперед, пока на лимбе не появится снова ноль. Только после этого следует отчитать по лимбу количество делений, нужное, чтобы выйти на заданную глубину резания. Этот способ хуже первого. Почему? Сдвигая резец назад и вперед, надо всегда помнить о мертвом ходе винта.



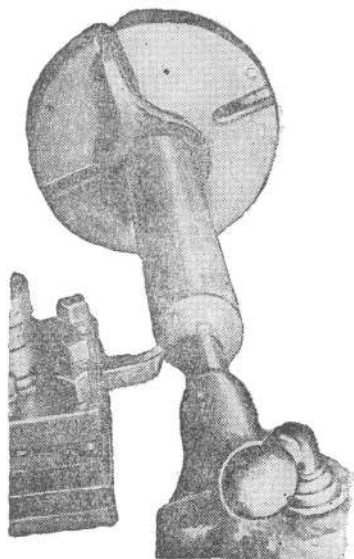
Фиг. 53 б. Установить лимб на ноль

В чем же тут дело? Даже у новых станков гайка винта поперечной подачи имеет небольшую слабину. От этого получается мертвый ход винта: если вращать рукоятку, то салазки тронутся не сразу. Сначала рукоятка слегка повернется вхолостую. Это и есть мертвый ход.

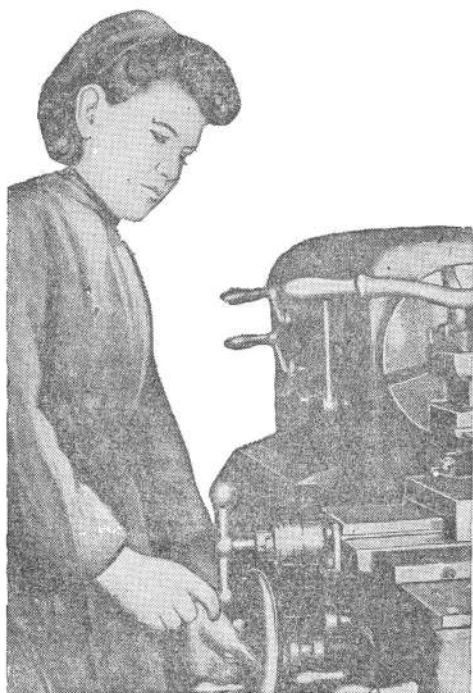
Только вращая дальше, резьба винта сомкнется плотно с резьбой гайки, связанной с салазками, и погонит гайку, а вместе



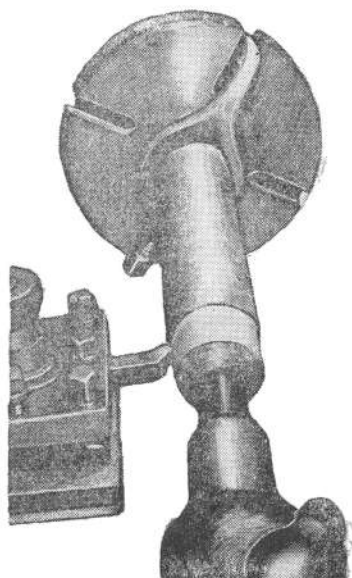
Фиг. 53 в. Отведя резец, промерить диаметр проточенного пояса.



Фиг. 53 д. Продольной подачей подвести резец к детали



Фиг. 53 г. Продвинуть резец вперед, отсчитать по лимбу нужное число делений



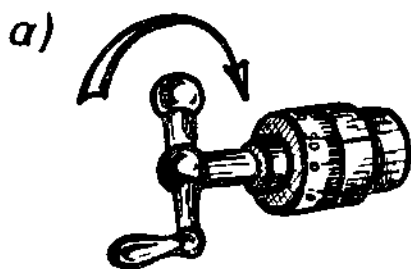
Фиг. 53 е. Включить самоход и начать обтачивание

с нею и салазки вперед. То же получится и при подаче салазок «на себя».

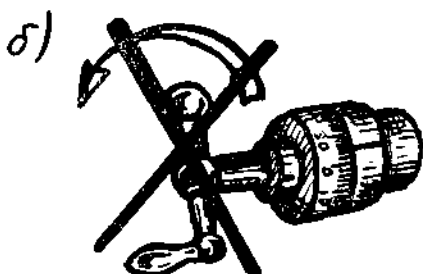
Если мы отвели резец назад, надо помнить, что мертвый ход может повлиять на точность отсчетов.

**Работать надо всегда с «выбранной» слабиной, т. е. отсчеты по лимбу вести после небольшого поворота винта, когда мертвый ход уже пройден.** Это очень важное правило. Новички о нем обычно не знают, неопытные токари пренебрегают им. А в результате неправильные размеры — деталь забракована либо приходится срезать дополнительно лишнюю стружку.

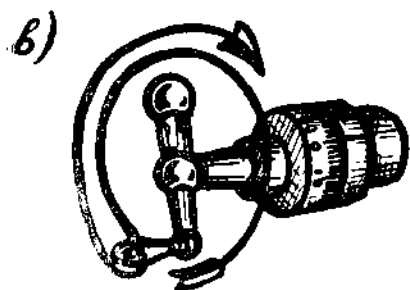
Из этого правила следует два практических вывода. Допустим, что, продвигая резец вперед и отсчитывая по лимбу нужное



Фиг. 54 а. Помните о мертвом ходе винта! Если рукоятка повернута слишком далеко...



Фиг. 54 б. то для установки на нужное деление, не возвращайте рукоятку до него назад...



Фиг. 54 в. а сделайте полный оборот в обратную сторону, потом вращайте вперед до нужного деления

число делений, мы ошиблись и повернули рукоятку слишком далеко. Скажем, вместо 40 делений, т. е. 2 мм, повернули на 44 деления—на лишних 0,2 мм.

Теперь уже нельзя просто подать рукоятку до нужного деления, т. е. вернуть ее на 4 деления. Если так сделать, то тут-то и скажется мертвый ход. Вы отведете резец на меньшее расстояние, чем покажет лимб: не на 0,2 мм, а меньше. И меньше на величину слабины в гайке винта.

Надо поступить иначе. Сделать полный оборот рукояткой в обратную сторону, а потом вращать ее вперед до нужного деления (фиг. 54). Тогда отсчет будет сделан с «выбранной» слабиной.

Часто приходится обтачивать ступенчатую деталь. Переходя от меньшего диаметра к большему, резец отводят назад. Но делая отсчет по лимбу, надо не просто подать резец назад до большого

диаметра. Помня о мертвом ходе винта, нужно отвести его немного дальше, а потом подать вперед до нужного деления на лимбе.

Учитывая мертвый ход винта, не следует отводить супорт назад и при обмере проточенного пояска. Лучше, не сдвигая поперечных салазок, отвести каретку в сторону.

Итак, для того, чтобы получить правильный размер детали (по диаметру), надо:

1. Снять пробную, мелкую стружку, установив лимб на нуль.
2. Отвести салазки с резцом в сторону.
3. Промерить деталь и определить, насколько надо еще врезаться в металл.
4. Продвинуть салазки с резцом, отсчитав по лимбу нужную глубину резания.

При чистовом обтачивании протачивать поясок не нужно. Поверхность и форма детали после черного прохода достаточно точны и правильны.

Поэтому делают так.

Дав станку большое число оборотов, осторожно подводят резец. Он должен лишь слегка коснуться поверхности детали. О том, что резец коснулся детали, мы узнаем по тонкой блестящей полоске, которая появится на поверхности против вершины резца. Резец не снимает стружку, а только срезает гребешки, оставшиеся после черного прохода.

Коснувшись резцом детали, надо поставить кольцо лимба на нуль и отвести резец. А затем поступают так же, как и при черновой обработке: остановив станок, тщательно промеряют диаметр детали и определяют глубину резания до требуемого размера. Пользуясь отсчетом по лимбу, берут нужную стружку.

Иногда лимб «врет», либо сделал ошибку токарь. Поэтому, обточив начисто небольшую часть детали, надо остановить станок и снова промерить деталь.

Промерять деталь можно только после остановки станка. Часто токари нарушают это правило. В результате портится мерительный инструмент и получаются неточные замеры. Возможны при этом и несчастные случаи\*.

## БЫТЬ БДИТЕЛЬНЫМ В РАБОТЕ

Во время работы надо следить за поведением детали, приспособления и станка.

Особого внимания требует работа в центрах.

В самом начале грубого, черного или получистового обтачи-

---

\* О мерительном инструменте, которым пользуется токарь, о правилах чтения чертежей см. в специальной литературе, приведенной в конце книги.

вания центровое отверстие, прирабатываясь к центрам, слегка расширяется и углубляется. Закрепление детали ослабевает.

Отсюда следует, что **вскоре после начала работы центр задней бабки надо поджать.**

Вслед за этим во время точения деталь начинает сильно нагреваться. Нагреваясь, она расширяется и давит на центры. Если не отвести немного задний центр, деталь может изогнуться. Одновременно с этим сам центр, которому передается теплота от детали, может сплавиться. А это уже серьезная авария.

Токарь должен внимательно следить за состоянием центра. Первый сигнал — это нагрев центра, повышение его температуры. От сильного нагрева масло, находящееся в центровом углублении, начинает дымиться.

Если токарь проглядит и этот сигнал — раздастся резкий звук. Это от сильного заедания и трения центр «подает голос».

Пеняйте на себя. Вы не обратили внимания на все угрожающие сигналы, и катастрофа произошла. Чрезвычайно разогретый конус центра сплавился, и деталь срезала его начисто, как ножом. В растерянности смотрит токарь на последствия своей беспечности. Деталь, вырванная из центров, вылетела из станка и валяется на станине или около нее. Хорошо — если не пострадал кто-нибудь из окружающих!

Помните: **центр должен быть всегда холодным на ощупь. Как только задний центр начнет нагреваться, его надо слегка отжать.**

Грубое или получистовое обтачивание закончилось. Наступает чистовая отделка. Стружка снимается небольшая. И деталь и вместе с нею задний центр начинают остывать. Деталь возвращается к первоначальным размерам. Ослабевает нажим на задний центр, и он начинает выходить из центрального отверстия. Требуется **снова поджать центр.**

Итак, во время обработки надо вскоре после начала слегка поджать центр, через некоторое время — отвести его назад, а при переходе к чистовой отделке **вновь немного поджать.**

И еще должен следить токарь за затуплением резца. Затупившийся резец начинает дрожать и «дробить» стружку. Поверхность получается негладкая. Искажаются размеры детали. Резец с сильно притупленным лезвием снимает меньшую стружку, и деталь получается больше по диаметру.

Во время работы стружка трется о резец. Поднимается температура, режущая кромка резца размягчается. При температуре выше теплостойкости инструментального материала резец будет выведен из строя.

В этом случае говорят, что резец «сел» — режущая кромка его сплавилась. Это износ тепловой. В других случаях лезвие резца как бы «изъедено» стружкой. Это износ механический.

При обточке стали изнашивается и задняя и передняя грань, при обточке чугуна — только задняя.

При какой же величине износа резец считается затупившимся? Обычно при истирании передней грани на глубину 0,2—0,25 мм и задней грани (по высоте) на 0,3—0,5 мм (резцы из быстрорежущей стали без охлаждения) или 0,8—1 мм (резцы с пластинками из твердых сплавов).

Такой резец еще может работать. Но во избежание выкрашивания лезвия работу лучше прекратить. Сильно изношенный резец можно восстановить переточкой, лишь сточив большой слой пластинки. Поэтому никогда не доводите резец до полного затупления. Сменяйте резец своевременно.

Как же определить, что резец затупился?

Во время работы лезвие скрыто под стружкой. Определить затупление можно только по косвенным признакам. Первый из них — появление блестящего пояска на обработанной поверхности детали. Эта светлая, блестящая полоска, возникающая под лезвием резца, говорит о том, что его режущая кромка частично пригупилась и начинает полировать поверхность детали.

Второй признак — вид сходящей стружки. Если на обычно гладкой стороне витка стружки заметны небольшие трещины и рванины, это значит, что на лезвии резца появились зазубрины и оно затупилось.

Кроме того, в начале работы стружка сходит обычно в виде ленты с большим радиусом завитка. К моменту затупления она отделяется мелкими кусочками, начинает «стрелять» и далеко отскакивать от детали.

Третий признак — сильное дрожание резца и дробление поверхности обработки. Это уже сигнал серьезного разрушения резца и наступающей катастрофы. Надо немедленно выключить подачу и отвести резец.

Итак, признаки затупления при обтачивании стали — это появление блестящей полоски, мелкая стружка и увеличение дрожания резца.

При обработке чугуна полоски не бывает. Зато появляются мелкие черные чешуйки на поверхности резания. Надо внимательно следить за всеми признаками, говорящими о ненормальностях в работе и во-время принимать нужные меры.

## БЫТЬ ОСТОРОЖНЫМ

Токарный труд не таит опасностей, но требует соблюдения правил осторожности. Это в особенности относится к скоростной обработке.

При скоростной обточке стали стружка сходит с большой скоростью. Нередко она сбегает с резца прямой раскаленной лентой, которая может поранить руки работающего. Для борьбы с ней служат заточка резца с выемкой или с порогом и разного рода стружколомы. От ломающейся стальной стружки, а также от рас-



сыпающейся веером чугуновой и бронзовой мелкой стружки также нужна защита — очки, а еще лучше прозрачный экран-щиток. Такой щиток крепится на резцедержателе сверху резца.

Надо помнить, что стружку нельзя снимать руками. Удалять ее надо крючком или щеткой.

При скоростном точении заедание центров, поломка инструмента, вырывание детали особенно недопустимы, так как из-за больших скоростей и возникающих усилий они могут причинить вред не только работающему, но и окружающим. Поэтому надо особенно тщательно соблюдать правила работы.

Быстрое вращение частей станка и детали увеличивает возможность захвата одежды. Надо следить за тем, чтобы она была плотно застегнута, чтобы обшлага охватывали кисти рук.

Ваши движения должны быть четкими, быстрыми и скупыми — ничего лишнего!

Будьте на страже, чтобы своевременно выключить подачу. При скоростной обработке всякое промедление может привести к врезанию резца в буртик детали или в планшайбу патрона.

Верхогляд и рассеянный человек никогда не будут хорошими токарями.

**Мы рассмотрели важнейшие правила работы. Они не обременительны, и выполнение их у хорошего токаря входит в привычку.**

---

---

# Часть вторая

## ГЛАВА I. ОТРЕЗАНИЕ

Отрезным резцом приходится работать часто. Отрезка — обычная рядовая работа токаря. С нее начинается изготовление большинства деталей. Однако она не так проста, как может показаться с первого взгляда.

Отрезной резец — инструмент капризный, часто ломающийся. Работа с ним требует большого опыта и умения. В чем же секрет успеха?

В умелой заточке резца, в правильной его установке, в искусном использовании.

### ОТРЕЗНОЙ РЕЗЕЦ

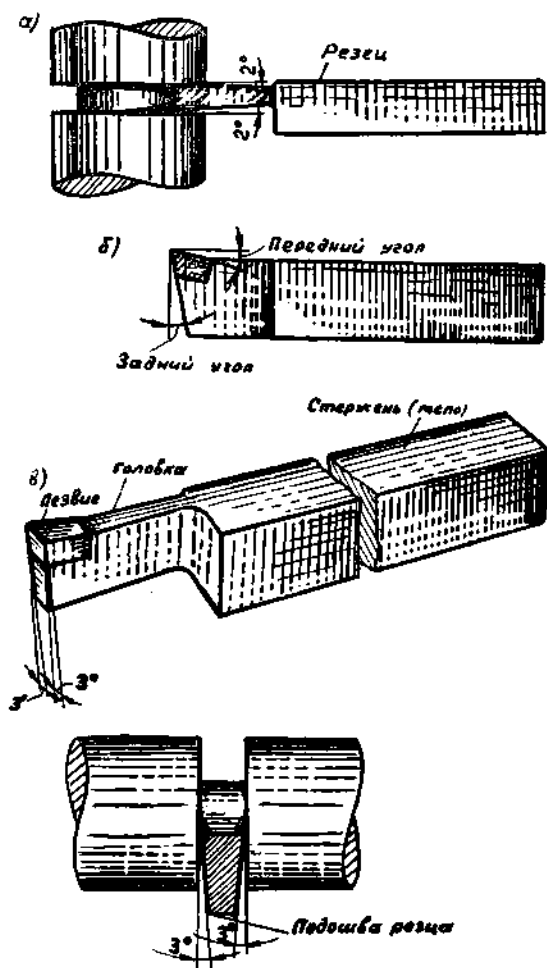
Отрезной резец не похож на другие резцы (фиг. 55). Головка у него узкая, а потому непрочная. Но широкой ее делать нельзя. Это увеличило бы ширину прорезаемой канавки, больше металла уходило бы в стружку. Вот почему отрезные резцы стараются делать очень узкими.

Самая широкая часть головки у лезвия. А дальше головка начинает сужаться, боковые грани сближаются. Кроме того резец уже у подошвы, чем наверху. Сделано это для того, чтобы боковые грани не терлись о стенки канавки (фиг. 55, нижний рисунок).

Первоначальная форма дается отрезному резцу в кузнице — при отковке. Обратите внимание на плавный переход головки в тело (фиг. 56). Переход должен быть округлен. Резец с подсеченным углом непрочен и может сломаться в месте соединения головки с телом.

Иногда применяют отогнутые отрезные резцы. Они удобны, когда надо отрезать металл около кулачков патрона.

Чтобы усилить головку за счет высоты, делают изогнутые резцы. «Петушки» — называют их токари. В самом деле, переверну-



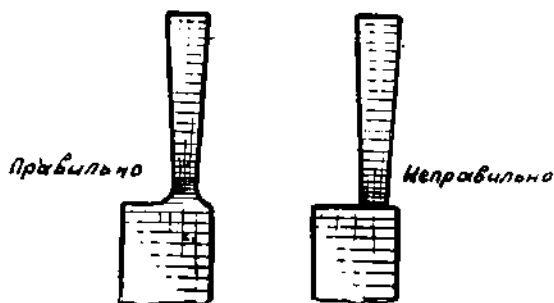
Фиг. 55. Отрезной резец

тые, они напоминают старинные резные пестушки, которые ставили на кровлях домов (см. фиг. 59).

Длина головки резца должна быть немного больше радиуса разрезаемой детали. Слишком длинная головка нехороша. Резец с такой головкой неустойчив, дрожит и при отрезке «уходит» в сторону.

Передний угол резца должен быть различным в зависимости от разрезаемого металла. У резца с пластинкой из быстрорежущей стали для отрезки мягкой стали, примерно,  $25^\circ$ , для твердого литья и стали—  $15, 10^\circ$ .

Резец станет прочнее, его стойкость увеличится, если сделать у лезвия фаску (фиг. 57). Об этом рассказал токарь Марков в своей книжке «Повысил стойкость отрезных резцов». Марков подобрал практическим путем наилучшую ширину фаски в зависимости от ширины отрезного резца.



Фиг. 56. Переход головки в тело

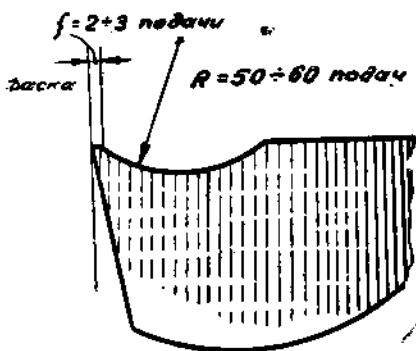
Вот табличка токаря Маркова:

Ширина резца 2; 4,5; 5; 6; 7 мм.

Ширина фаски 0,2; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5 мм.

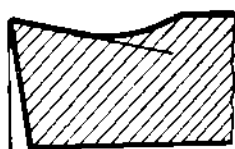
Переднюю грань отрезного резца при разрезании чугуна и твердой стали делают плоской, а для мягкой стали вогнутой.

Иногда токари делают выемку слишком крутой. Что происходит? Лезвие ослабляется. Самое же главное — стружка, слишком круто свертываясь в кольцо, попадает в канавку, трется об ее стенки, давит на режущую часть резца. Поэтому у отрезного резца выемку надо делать с большим радиусом, полого (радиус выемки берется равным 50—60 подачам и не менее 3 мм). Тогда стружка не будет забивать канавку (фиг. 58).

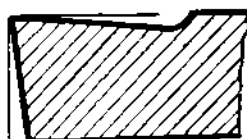


Фиг. 57. Фаска и выемка отрезного резца

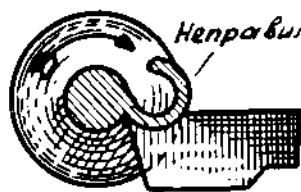
Отсюда возникло простое правило, которое можно услышать от бывалых токарей: если при разрезке быстрорежущим резцом мягкой стали стружка отходит широко выюющейся лентой, не застревая в канавке, значит резец заточен правильно.



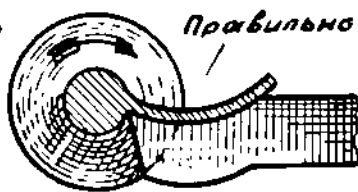
Передняя грань  
с выемкой (для стали)



Передняя грань плоская  
(для чугуна)



Крутая выемка, стружка  
попадает в канавку



Пологая выемка, стружка  
отходит в сторону

Фиг. 58. Выемка на передней грани

Как-то в разговоре, когда зашла речь об этом правиле, один опытный токарь сказал:

— Правил много. Хорошо их знать, а еще важнее токарю думать. Попался мне раз трудный случай — резал я куски металла большого диаметра. Не один токарь над этим голову поломал. Пришлось и мне повозиться. Как ни поставлю резец, все он ломается. Не мог довести отрезку до конца. Сделал пологую выемку на передней грани. Только, смотрю, не помогает. Канавка глубокая, забивает ее стружка.

Раз выемка не может вывести стружку, значит — не нужна она. Тут и правилу конец. Ищи другое... Стал думать, как облегчить резание, уменьшить поломки.

Если нельзя стружку выводить лентой наружу, значит надо ее искрошить, — решил я. Оказывается, сделать это не трудно. Для этого на **передней грани около лезвия надо заточить маленькую выемку**. Стружка, попадая в нее, ломается на мелкие кусочки. И не забивает прорезаемой канавки. Отрезка идет легко, и резцы не ломаются. Так я нашел способ резать куски большого диаметра.

Стало быть, для больших диаметров не пологую выемку надо делать, а маленькую. Не удобный выход для стружки, а — наоборот — канавку, ров, чтобы стружка крошилась. А чтобы мелкие кусочки не забивались между резцом и стенками, чтобы резец не заклинивало, хорошо вести отрезку вразбежку...\*

Но этим не исчерпывается опыт токарей. Нам довелось увидеть еще один способ разрезания заготовок большого диаметра.

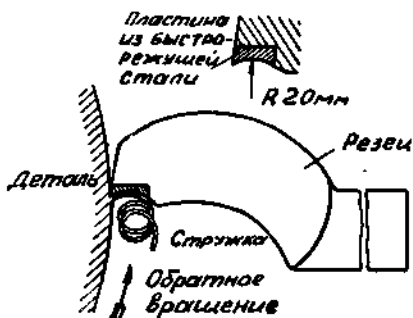
Отрезка велась перевернутым резцом при обратном вращении шпинделя. В этом случае, как будет рассказано дальше, резец меньше дрожит, резание идет спокойнее.

Особенностью резца была **очень пологая выемка**. Радиус ее равен 20 мм, что составляет около 100 и более величин подач. Такая пологая выемка приводит к тому, что при большой подаче (до 0,25 мм) стружка свивается и отлетает отдельными участками, а при малой подаче

(0,1 и менее) — отходит лентой (фиг. 59).

В обоих случаях она не забивает прорезаемую канавку.

При этом нужно применять обильное охлаждение резца эмульсией.



Фиг. 59. Отрезной резец для разрезания заготовок большого диаметра

\* О работе вразбежку рассказывается дальше.

## УСТАНОВКА РЕЗЦА

Приглядитесь, как опытный токарь ведет отрезку. Вы сразу увидите, что-то необычное: резец перевернут подошвой вверх; деталь вращается не так, как всегда, а в обратную сторону. В чем же дело?

Отрезку можно вести на правом ходу шпинделя (обычное вращение), но можно и на левом, используя обратный ход станка. Оказывается, это даже выгоднее. Почему?

При обычном вращении на правом ходу шпиндель вращается «на токаря» (против часовой стрелки, если смотреть со стороны задней бабки). При этом шпиндель, патрон и заготовка давят своим весом вниз. Под действием же давления резца шпиндель вместе с патроном и зажатым металлом слегка приподнимаются вверх.

Происходит это потому, что в подшипниках имеется всегда некоторый зазор, без которого шпиндель не мог бы вращаться свободно. Вдобавок, вследствие износа станка зазор часто бывает больше, чем нужно. Что же получается? Резец словно поддевает деталь, шпиндель начинает подскакивать вверх и вниз. В стдеьные моменты резец режет деталь, как бы на весу. Появляется сильное дрожание, оно вредно сказывается на станке и резце. Благодаря дрожанию детали стружка меняется по толщине — от двух сотых до двух миллиметров.

Меняется все время сопротивление резанию. Тонкий отрезной резец этого не выдерживает и зачастую ломается.

Этого не случится, если вести отрезку на обратном ходу. Деталь будет тогда вращаться «по часовой стрелке» и резец придется установить режущей кромкой книзу (фиг. 59). Теперь шпиндель под давлением резца не поднимается, а прижимается к нижней части подшипника, деталь не дрожит и стружка идет одинаковой толщины. Резец работает без толчков, спокойно. Отрезать перевернутым резцом на обратном ходу надо во всех случаях, когда приходится резать металл большого диаметра или делать широкую канавку, а также работая на изношенном станке.

А теперь ясна еще одна причина, почему отрезной резец делается изогнутым. Посмотрим рисунок. Благодаря изогнутости у перевернутого резца режущая кромка оказывается на уровне центров станка, а иначе она была бы много ниже и понадобилось бы немало подкладок, чтобы поднять ее на нужную высоту.

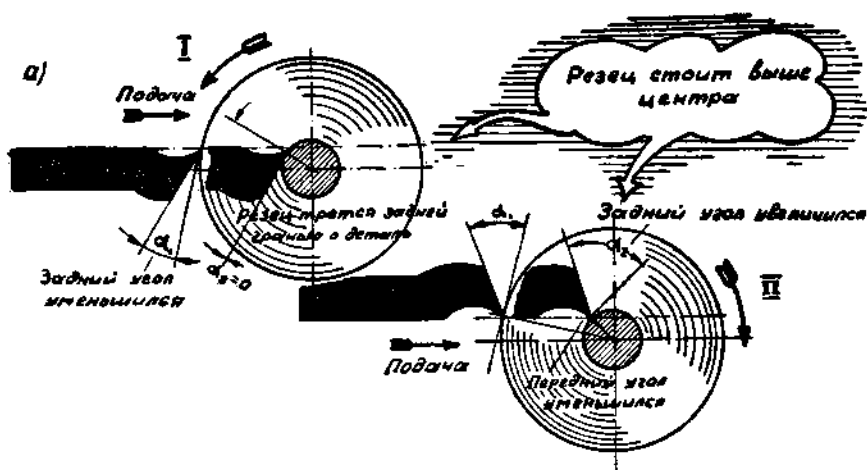
При установке резца надо следить, чтобы он не был **горбатым**. Неплотное прилегание резца к площадке резцедержателя легко приводит к поломке. Это нехорошо при любой работе, но особенно недопустимо при отрезке. Подошва резца должна плотно прилегать к площадке резцедержателя. Лучше обходиться без подкладок. Но если они оказались нужны, то, чем меньше их, тем лучше.

Поломаться отрезной резец может и от плохо сшитого ремня:

на нем могут быть неровности и выступы. При набегании ремня на шкив, он будет получать толчки, которые передаст шпинделю. Имея зазоры в подшипниках, шпиндель начнет слегка подпрыгивать. От толчка резец глубже врезается в металл и забирает слишком толстую стружку. У токарей это называется «подхватом» резца. А результаты подхвата — опять-таки поломка резца или порча детали.

Неисправность станка может испортить все дело. Зачастую станок имеет дефекты, на которые некоторые токари не обращают внимания: мертвый ход супорта, дрожание шпинделя. Не устранив их, нельзя вести отрезку. Брак детали либо поломка резца будут результатом халатности токаря.

Очень важна правильная установка резца по высоте. Дело в том, что у резца для продольного точения углы во время работы



Фиг. 60 а. Установка отрезного резца по высоте

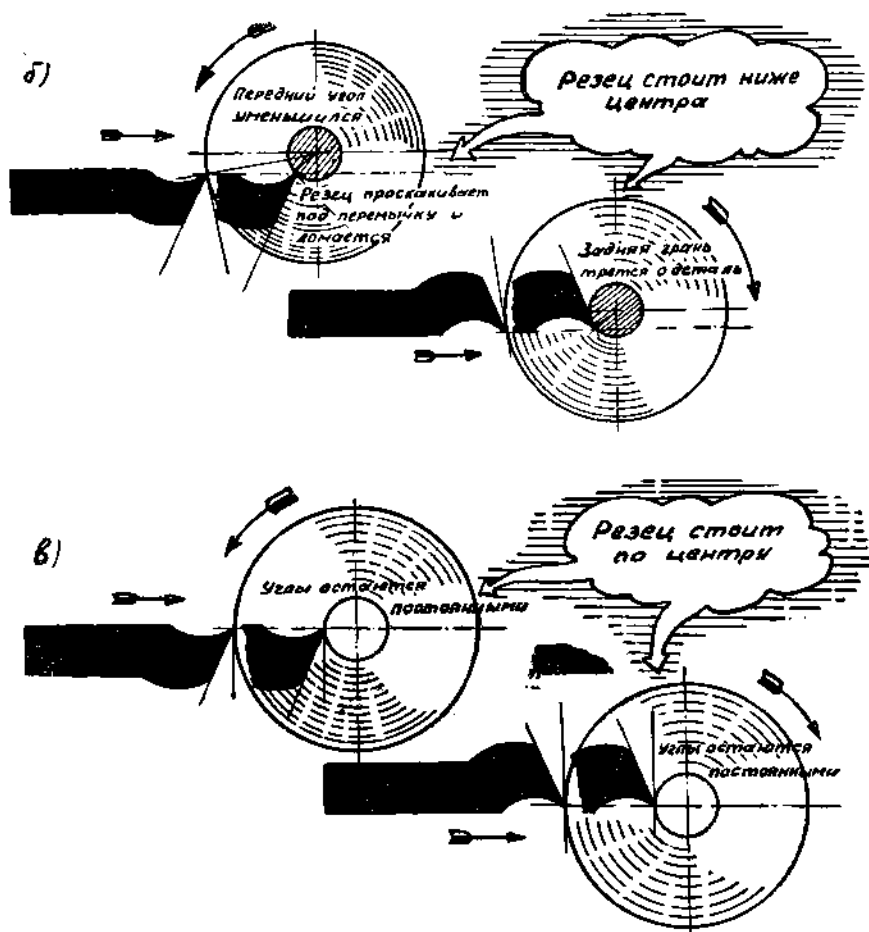
постоянные, а у отрезного, если он стоит не по центру, все время меняются.

Посмотрим на рисунок (фиг. 60а). Допустим, мы ведем отрезку на правом ходу. Если установить резец выше центра, то при приближении резца к середине детали задняя грань начинает тереться об изделие, резец сильно нагревается и может быстро испортиться и «сесть».

При работе на левом ходу задний угол при подходе к центру, наоборот, увеличивается, но уменьшается передний угол, и условия резания ухудшаются.

Предположим, мы снова ведем работу на правом ходу. Резец стоит ниже центра (фиг. 60б). По мере приближения резца к се-

редине детали увеличивается задний угол и уменьшается передний угол. Но это еще не все. Работа подходит к концу, и остается небольшой кусок для отрезки. Резец вследствие небольшой качки



Фиг. 60 б, в. Установка отрезного резца по высоте

шпинделя может проскочить под неотрезанный кусок. В результате произойдет поломка головки или выламывание пластинки быстрореза.

Не лучше будет при работе на левом ходу. При углублении резца в металл задний угол все больше уменьшается и резец трется задней гранью об отрезаемую деталь.

Отрезной резец следует устанавливать всегда точно против центра (фиг. 60в). Этого правила надо придерживаться все равно — работаете ли вы на левом или на правом ходу.



Приступая к отрезке, надо разрезаемый металл жестко закрепить в патроне, поджав его по возможности задним центром. Отрезать надо ближе к кулачкам патрона.

Не пытайтесь отрезать в центрах. Это приводит обычно к поломке резца. При разрезке тонких деталей, особенно склонных к дрожанию, необходимо ставить стойку-люнет, если отрезку нельзя произвести около самого патрона.

То место, где будет производиться отрезка, надо предварительно очистить от окалины. Окалина отскакивает легко, но резать с ней не следует, так как резец может сразу затупиться. Для очистки металла от окалины можно воспользоваться зубилом, молотком или трехгранным напильником.

Но вот мы подготовили все, как нужно: станок работает ровно и спокойно, шпиндель вращается легко и без качки, инструмент заточен и установлен правильно, жестко закреплен разрезаемый металл.

Как же вести отрезку?

Взявшись за рукоятку поперечной подачи салазок, осторожно подведите резец к детали. Металл никогда не имеет правильной, круглой формы; патрон также зажимает его не совсем точно в центре. Поэтому резец, коснувшись детали, снимает стружку только в одном, наиболее выступающем месте. Не забирайте сразу большой стружки, чтобы не поломать резец!

Срезав выступ, резец выходит из металла. Тут вследствие зазоров в механизме поперечной подачи он сразу делает небольшой рывок вперед. Вдобавок дается ему подача. Наскочив на следующую выпуклость на поверхности металла, резец может захватить слишком толстую стружку и сломаться. Поэтому, пока резец не начнет снимать сплошной стружки, подачу надо давать самую небольшую.

Зато, когда резец срежет все неровности и стружка пойдет сплошной лентой — тогда врезайтесь смелее! Подавать резец надо все время с одинаковым усилием, чтобы толщина стружки не менялась. Нельзя делать остановки, так как, скользя по металлу, резец тупится.

Не надо вести отрезку до тех пор, пока деталь отвалится. Лучше не довести отрезку до конца, а оставить небольшую перемычку, которая потом легко обламывается. Это, во-первых, сохранит режущую кромку резца, так как перемычка оказывается обычно немного выше или ниже лезвия, благодаря чему резец у центра не режет, а только давит. А, во-вторых, отрезанный кусок при падении может повредить направляющие станины.

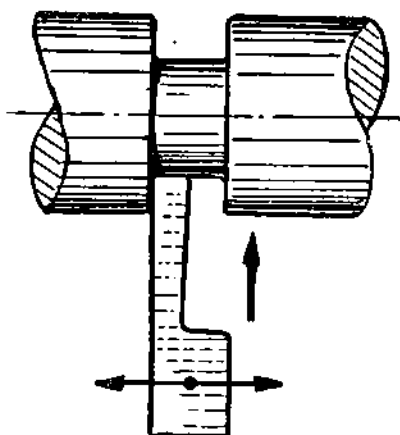
Отрезка идет значительно лучше и не бывает заедания резца при работе «вразбежку». Подавая одной рукой салазки с резцом к центру изделия, токарь другой рукой, взявшись за рукоятку продольной подачи, продвигает резец вправо и влево на ширину

$\frac{1}{2}$  лезвия резца. В результате ширина канавки увеличивается примерно в два раза, стружка получает свободный выход и отрезка идет спокойно (фиг. 61).

Отрезной резец работает в более тяжелых условиях, чем другие резцы, поэтому охлаждение для него особенно полезно. Состав охлаждающих жидкостей применяется тот же, что и при наружном точении (см. дальше).

Подача при отрезке берется очень небольшая: от 0,03 мм при ширине резца в 2 мм и до 0,15 мм при ширине резца в 8 мм (ширину резца считают за глубину резания). Чаще всего при отрезке применяется ручная подача. Можно, однако, пользоваться и машинной подачей, но лишь после того, как резец врезался в металл и идет сплошная стружка.

Отрезка имеет еще одну особенность: вспомните — скорость резания зависит от диаметра изделия. При отрезке скорость резания все время меняется. Чем дальше резец продвинулся к центру изделия, тем меньше стала скорость резания. Поэтому, **разрезая деталь большого диаметра, нужно увеличивать обороты по мере врезания резца в деталь.** Обычно, пройдя половину пути, станок останавливают и число оборотов увеличивают вдвое.



Фиг. 61. Отрезка «вразбежку»

## СКОРОСТНОЕ ОТРЕЗАНИЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ РЕЗЦАМИ

Долгое время резцы с пластинками из твердых сплавов на отрезных работах не применялись. Все попытки использовать их не имели успеха. Резцы выкрашивались. Казалось, что твердые сплавы, не выдерживая дрожаний и ударов, не пригодны для отрезания.

Первые успехи пришли, когда уменьшили углы резания твердосплавных резцов. Выкрашивание прекратилось. На первый взгляд это было неожиданным. Ведь чем меньше угол резания, тем менее прочен резец. Оказывается, дело не в этом. Чем меньше угол резания, тем слабее давление стружки на резец. А для непрочного отрезного резца это самое главное.

Больших успехов в скоростном отрезании добился токарь-новатор Л. Я. Мехонцев после того, как он нашел новую форму заточки резца.

— Мне хотелось использовать высокие режущие свойства

твердых сплавов для отрезки, — рассказывает новатор. — Я проделал немало опытов и имел много неудач, прежде чем добился успеха. Научиться управлять стружкой, не дать ей забивать канавку, давить на резец — вот какую задачу поставил я перед собой, приступая к опытам с отрезными резцами.

Вначале новатор решил испробовать способы заточки, которые давали хорошие результаты с быстрорежущими резцами. Начал с того, что приготовил резец с очень пологой выемкой. Это должно было обеспечить свивание стружки уже после ее выхода из прорезаемого паза. Но стружка плохо подчинялась. Она приставала к стенкам канавки. На них наращивался слой металла. Прежде всего, срабатывались уголки резца. А затем, когда канавка благодаря наростам сужалась, резец обламывался (фиг. 62а). Токарь испробовал противоположный способ: на передней грани сделал выкружку малого радиуса. Теперь стружка свивалась в крутой клубок и все же не ломалась! Клубок увеличивался, давил все сильнее на резец и его лезвие выкрашивалось (фиг. 62б).

Итак, результаты были почти одинаковые. Стало ясно, что стружку можно заставить ломаться, только загородив ей дорогу. Кроме того, надо расширить паз, чтобы дать ей свободный выход.

Третий тип резца, испытанный токарем, показан на фиг. 62в. У резца увеличен передний угол ( $+15^\circ$ ). Это, как сказано выше, уменьшает давление резания. Вслед за выемкой сделан высокий уступ. Он, собственно, не ломает стружку, а только сгибает ее и направляет на деталь. Упираясь согнутым концом в деталь, стружка обламывается отдельными полукольцами и вылетает из паза.

Для расширения паза была применена подача вразбежку. Работая этим резцом, удалось при отрезании заготовок диаметром до 70 мм довести скорость резания до 200 м в минуту. Подача 0,07 мм/об. При работе же быстрорежущим резцом при подаче 0,07 скорость резания бывает не более 20—25 м/мин, а при увеличенной подаче 0,1—0,15 мм/об скорость резания 15—20 м в минуту. Следовательно, твердосплавный резец сокращает время на отрезание не менее чем в 7 раз.

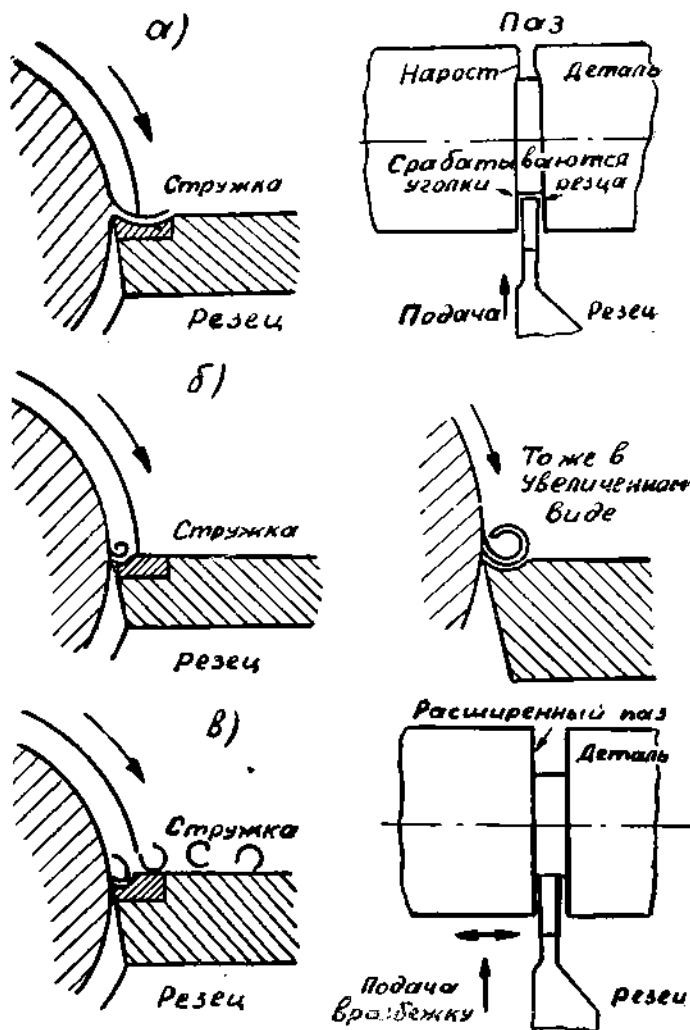
Мастеру одного из машиностроительных заводов т. Кузовкину удалось создать новый тип отрезного резца с пластинкой из твердого сплава для скоростной отрезки (фиг. 63). Этот резец заметно отличается от обычного отрезного резца.

Чтобы уменьшить давление на лезвие, его делают не прямым. Оно состоит как бы из двух лезвий, расположенных под углом  $120^\circ$ . Благодаря этому общая длина лезвия увеличивается, а давление на единицу длины уменьшается.

Обычно быстрее всего притупляются уголки режущих кромок. Для того, чтобы усилить их, а также вспомогательные режущие кромки, передняя грань резца заточена особым образом. Она приподнимается к середине, угол между двумя скатами передней гра-

ни равен  $160^\circ$ . Вследствие этого на вспомогательных режущих кромках получаются отрицательные передние углы  $-10^\circ$ . Это усиливает их.

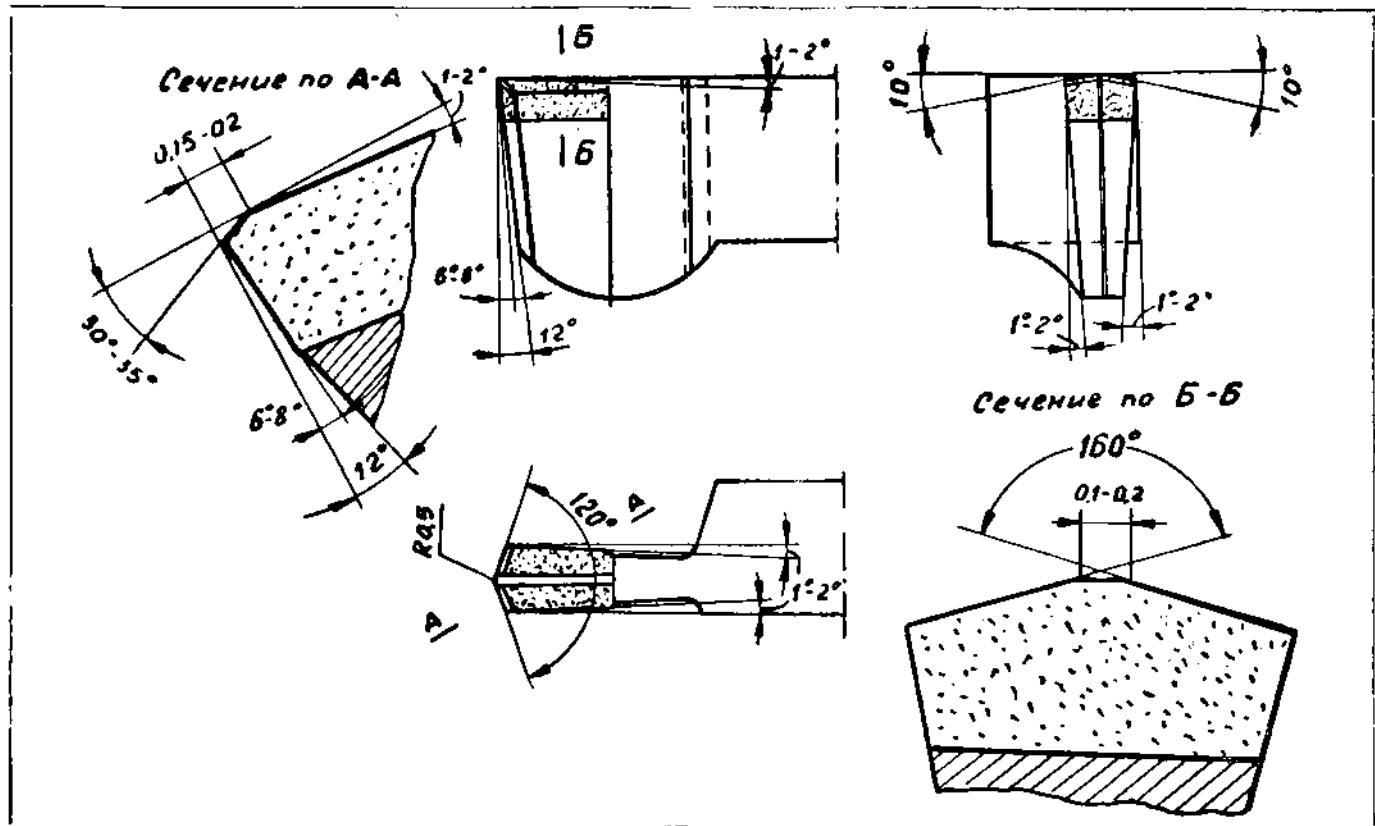
Для лучшего завивания стружки и упрочения лезвия на нем



Фиг. 62 а, б, в. Отрезание по способу токаря Мехонцева

сделана фаска шириной  $0,15-0,2$  мм под углом  $-30-35^\circ$ . Фаску так же, как и переднюю грань около вспомогательных режущих кромок, надо доводить на доводочном диске.

Из-за большого отрицательного угла фаски возникает сильное



Фиг. 63. Отрезной твердосплавный резец мастера Кузовкина

сопротивление резанию. Поэтому державку резца надо делать из прочной стали (марки 45) и закаливать. Важно также, чтобы две режущие кромки, из которых состоит лезвие, были одинаковой длины. Иначе неизбежен отжим резца и его поломка.

Отрезка обычным резцом стали 45 диаметром 60 мм занимает 6—8 минут, а резцом т. Кузовкина—25 секунд (подача 0,28 мм/об при 600 об/мин). Отрезка весьма твердых инструментальных сталей 9ХС, ХГ и ХВГ может вестись со скоростью резания 200—280 м/мин и подачей до 0,3 мм/об.

Новый резец решает вопросы скоростного отрезания.

---

## ГЛАВА II. ПОДРЕЗАНИЕ

Посмотрите на торец детали после отрезки. В центре остался бугорок, его надо убрать. Иначе при центровке сверло обломится. Вот почему обычно после отрезки заготовки следом за ней идет подрезание.

Снова подрезка появляется в конце работы: надо подрезать торцы детали, чтобы получить точную ее длину. Торцам надо дать правильную и чистую поверхность. После чернового обтачивания ступенчатой детали уступы получаются обычно коническими, конус уступа зависит от главного угла в плане проходного резца. Уступы также подрезаются.

### ПОДРЕЗНОЙ РЕЗЕЦ

Здесь изображен подрезной резец с пластинкой из быстрорежущей стали (фиг. 64). Для того, чтобы можно было подрезать торец детали, установленной в центрах, вспомогательный угол в плане делается не меньше  $40^\circ$ . Главный угол в плане  $90^\circ$ . Угол у вершины получается небольшой, заостренный.

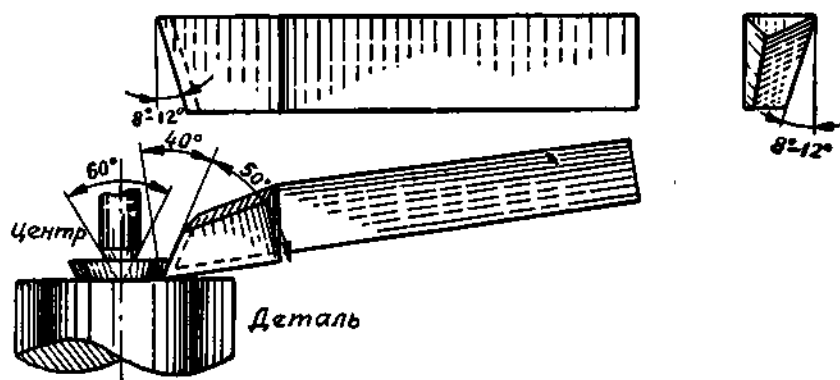
С точки зрения стойкости, подрезные резцы уступают проходным резцам с меньшим главным углом в плане (см. стр. 62), однако они во многих случаях имеют свои преимущества.

Прежде всего, если обточка идет по закаленной корке (отбеленный чугун, заготовки, вырезанные из стального листа с помощью газовой резки, и т. д.), то подрезной резец позволяет сразу забраться под корку. После того, как резец врезался, с закаленным слоем металла он соприкасается лишь небольшой частью режущей кромки. Сравните с этим работу проходного резца, у которого идет по корке большая часть лезвия (фиг. 65 а).

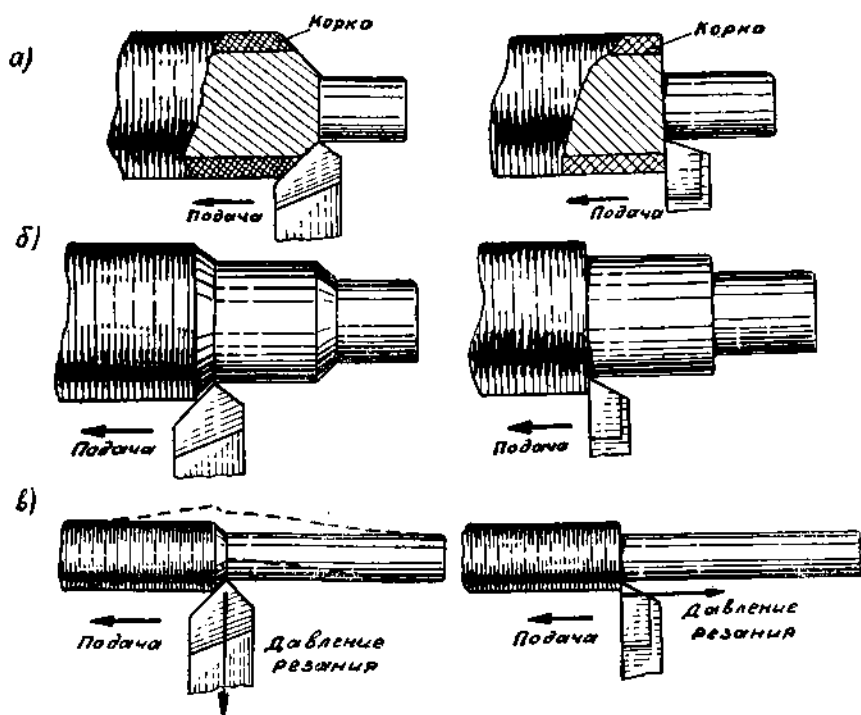
При продольном обтачивании подрезным резцом уступы ступенчатой детали получаются с углом  $90^\circ$ . Благодаря этому отпадает необходимость в подрезании, экономится время на отвод проходного резца и замену его подрезным резцом. Конечно, это тем выгоднее, чем короче деталь и чем больше она имеет уступов (фиг. 65б). Это давно подметили токари, которые предпочитают в этих случаях вести обтачивание не проходным, а подрезным резцом. Однако понадобился авторитет наших лучших токарей: Бортевича, Семинского и многих других, применяющих для обтачи-

вания подрезные резцы, — чтобы этот факт был наконец узаконен и в технической литературе.

Есть еще третий случай, когда выгодно работать подрезным



Фиг. 64. Подрезной резец



Фиг. 65 а, б, в. Преимущества подрезных резцов (слева точение проходным резцом, справа — подрезным)



резцом. Вспомним: чем меньше главный угол резца в плане, тем больше давление резца на деталь. При обточке тонких и гибких деталей это приводит к сильному их дрожанию, которое затрудняет обработку.

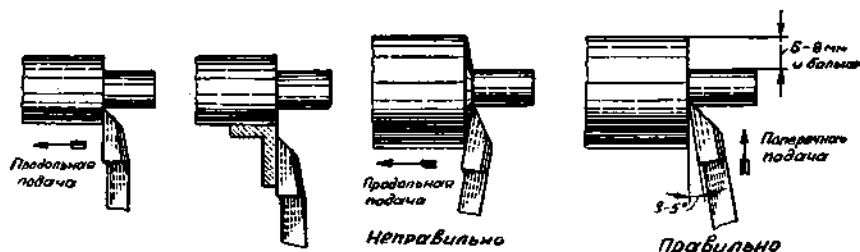
При продольной обточке таких деталей подрезным резцом давление направлено в основном вдоль детали. Поэтому она не дрожит и не прогибается (фиг. 65в). Значит, и в этом случае будет прав тот, кто выберет подрезной резец вместо проходного.

### КАК ВЕСТИ ПОДРЕЗКУ

Посмотрим: как используется подрезной резец по прямому назначению — для подрезания?

Подрезка может вестись как с продольной, так и поперечной подачей в зависимости от высоты уступа или подрезаемого торца. При невысоких уступах (до 6—8 мм) и не особенно точных работах подрезка ведется продольной подачей. Резец устанавливают так, чтобы его режущая кромка составляла с осью детали прямой угол. Проверяется установка резца на глаз или по угольнику.

При больших уступах подрезать так нельзя. Получается широкая стружка. Она приводит к дрожанию резца. Поверхность уступа становится шероховатой. Благодаря сильному давлению резец



Фиг. 66. Подрезка невысоких и высоких уступов

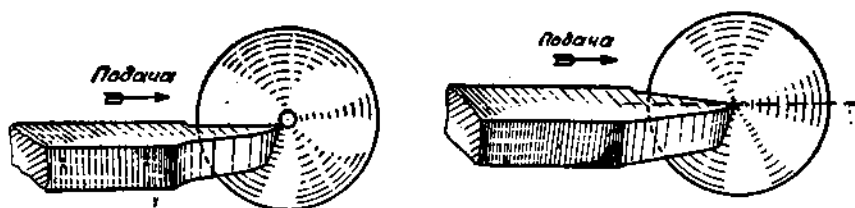
отклоняется в сторону — уступ получается неправильным, не перпендикулярным оси (фиг. 66). Поэтому точную подрезку высоких уступов производят поперечной подачей. Чтобы резец не терся длинной режущей кромкой о торец уступа, его ставят под небольшим углом (3—5°) к направлению поперечной подачи. Вершина резца должна быть установлена точно по центру.

Бывает, что деталь от давления резца чуть приподнимается и резец, подойдя к середине детали, проскакивает под ней, не срезав бугорка. Как сделать, чтобы этого не случилось?

Надо резец заточить с наклоном лезвия к вершине. Вершину резца ставить по центру, а режущую кромку так, чтобы была не-

много поднята. Если продвинуть резец дальше, он обязательно срежет бугор в центре (фиг. 67).

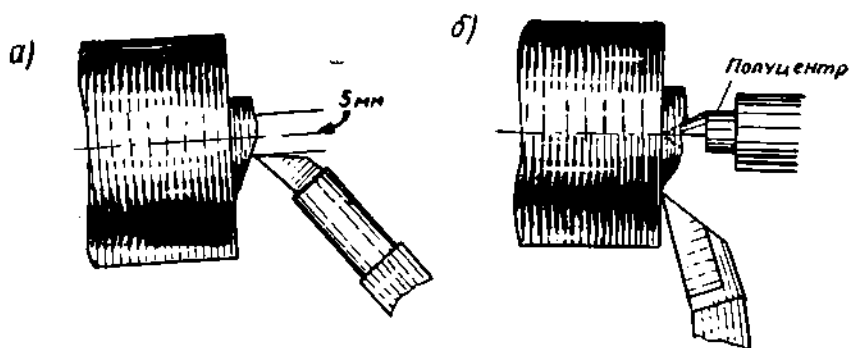
Такая установка резца страхует нас на тот случай, если вершина резца окажется немного ниже центра. А это может случиться, если деталь приподнимется. Заточив лезвие слегка наклонно,



Фиг. 67. Установка лезвия с наклоном

как здесь нарисовано, мы легко срежем и в этом случае малейшую неровность на торцевой плоскости.

Большие неровные остатки после отрезки деталей большого диаметра опасны для резца. К ним нужен особый подход. Резец надо брать с хорошо заостренным концом. Такой резец может взять очень тонкую стружку. Этим резцом надо проточить в центре небольшую площадку, диаметром миллиметров пять, не больше (фиг. 68а). Сделали площадку — зацентрируйте деталь. А затем, поджав задней бабкой, подрезайте начисто смело (фиг. 68б).



Фиг. 68. Подрезка толстой перемычки

Нередко большие споры возникают по вопросу о том, как вести подрезку: от центра к наружной поверхности или наоборот от нее к центру?

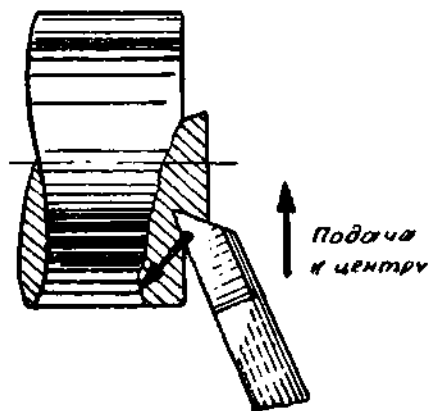
Сторонники первого говорят: — Если будете подавать резец к центру, кончик резца врежется в металл. На резец давит стружка. Вот его и втянет, и торец будет не чистым (фиг. 69).

А если повести подрезку от центра — резец давлением только

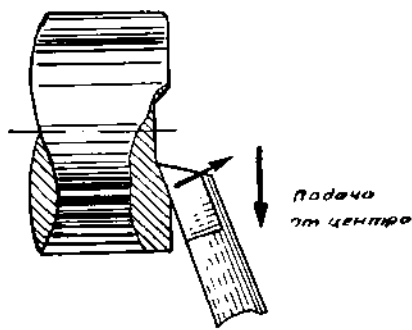
слегка отожмется в сторону. Если получатся неровности, сгладить их можно чистой подрезкой. Во второй раз стружка будет тонкая, давление небольшое — резец отходить не будет.

Получится чистая поверхность (фиг. 70).

Сторонники второго мнения возражают: — А как вы будете измерять, сколько пужно подрезать, если начнете от центра? Ведь



Фиг. 69. Затягивание резца



Фиг. 70. Отжим резца

если подрезать от наружной поверхности, то промерить легко — линейкой, нутромером или циркулем. А если от центра, то очень сложно.

Третьи стараются примирить оба мнения: — Сначала надо подрезать к центру, взять правильно размер, оставить 1 мм на чистую подрезку. А потом снять тоненькую стружку от центра.

Но у опытных токарей есть свой прием. Они стараются подрезать за один проход, если только не слишком много надо срезать сразу. А чтобы хорошо подрезать за один раз, нужна особая заточка резца.

На режущей кромке затачивается участок, параллельный торцу (фиг. 71). Участок небольшой 0,5—1 мм и только при подрезке деталей большего диаметра можно увеличить его до 2—3 мм.\*

Этот маленький участок играет большую роль (фиг. 71 слева). Подачу резцу дают поперечную к центру. Обычно при подрезке резец оставляет на поверхности торца легкий след. Подача большая, поэтому и царапинка получается в виде спирали.

А если пользоваться резцом с заточенным участком, то никакого следа не будет. Такой резец работает, как два инструмента: главную работу выполняет режущая кромка, срезая основную

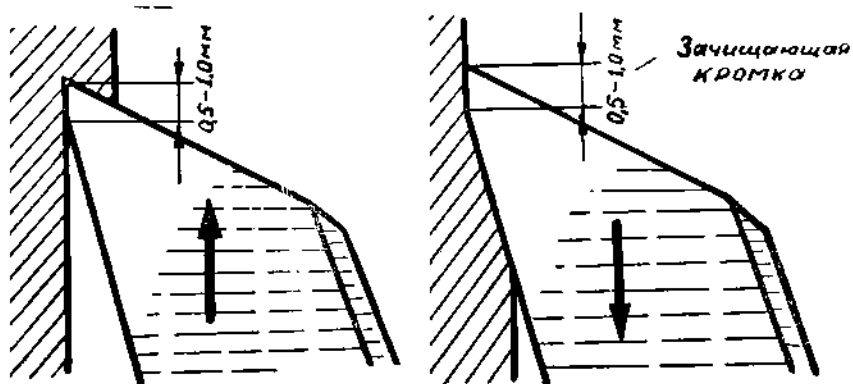
\* Резец отчасти напоминает резец В. Колесова. Такие резцы уже давно применяют опытные токари на подрезных работах.

стружку, а участок около вершины, заточенный параллельно торцу, зачищает поверхность.

И стружка идет двойная: основная, грубая от подрезки, и мелкая от зачистки, похожая на тонкие волоски или шерстинку.

Чем тоньше и мягче стружка, тем чище получается поверхность.

Подрезая таким резцом, нужно подавать его к центру. Но можно вести подачу и от центра (фиг. 71 справа). В обоих случаях остающиеся следы будут зачищаться и гребешки исчезнут.



Фиг. 71. Особая заточка подрезного резца

Боковая заточка идет за лезвием, как бы по пятам и зачищает все неровности.

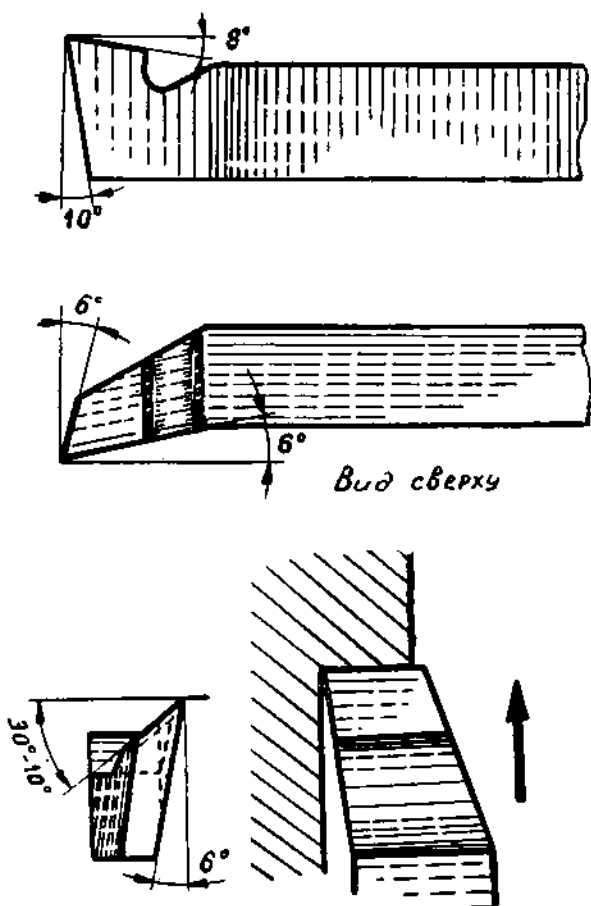
— Значит, к центру? — спросит читатель. — Да, в особенности, если работать таким резцом. Вообще подача от центра еще и потому неудобна, что нужно вначале врезаться резцом в середину детали. А подрезной резец имеет длинное лезвие, параллельное торцу, врезаться не просто. Вот почему следует предпочесть подачу к центру.

— А заедание? — спросит снова читатель. — Да, об этом пишут в некоторых книгах. Только это преувеличение. Нет такой опасности при обычном подрезании. Вот если снимать большую стружку, тогда заедание может получиться. Но большую стружку поперечной подачей подрезного резца не снимают. В этом случае ведут подрезку ступенями. Резцу дают продольную подачу, снимают первый слой металла (2—3 мм), потом отводят резец, подают его снова и так срезают слой за слоем. Чистовая подрезка делается под конец поперечной подачей.

Только этот способ не самый лучший. При подрезании ступенями приходится много гонять станок вхолостую. После каждого прохода надо возвращать резец обратно.

Этого можно избежать, если для подрезки большого припуска (15—30 мм) применять упорные или торцевые резцы (фиг. 72).

Они имеют главную режущую кромку, расположенную параллельно оси детали или под небольшим углом к ней. Вспомогательная режущая кромка делается под углом  $78-90^\circ$  к главной режущей кромке со стороны подрезаемого торца. Резец подают попе-



Фиг. 72. Подрезные боковые резцы (упорные и торцевые)

речной подачей к центру детали и снимают за один проход весь припуск.

Очень часто подрезные резцы делаются с пластинками из твердых сплавов. Но так как такие резцы применяются прежде всего для обтачивания деталей, то о них будет рассказано в следующей главе.

### ГЛАВА III. ОБТАЧИВАНИЕ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Наружное точение занимает самое большое место в токарной работе. К нему относятся: грубая и черновая обточка, получистовое и чистовое точение наружных поверхностей деталей.

Грубое (обдирка) и черновое точение дают предварительную форму детали, снимая весь лишний слой металла. Это самая простая работа токаря. Ее поручают нередко работнику невысокой квалификации.

Но если вспомнить, что при грубом и черновом обтачивании снимается больше всего металла, что на них затрачивается не меньше половины всего времени обработки, то мы придем к выводу, что они заслуживают и большого внимания и уважения.

От чего же зависит успешное их выполнение?

От геометрии резца.

От жесткого крепления детали.

От правильно выбранного режима работы (т. е. глубины резания, подачи, скорости резания).

#### ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ РЕЗЦЫ ДЛЯ ГРУБОЙ И ЧЕРНОВОЙ ОБТОЧКИ

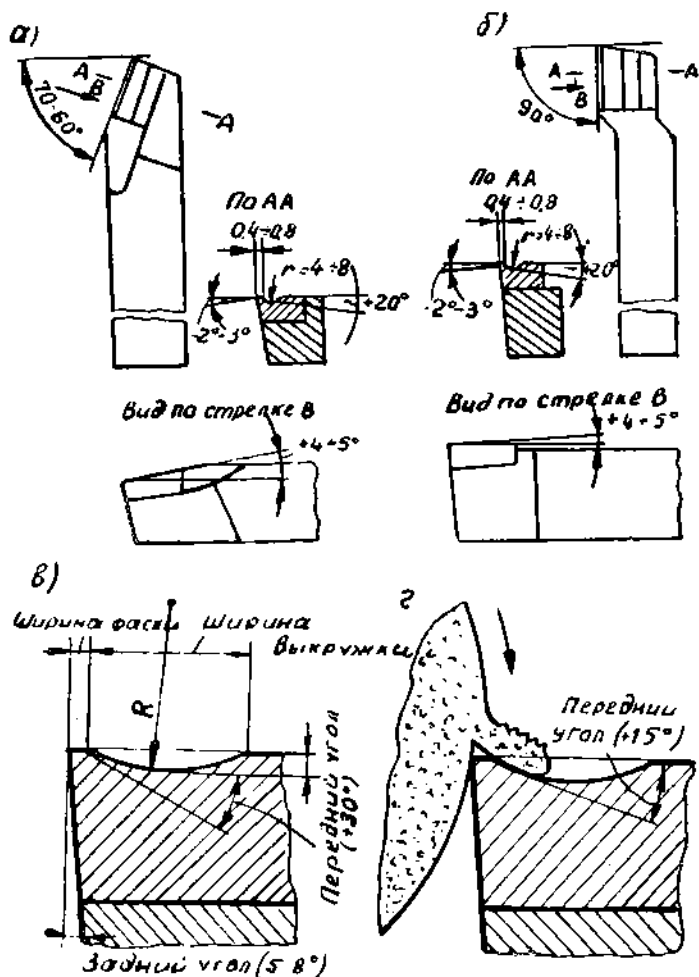
Основная задача при грубой и черновой обточке: добиться наибольшей производительности при снятии больших объемов металла и полном использовании мощности станка. Поэтому большинство токарей ведет обточку твердосплавными резцами.

Наиболее часто для скоростного резания применяются резцы, показанные на рисунках (фиг. 73 а и б). Такими и сходными с ними резцами работают многие передовики производства, в том числе лауреаты Сталинской премии П. Б. Быков, В. М. Бирюков, В. К. Семинский и другие.

Первый резец применяется для чернового точения стали при средних сечениях стружки (на станках 1А62, ДИП-200 и ДИП-300: подача до 0,5—0,6 мм/об, глубина резания до 8 мм). Главный угол в плане 60—70°. Лезвие имеет положительный угол наклона: 4—5°. Это значит, что вершина резца слегка опущена, что увеличивает прочность головки. Пластинки твердого сплава марок Т15К6 и Т5К10. Такой тип резца называют проходным.

Второй резец применяют для чернового точения стали при

крупной подаче и большой глубине резания (станок 1А62, ДИП-300, подача 0,7—0,9 мм/об, глубина резания 12—15 мм). Главный угол в плане  $90^\circ$  — это снижает усилие резания, кото-



Фиг. 73. Резцы для наружного чернового точения:  
 а — проходной резец; б — подрезной резец; в — выемка и фаска;  
 г — передний угол

рое из-за крупной стружки иначе было бы очень большим. Наклон лезвия и марки твердых сплавов те же, что и у первого резца.

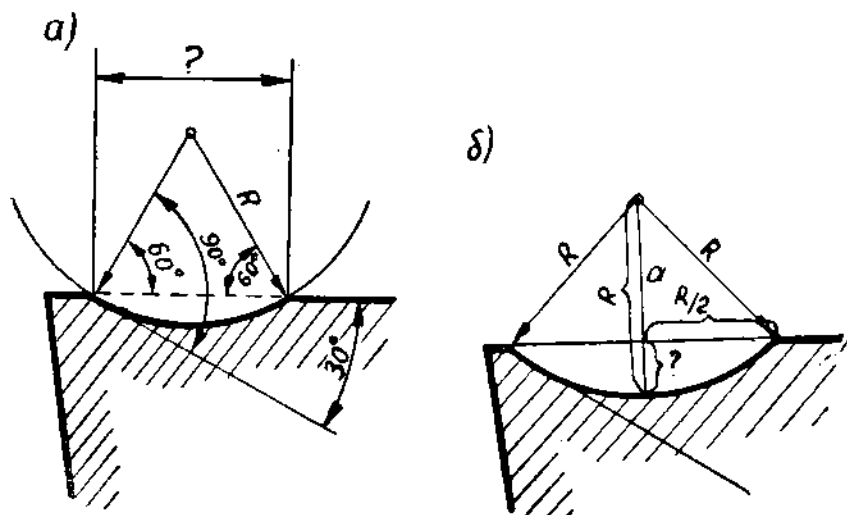
Резцы этого типа принято называть подрезными. Но мы уже говорили, что токари широко применяют их и для обтачивания.

Рассматривая оба резца в разрезе (в плоскости, перпендикулярной к лезвию), мы не найдем в них различия. На передней гра-

ни каждого сделана выкружка (или канавка). Она идет параллельно режущей кромке и служит для завивания стружки. Вдоль лезвия заточена фаска (фиг. 73 в, г). Чем больше подача и толще стружка, тем больше должна быть выемка и шире фаска.

Ширина фаски должна быть равна или чуть меньше подачи  $[(0,8-1) \cdot S]$ , а радиус выкружки примерно в 8—10 раз больше подачи  $[(8-10) \cdot S]$ . Например, при подаче 0,4 мм/об ширина фаски 0,4 мм, а радиус выкружки 4 мм; при подаче 0,7—0,9 мм/об ширина фаски 0,5—0,7 мм, а радиус выкружки 7 мм.

Кроме величины подачи, надо учитывать и глубину резания, и твердость обрабатываемого материала. При увеличении глубины резания стружка становится шире и завивается хуже. Что же надо сделать? Надо уменьшить радиус канавки. Допустим, при



Фиг. 74 а, б. Чему равны ширина и глубина выемки

глубине резания 6 мм и подаче 0,4 мм/об радиус выкружки был 4 мм. Увеличив глубину резания до 10 мм, надо для лучшего завивания стружки увеличить и подачу до 0,5 мм/об (при этом же радиусе канавки), либо уменьшить радиус выкружки до 3 мм (при той же подаче).

Чем мягче металл, тем стружка завивается хуже. Поэтому для обточки мягкого металла радиус выкружки надо также уменьшить.

А какой глубины должна быть выкружка (канавка)? Это очень важный вопрос. Чем глубже мы ее сделаем, тем больше получится передний угол. Примем передний угол  $+30^\circ$  (больше делать нельзя, так как это ослабит резец), посмотрим, какими при этом получатся ширина и глубина выемки (фиг. 74а).



Как расположится передняя грань? Она касательная к окружности выемки. Значит с радиусом ее составляет  $90^\circ$ . Если передний угол  $30^\circ$ , то боковой угол в треугольнике, образованном радиусами (см. фиг. 74а),  $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ . Другой угол такой же. Теперь читатель может сам продолжить и подсчитать, что ширина выкружки равна ее радиусу, а глубина составляет примерно 13—14% величины радиуса (фиг. 74б) \*. Такими обычно их и делают.

Итак, благодаря выкружке, сделанной на передней грани, получается положительный передний угол резца. Этот угол будет переменным: он больше около лезвия ( $+30^\circ$ ) и равен нулю на дне канавки. В среднем его можно считать равным  $+15^\circ$ . Угол можно сохранять одним и тем же для сталей марок Ст. 3 и Ст. 5 (предел прочности 40—60 кг/мм<sup>2</sup>), что касается фаски, то она делается с нулевым или небольшим отрицательным передним углом ( $-2^\circ$ ,  $-3^\circ$ ).

Существует мнение, что выкружку и фаску можно правильно заточить только электроискровым способом. Это совершенно неверно. Многие токари даже в условиях ремонтных цехов затачивают сами твердосплавные резцы (например, кругом экстракарборунд, зернистостью 70—80, диаметром 175 мм и толщиной 16 мм). Заточка выкружки требует, разумеется, известного навыка. Держа резец наклонным, головкой вниз, его подводят к вращающемуся кругу. Во время заточки резец надо покачивать так, как это показано на рисунке (фиг. 75а). Для проверки правильности выкружки нужно иметь радиусомер или набор шаблонов (фиг. 75б). После заточки лезвие резца доводят на чугунном доводочном диске пастой карбида-бора, разведенной на масле.

Мы рассказали подробно о заточке и форме выкружки потому, что это один из самых важных вопросов скоростного резания.

В последнее время появился твердый сплав Т30К4, обладающий повышенными режущими свойствами. Вот что рассказывает о нем Федор Космылин, передовой токарь Челябинского завода им. Коллющенко:

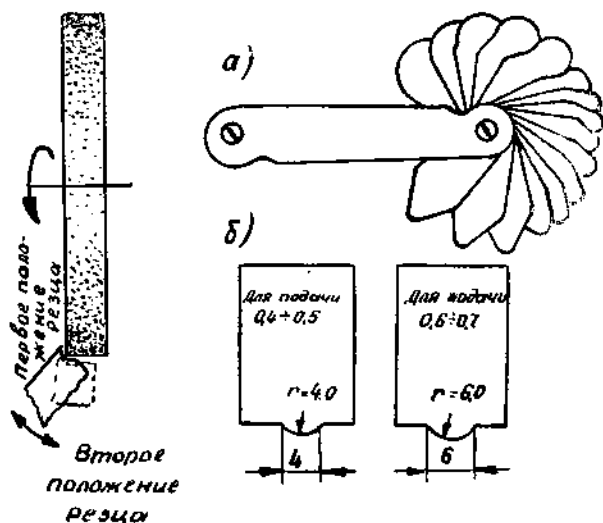
— Резцы с пластинками твердого сплава Т30К4 у нас применяют еще немногие токари. Кое-кто считает почему-то более выгодным работать другими резцами. Но опыт показал, насколько производительнее работают резцами с пластинками Т30К4.

Основные детали, которые мне приходится чаще всего обрабатывать, — это полуоси скреперов. Работаю на скоростном станке 1А62. Вначале я обтачивал полуоси быстрорежущими резцами,

\* Сумма углов в треугольнике  $180^\circ$ . Значит, третий угол тоже  $60^\circ$ . Треугольник равнобедренный. Следовательно, ширина выемки = радиусу. Если посмотрим на рисунок, то увидим, что глубина выемки =  $R - a = R -$

$$\sqrt{R^2 - \frac{R^2}{4}} = R - R \sqrt{\frac{3}{4}} = R(1 - 0,86) \approx (0,13 \div 0,14)R, \text{ т. е. } 13 - 14 \text{ процентов от радиуса.}$$

давал за смену не более 10 полуосей. Стал применять твердосплавные резцы Т15К6 и сразу увеличил скорость резания до 110—120 метров в минуту, при глубине резания 2,5 мм и подаче 0,4 мм (раньше скорость резания была около 50 м/мин, а подача не превышала 0,28 мм). При этих условиях стал обрабатывать за смену до 30 полуосей. Сейчас я применяю резцы с пластинками Т30К4. Этими резцами, не изменяя глубины резания и подачи, я достиг скорости резания до 276 метров в минуту. Изготавливаю теперь по 45—50 полуосей за смену. На обработке втулок бульдозера другие токари нашего цеха, применяя резцы с пластинками



Фиг. 75 а. Заточка выкружки; б. Радиусмер и шаблоны

Т15К6, обтачивают за 8 часов по 180—200 штук, а я резцами с пластинками Т30К4 — 350 втулок.

Часто токарям приходится обтачивать детали с неравномерным припуском, с прерывистой поверхностью. Например, из шестигранника вытачивают болты, из квадратного материала — разные детали. Резец, встречаясь с каждой гранью, испытывает удар (фиг. 76 а). Бывает немало и других случаев, когда вследствие неравномерности припуска и наличия неровной твердой корки лезвие резца работает с ударной нагрузкой. Применять в таких случаях обычный резец нельзя. Он быстро выходит из строя. Если у него пластинка из твердого сплава, она вскоре выкрошится.

Резец для обточки с переменной нагрузкой показан на фиг. 76 б. У этого резца малый главный угол в плане ( $40^\circ$ ). Но главная его особенность — это сильно наклоненное лезвие (положительный угол наклона  $+40^\circ$ ). Когда этот резец врезается в де-

таль, то удар приходится на наиболее высокую часть лезвия, далеко от вершины резца. Только потом в работу входит и остальная, менее прочная часть лезвия.

В то же время у этого резца положительный передний угол ( $+10, +12^\circ$ ), что позволяет ему легко резать металл. Впрочем слово «резать» здесь не подходит. Резец не режет, а как бы сбивает все возвышенные места и неровности. Стружка отлетает отдельными полосками. Когда резец углубляется в металл, полоска удлиняется, скручиваясь штопором. Этот резец прекрасный помощник при работах с переменной и ударной нагрузками.

Резцы для обтачивания чугуна по своей форме не отличаются от резцов для стали. Точно так же есть и проходные и подрезные

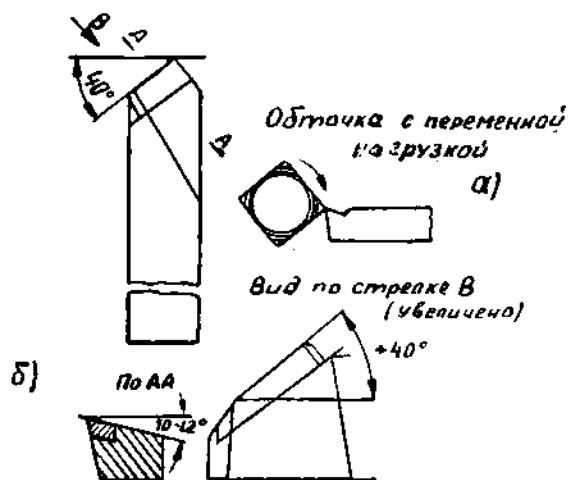
резцы. Но геометрия режущей части у них другая. Здесь не приходится бороться со стружкой, завивать и обламывать ее. Поэтому передняя грань у резцов для чугуна плоская. Передний угол делается положительным от  $8$  до  $15^\circ$  (в зависимости от крепости чугуна). Угол наклона лезвия  $0^\circ$  (горизонтальное лезвие). Применяется твердый сплав ВК8.

Для черногового обтачивания стали с повышенной и высокой прочностью

( $\sigma_n = 80 \text{ кг/мм}^2$  и выше) резцы затачиваются с отрицательным передним углом и положительным углом наклона режущей кромки. Такая заточка, как мы знаем, упрочняет режущую кромку, дает высокую концентрацию тепла в зоне деформации и размягчает срезаемый металл, она улучшает вместе с тем отвод тепла через тело резца (см. стр. 60).

Чаще всего у этих резцов делают переднюю грань с двойной заточкой: пластинку помещают под положительным передним углом ( $+20^\circ$ ), а у лезвия делают отрицательную фаску шириной  $3-5$  подач. Эта фаска, собственно, и служит передней гранью. Такие резцы можно перетачивать большее число раз, чем резцы с плоской передней гранью. В этом их серьезное преимущество.

Следует помнить, что при обточке резцами с отрицательными передними углами возрастают усадка и сила трения стружки о



Фиг. 76 а. Обточка с ударной нагрузкой  
б. Резец для обтачивания с ударной нагрузкой

резец, увеличивается потребная мощность. Поэтому даже при обработке стали высокой твердости стремятся использовать резцы с положительным передним углом.

## РОЖДЕНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЗАНИЯ

Первым, кто практически применил в производственных условиях скоростное резание, был ленинградский токарь Генрих Борткевич. Произошло это в 1948 г.

Этому предшествовала большая работа советских ученых и инженеров по изучению вопросов скоростного резания металлов.

Путь Борткевича не был путем одиночки. Он опирался на достижения советской науки и промышленности, создавших, в частности, высококачественные марки твердых сплавов. Его поддерживали и ему помогали товарищи-токари, инженеры, руководители завода, партийные и общественные организации.

С большим упорством и настойчивостью с каждым днем увеличивал Борткевич скорости резания, открывая все новые резервы, таившиеся в станке и резце, устраняя помехи и возникавшие трудности.

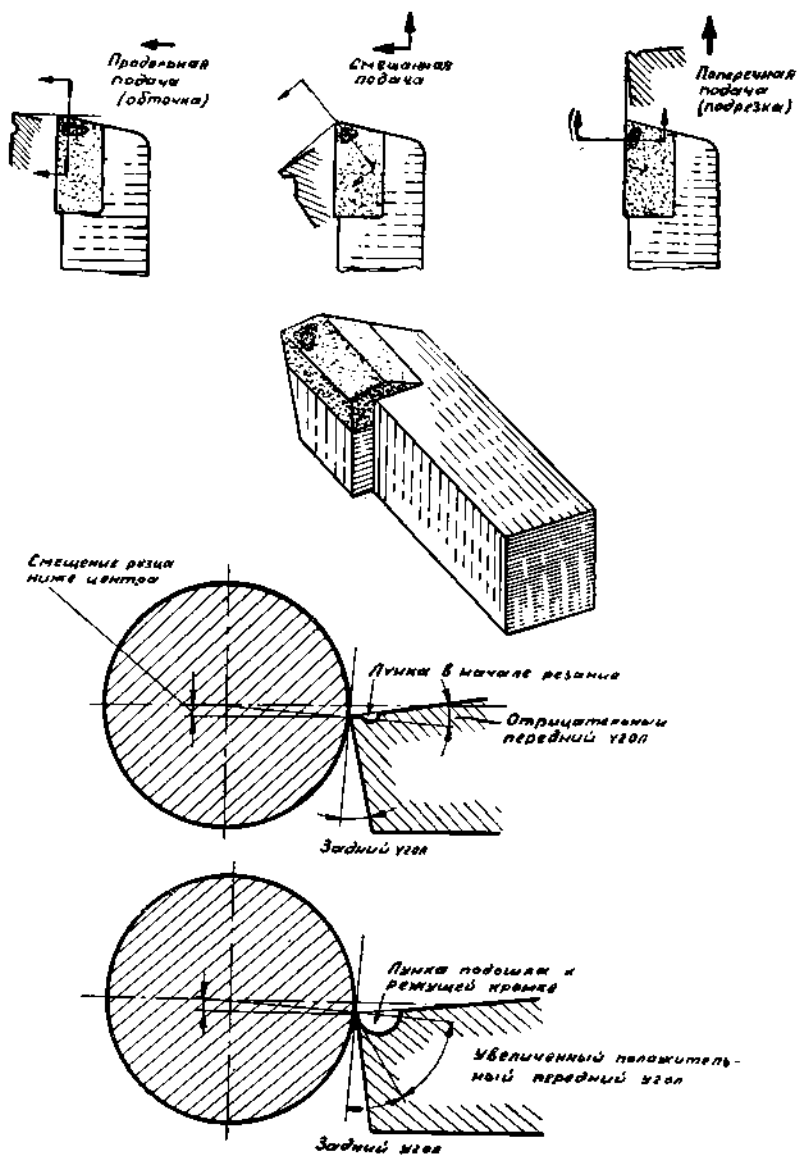
Когда Борткевич перешагнул скорость резания 300 метров в минуту, он стал замечать, что через несколько минут после начала работы резание улучшалось, а затем, спустя 20—30 минут оно внезапно ухудшалось, хотя резец еще не был затуплен. А вслед затем наступало вскоре и затупление.

Он стал присматриваться и обнаружил интересные факты. Стружка, с большим давлением и скоростью ударявшая о переднюю грань резца, вырабатывала в ней небольшую лунку. После появления лунки резание шло легче. Лунка была намного меньше тех, что делаются на резцах из быстрорежущей стали. Но ее положительная роль была несомненна.

Она не сохраняла свои размеры и форму, а продолжала расти, становилась все более продолговатой. Когда велась подрезка, она росла в продольном направлении, при обточке — в поперечном. При смешанной работе приобретала форму треугольника (фиг. 77).

Все это Борткевич замечал. Но самым важным его открытием было то, что он нашел причину резкого ухудшения работы резца. Оказывается, это происходило тогда, когда, разрастаясь, лунка разрушала небольшую перемычку между ней и лезвием. Она выходила на край резца, приближаясь вплотную к лезвию. Температура резца быстро возрастала, и лезвие разрушалось. Резец требовал долгой и большой переточки по передней и задней граням.

«Значит, нельзя допускать разрушения перемычки между лункой и лезвием. Надо подтачивать переднюю грань заранее, — думал Борткевич. — Но когда? Тогда ли, когда лунка мала? Или



Фиг. 77. Образование при скоростном точении лунки

дать ей разрастись? Да, это будет правильнее. С большой лункой резец работает лучше.

Так родился скоростной резец с лункой, иначе говоря, с выкружкой или выемкой. Борткевич взял за правило подправлять

переднюю грань оселком, когда между кромкой резца и краем лунки остается перемычка шириной 0,15—0,25 мм (или меньше 3/4 подачи). Это критическая ширина ленточки. Передовой токарь восстанавливал ее, не снимая резца со станка, оселком (экстракарборунд, зернистостью 400).

Работая резцом с лункой, Борткевич на обработке стали средней твердости при коротком цикле резания стал снимать стружку со скоростью 700 метров в минуту.

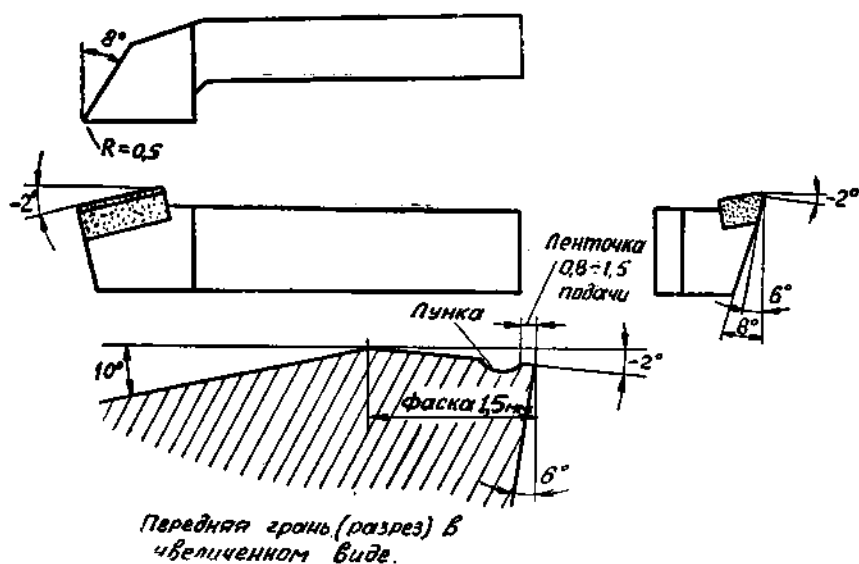
Это была невиданная прежде скорость резания.

Обработанная поверхность получилась очень чистой. Оказалось, что деталь, изготовленная скоростным резанием, во многих случаях уже не требует шлифования.

Вот как выглядит резец Борткевича (фиг. 78). Резец с двойной заточкой имеет фаску шириной в 1,5 мм. Передний угол фаски — 2°. Пластина же напаяна на державку под углом +10°.

Твердые сплавы не терпят дрожания, вибраций.

Борткевич долго не мог найти причину выкрашивания пластинок из твердого сплава. Это стояло преградой на пути к более высоким скоростям. Борткевич так рассказывает о своих поисках.



Фиг. 78. Резец токаря Борткевича

Однажды, готовясь точить, он почувствовал, что станок дрожит. Уже несколько дней новатор пытался работать со скоростью больше 200 метров в минуту. Это было задолго до того, как он открыл «лунку». Но резцы выкрашивались. И вот теперь, казалось, причина этого была найдена.

Положив руки на станок, он ощутил неприятный зуд в ладонях и в кончиках пальцев.

«Сдает мой станок! — подумал Борткевич. — Какое тут повышение скорости, когда станок лихорадит, как в ознобе».

Станок дрожал. Борткевич стал ощупывать его, как доктор больного. Надо было найти центр дрожания. Шпиндель? Он недавно отрегулирован. Что же тогда? Он осторожно коснулся патрона. Неприятный зуд увеличился.

Борткевич даже улыбнулся от удовольствия. Это было много лучше, чем он думал. Оказывается, станок не виновен. Просто не отбалансирован патрон.

Взялись за него. Посадили на оправку и стали отмечать «тяжелые» места. В этих местах сверлили отверстия для облегчения веса. Дрожание резко снизилось. Но все-таки оно было. Резцы выкрашивались при всякой попытке увеличить скорость.

Однажды остановили на ремонт крупный строгальный станок, работавший по соседству со станком Борткевича. Выкрашивание пластин прекратилось. Так был обнаружен второй скрытый враг скоростного резания.

— Сосед работает, а у меня резцы «летят», — сказал Борткевич начальнику цеха.

Дрожание от строгального станка передавалось станку Борткевича по цементному полу.

Новатор потребовал удалить соседний станок либо его обезвредить. Последнее было легче. Для станка Борткевича сделали отдельный, массивный фундамент. В основание его заложили дубовые шпалы. Вокруг фундамента устроили изоляцию. Теперь соседи не мешали. Но причины дрожания продолжали скрываться в собственном станке.

Снова шпиндель. Его отрегулировали вначале на определенное число оборотов. Он начинал вновь вибрировать на других скоростях. Было решено, что надо работать только на высоких оборотах. Регулировку подшипников выполнил сам Борткевич. Надо было сделать так, чтобы при любом угле поворота шпинделя допустимое биение оставалось одним и тем же. Борткевич измерял «качку» шпинделя в восьми положениях, поворачивая шпиндель каждый раз на 45°.

Еще один враг скрывался в установке резца. Резец, поставленный выше центра, отжимался стружкой назад, пружинил и врезался глубже. От этого давление возрастало, отжатие увеличивалось, в итоге резец начинал дрожать. Деталь выходила с дробленой поверхностью. Борткевич стал устанавливать резец на 0,6 — 1 мм ниже центра. Резец, отжимаясь вниз, перестал дрожать.

Так дрожание — главный враг скоростного резания — было изгнано со всех его позиций.

С тех пор прошло немногим более семи лет. Далеко ушло вперед скоростное резание металлов, а еще более — распространи-

лось вширь. Сейчас скоростное резание применяет основная масса советских токарей.

Но молодого токаря, осваивающего этот метод, все еще подстерегает ряд трудностей. И нередко он испытает немало неудач, прежде чем сможет назвать себя почетным именем «токаря-скоростника».

## НЕПОЛАДКИ ПРИ СКОРОСТНОМ ТОЧЕНИИ

В одном из цехов мастер собрал по окончании смены молодых токарей и предложил им рассказать о трудностях, которые были у них в работе.

— Меня замучило выкрашивание режущих кромок, — заявил один, — я увеличил скорость резания и подачу. Выкрашивание убавилось, но все-таки резец долго не стоял...

— Ты правильно поступил, — заметил мастер. — Увеличение подачи разрушает корку впереди резца. Увеличение скорости уменьшает усадку, облегчая резание. Но, должно быть, этого было недостаточно. Ты проверил размеры стружколомателя?

— Да. Он работал хорошо.

— Ну что же! Тогда тебе оставалось только сменить резец. Взять более вязкую пластинку. Ты работал сплавом Т15К6?

— Да, я попросил в кладовой резец с пластинкой Т5К10. У меня было помечено в записной книжке, что он более вязок. Но его у них не оказалось.

— Что же ты сделал?

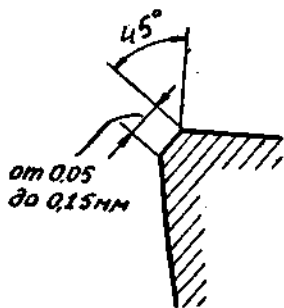
— Решил попробовать округлить режущие кромки. Я достал мелкозернистый оселок и сделал маленькую фаску на лезвии (фиг. 79). Выкрашивание как рукой сняло, и я спокойно работал.

— Учтите, ребята, — сказал мастер, — фаску на лезвии надо делать всегда при крупной стружке и обточке по корке.

— Я боролся со стружкой, — начал второй, — но теперь я знаю ее повадки. Если стружка слишком крепкая, плохо дробится — надо увеличить ширину выкружки. Если металл мягкий, стружка слабая — надо придвинуть канавку поближе к лезвию.

Я отдал резец на переточку. Его подточили по задней грани. Канавка подвинулась ближе к лезвию, и стружка стала хорошо завиваться.

Потом я изучал глубину канавки. Я делал ее то глубже, то мельче. Сначала стружка завивалась слабо, я сделал выемку поглубже, и стружка стала завиваться хорошо. Я захотел попробовать, что будет, если я сделаю канавку еще глубже. Струж-



Фиг. 79. Фаска на лезвии



ка стала завиваться очень туго. А потом пластинка выкрошилась.

— Эти исследования полезны для всех вас,—сказал мастер.— Но все же ломать инструмент не следует. А у тебя неполадок не было? — обратился он к третьему.

— Вначале немного дрожал резец. Я остановил станок, проверил все: резец лежит плотно, лезвие нетупое. В чем же причина?

Опять пустил станок. Смотрю, стружка идет неладно. Тут меня надоумило. Взял и сделал канавку пошире. Тут дрожание и кончилось.

— Твой опыт борьбы с вибрацией мы тоже учтем,—сказал мастер.— Слишком узкая канавка приводит к дрожанию резца.

— У меня резцы быстро изнашивались,—начал четвертый.

— Может быть, не изнашивались, а выкрашивались? — спросил мастер.— Ты не смотрел в лупу? У нас она ведь есть в кладовой.

— Смотрел,—ответил токарь.— Вижу, истирается, а не крошится. Я попробовал все: увеличил подачу, сначала уменьшил, а потом увеличил скорость.

— Правильно,—отметил мастер.

— Все это не помогало. Проверил заточку задней грани — не трется ли, даже подточил немного. Все равно, резец быстро тупился. И тут я заметил, что у резца большой радиус закругления у вершины. Сначала я подумал, что это пустяк. Потом решил отдать переточить: сделали совсем маленький радиус. И тогда мой резец проработал 1½ часа без переточки.

— То, что ты рассказал, очень важно,—заметил мастер.— Радиус у вершины резца имеет большое значение. От него может быть не только сильный износ и дрожание, но и поверхность получается негладкой.

— У меня так и было,—сказал молчавший до тех пор пятый токарь,—смотрю: вся деталь покрылась мелкими зазубринами. Я перепробовал и так и эдак. Все не получалось, пока я не уменьшил радиус закругления резца. Зазубринки пропали, но деталь все-таки была шероховатой. Я попробовал увеличить скорость резания, и деталь заблестела, как шлифованная.

— Молодец,—сказал мастер,—ты действовал правильно.

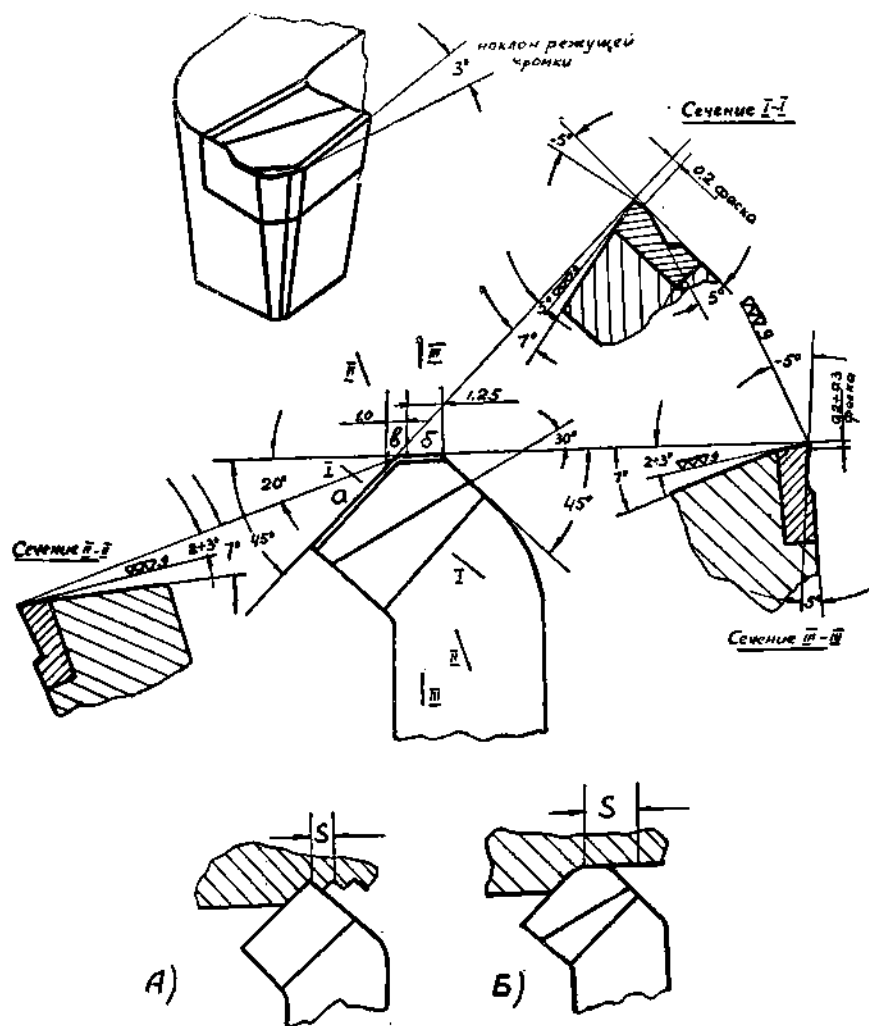
Мы обсудили почти все основные неполадки, которые встречаются при скоростном резании. Запомните опыт этого дня. Он вам пригодится.

## ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ РЕЗЦЫ ДЛЯ ПОЛУЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ

Получистовое точение ведется обычно с небольшой глубиной резания (2—4 мм). Предварительно грубая обработка производится на другом, менее точном станке либо деталь поступает пря-

мо из заготовительных цехов с уже небольшими припусками для обработки.

Резец Борткевича, о котором было рассказано, предназначен для полуступового точения. Но еще более подходят для этого



Фиг. 80. Резец для силового точения Василия Колесова

предложенные позднее резцы другого замечательного токаря-новатора Василия Колесова (Фиг. 80).

У проходного и подрезного резца В. Колесова одна особенность — две режущие кромки. Кромка «а» такая же, как и глав-

ная режущая кромка у обычных резцов. Новая кромка «б» (называют ее режуще-зачищающей или дополнительной, о ней см. стр. 67) выполняет часть основной работы по срезанию стружки и одновременно зачищает шероховатости, которые остаются после срезания стружки.

Переходная кромка «в» служит для повышения износостойкости резца. Для этого же сделаны фаски шириной 0,2 мм вдоль режущих кромок с передним углом —  $5^\circ$ .

Уступ на передней поверхности резца, расположенный под углом к режущим кромкам, обеспечивает стружколомание. Характерной чертой резца Колесова являются также малые задние углы, увеличивающие прочность резца.

Таков резец В. Колесова, сочетающий в себе богатейший опыт скоростного резания (фаски с отрицательным углом, положительный передний угол, наклон главного лезвия к вершине резца, переходная кромка, уступ для стружколомания) с новой творческой находкой — режуще-зачищающей кромкой с углом в плане  $0$  градусов, которая позволяет производить обработку деталей во многих случаях за один проход, обеспечивая высокую чистоту поверхности при увеличенной в несколько раз подаче.

Исследования ученых показали, что при работе резцом В. Колесова с большими подачами отвод тепла улучшается. Благодаря увеличению поверхности срезаемой стружки она лучше охлаждается. Было установлено, что температура, возникающая в зоне резания, после достижения  $700\text{--}800^\circ$  перестает повышаться с увеличением подачи.

Стало быть, можно работать с большими подачами без потери, или, во всяком случае, с малой потерей стойкости режущего инструмента.

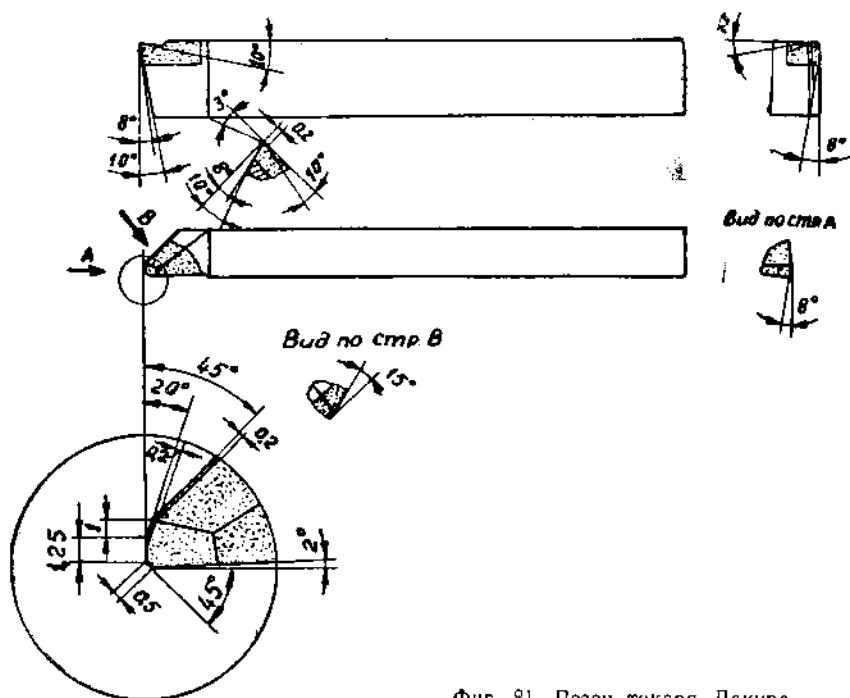
В настоящее время передовые токари, творчески осваивая метод, предложенный В. Колесовым, работают в некоторых случаях с подачами свыше  $5\text{--}7$  мм — при обработке стальных деталей, а при точении чугуна — даже свыше 8 мм. В конструкцию резца В. Колесова внесен ряд творческих дополнений и изменений.

Ученые, изучив резец В. Колесова, рекомендовали увеличить задние углы до  $8^\circ$  (у Колесова  $5^\circ$ ), это повышает стойкость в 2—3 раза; длину дополнительной режуще-зачищающей кромки, равную у Колесова  $(1,1 \div 1,2) \cdot S$  (подача), увеличить примерно в два раза. Это обеспечивает чистоту поверхности 4—5-го классов по ГОСТу. При более короткой кромке чистота по мере износа резца ухудшается и доходит до 3-го класса.

Резец, созданный ленинградским токарем Лакуром, левый проходной (фиг. 81). Им работают от передней бабки к задней. Поэтому нет опасности врезаться при большой подаче в патрон или уступ детали. Режущие кромки резца заточены с отрицательными углами наклона, считая за вершину резца переходную кромку («в»). Опыт показал, что при такой заточке уменьшается

давление резания и отжатие резца от детали, отсутствуют вибрации.

Подрезной резец, усовершенствованный новатором В. Колесовым, отличается от резца В. Колесова положительным углом



Фиг. 81. Резец токаря Лакура

наклона лезвия и малым передним углом. Переходная кромка сделана под углом 45°. Резцы некоторых других последователей Колесова будут показаны дальше.

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ СИЛОВОГО РЕЗАНИЯ

«Когда Борткевич на своем быстроходном станке, дававшем 1350 оборотов, достиг скорости резания, равной 700 м/мин, я все еще точил со скоростью, не превышавшей 440 м/мин», — рассказывает Василий Колесов в своей книге «Новые пути».

Однако станок, на котором работал Колесов, — модернизированный ДИП-300, давал только 700 оборотов в минуту и не позволял далее повышать скорость резания. Надо было искать другие пути повышения производительности.

Такой путь есть, знал Колесов. Путь этот — увеличение подачи резца. Ничего нового в этом нет. Каждому токарю этот путь хорошо известен. Но весь вопрос в том, каким должен быть ре-

зец для работы на больших подачах? Какие он должен иметь углы резания? Какую форму заточки?

Ведь при больших подачах на поверхности изделия остаются волны, «гребешки». Значит нужно создать такой резец, который давал бы и на большой подаче чистую поверхность. Да, но как это сделать? — размышлял токарь.

Не будем описывать все подробности поисков Василия Колесова. Однажды, остановившись около строгального станка, он, словно увидя в первый раз, стал рассматривать строгальный резец. Его поразила широкая режущая кромка резца, большая подача и чистота обработанной поверхности. Именно тогда пришла ему в голову мысль, что токарный резец для работы на больших подачах должен быть чем-то похож на строгальный. Но прерывистую работу строгального резца надо было перевести на непрерывную работу при точении.

Очень ярко передает Колесов радость созидания:

— Иногда мне приходилось слышать, — говорит он, — что все новое «рождается в муках творчества». Не берусь судить, насколько точно передают эти слова то состояние, в котором находятся люди, создавая новое. Я же лично испытывал в процессе создания своего резца нечто обратное, а именно: радость творчества. Это, пожалуй, ни с чем не сравнимое чувство, заключающееся в наивысшем ощущении полноты жизни.

Много радостных минут и часов, из которых складывались дни и недели, я провел за станком, в кузнечном цехе, у точила в то время, когда искал первые формы своего резца...

Но вот резец изготовлен. Пущен станок, включена подача, равная 1,5 мм вместо обычных 0,25.

Врезавшись в металл, резец слегка задымился и начал снимать стружку. Обработанная поверхность — зеркально чистая. Но стружка не завивается, как обычно, а сходит прямая, как проволока. Работать с такой стружкой нельзя.

И снова начинаются поиски. Наконец найдена форма канавки, которая обеспечивает завивание стружки.

А подача все растет и доходит до 3 мм. Это наивысшая подача на станке ДИП-300. Подача увеличилась в 12 раз. Во столько же раз сократилось время обработки. Это было в конце 1948 года.

В чем же значение почина В. Колесова? Что он дает? Достигнув за последние годы высоких скоростей резания, многие токари не могли повышать их дальше из-за недостаточной быстроходности станков (600—800 об/мин и ниже). В то же время мощность оборудования зачастую не использовалась.

Новый метод позволяет поднять производительность станка без повышения скорости резания, увеличивается сечение стружки, и растет потребляемая мощность. Недогруженный раньше станок начинает работать «в полную силу». Вот поэтому и стали на-

зывать метод В. Колесова — силовым, а его резцы — силовыми резцами.

Силовой метод был подхвачен тысячами рабочих во всех концах страны. Они расширили и углубили его. Ленинградцы — лауреат Сталинской премии В. Бирюков, токари-новаторы К. Лакур, В. Карасев и другие предложили дополнения и ряд изменений реза Колесова, исходя из условий своей работы. Бакинец токарь-новатор Б. Унанов применил резец оригинальной формы без отрицательной фаски и стружкозавивательной канавки. Москвичи — П. Сельцов, лауреат Сталинской премии В. Шумилин, А. Воробьев и другие внесли много творческих предложений, обогащающих практику силового резания. Горьковчанин токарь-новатор Н. Смирнов создал очень интересную конструкцию резца со сменными вкладышами, оснащенными твердым сплавом. Державка резца постоянная, а режущие головки меняются в зависимости от того, какой резец нужен — проходной упорный, проходной с углом в плане  $45^\circ$ ,  $70^\circ$  или подрезной упорный. Токарь рижского завода «ВЭФ» Э. Дамберг также разработал ряд ценных резцов. Особенно широко применен силовой метод новаторами Урала, где он также обогатился новыми сторонами.

Интересен рассказ передового токаря Уральского автомобильного завода В. Пожникова о том, как он увидел впервые резец В. Колесова и первым на заводе освоил работу с большими подачами.

Сначала попробовали точить на станке ДИП-500. Но станок останавливался. Проскальзывал из-за большой нагрузки ремень от электродвигателя. — Не тянет. Разве можно применять такую подачу?! Сколько лет работаю, а ничего подобного не видел, — раздавались замечания среди подошедших к станку работников завода.

Проходивший мимо Пожников также остановился, удивленный. Ему никогда прежде не приходилось видеть, чтобы точили с подачей 3 мм/об.

— Не попробуете ли вы новый резец? — обратился к нему начальник лаборатории резания. Хотя станок Пожникова много слабее ДИП-500, на котором опыт прошел неудачно, но резец очень заинтересовал токаря, и он взялся испытать его.

Какую выбрать подачу? До этого он применял на черновой обточке не более 0,3 мм/об, а на чистовой — 0,1—0,2 мм/об.

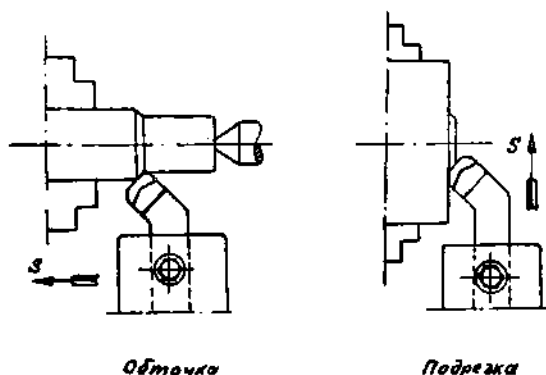
— Возьмем для начала подачу 1 мм/об, — посоветовал инженер. Обступившие станок рабочие с интересом наблюдали за обточкой. Она продолжалась около минуты, а раньше при подаче 0,3 мм/об на нее потребовалось бы свыше трех минут.

— Но это было только начало, — вспоминает Пожников. — С каждым следующим проходом подачу все увеличивали. Последний проход с подачей 2,1 мм/об был выполнен за 27 секунд. Это означало семикратное снижение времени обработки.

— Мысль о новом резце, — говорит Пожников, — не давала

мне покоя.— Совместно с работниками лаборатории резания он создает комбинированный проходной — подрезной резец (фиг. 82). И обточка и подрезка могут выполняться этим резцом с одной установки инструмента. Опыт работы показывает, что такие резцы с пластинкой из твердого сплава Т15К6 при подрезке торцов детали или заготовки у центра не выкрашиваются, как это бывает зачастую у обычных скоростных резцов.

Много нового внесли в силовое резание токари Челябинского тракторного завода, завода им. Коллющенко, завода им. Орджоникидзе и других машиностроительных заводов Урала.



Фиг. 82. Комбинированный резец для силового резания токаря В. Пожникова

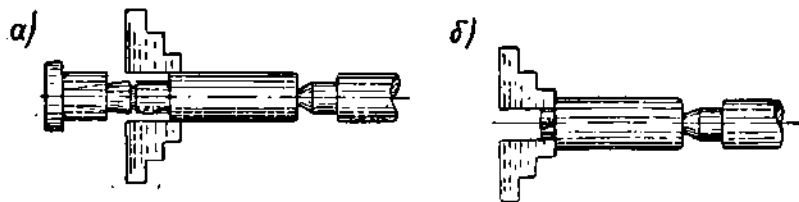
### ПРАКТИКА СИЛОВОГО РЕЗАНИЯ

Немного времени прошло с того дня, как газета «Труд» рассказала о резце В. Колесова. Но уже накоплен опыт, позволяющий дать ряд советов молодым токарям.

Если вы хотите работать с большими подачами, прежде всего приведите в надлежащее состояние станок: подтяните подшипники, устраните вибрации, биение шпинделя, люфты и зазоры в механизмах супорта.

Жестко и прочно надо закрепить деталь. Давление в направлении подачи может сдвинуть ее в патроне во время обработки. Поэтому надо вставить в коническое отверстие шпинделя опорную оправку. В нее должен упираться торец детали (83а).

Можно поступить иначе: сделать заточку на заготовке, чтобы она не смещалась в кулачках патрона (фиг. 83 б).



Фиг. 83 а, б. Установка детали при силовом резании

Вылет резца должен быть самым малым. Не следует выставлять резец больше, чем на величину высоты стержня (сравните со стр. 104).

Большинство токарей устанавливает вершину силового резца немного выше центров станка. Наряду с этим для уменьшения давления резания практикуется при обработке тонких и длинных деталей установка силового резца намного выше центра (см. стр. 237).

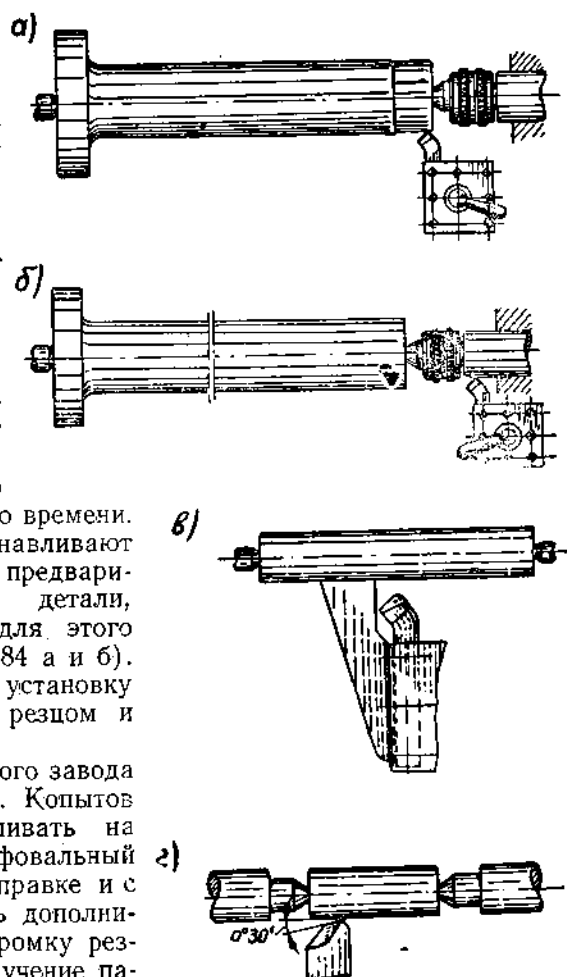
Дополнительная режущая кромка резца должна быть строго параллельна направлению подачи. Иначе на детали появятся гребешки.

В связи с этим резец Колосова требует очень тщательной установки. Зачастую на это уходит немало времени.

Одни токари устанавливают резец по поверхности предварительно проточенной детали, другие используют для этого заднюю бабку (фиг. 84 а и б). Третьи проверяют установку «на просвет» между резцом и деталью.

Токарь Челябинского завода им. Колющенко т. Копытов предложил устанавливать на токарном станке шлифовальный круг на центральной оправке и с его помощью править дополнительную режущую кромку резца. Это ускоряет получение параллельности кромки оси станка. Еще проще установка, если при заточке выдерживается перпендикулярность дополнительной кромки к боковой поверхности стержня. Тогда, пользуясь простой оправкой с шаблоном, можно устанавливать силовой резец по его боковой грани (фиг. 84 в).

После закрепления резца протачивают деталь на длину 15 —



Фиг. 84 а, б, в, г. Установка резца при силовом резании



20 мм, беря тонкую стружку «на блеск». По чистоте обработанной поверхности судят, правильно ли установлен резец.

Некоторые опытные токари советуют при обточке с большой глубиной резания поворачивать головку резца слегка влево так, чтобы получался просвет между деталью и кромкой (угол примерно в  $\frac{1}{2}$  градуса — фиг. 84 г). Во время обточки верхняя часть супорта и резцедержатель повернутся вправо за счет зазоров на клиньях и фиксаторе. Вместе с ними повернется и кромка резца и станет параллельно обрабатываемой поверхности.

Многие токари-силовики практикуют промежуточные подточки режущих кромок. Не снимая резца со станка, они вручную оселком подтачивают притупившиеся лезвия. Таким способом можно намного увеличить продолжительность работы резца до полного затупления.

### МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ РЕЗЦЫ

Резцы с пластинками из высокопрочной минералокерамики применяются на черновой, получистовой и чистовой обточках. Минералокерамика имеет ряд преимуществ перед твердыми сплавами — высокую теплостойкость (до  $1200^\circ$ ), большую твердость и значительно меньший коэффициент трения по металлу. Минералокерамические резцы при обработке твердых сталей и чугуна меньше изнашиваются, чем твердосплавные резцы.

Но минералокерамика имеет и недостатки, которые надо знать, чтобы с ними бороться. Это — повышенная хрупкость и пониженная прочность. По прочности на сжатие керамика в два-три раза слабее твердых сплавов и в десять — двенадцать раз ниже прочности быстрорежущих сталей.

Поэтому для минералокерамических резцов обязательна упорочная геометрия: фаска на передней грани затачивается под отрицательным углом иногда до  $-30^\circ$ , а в некоторых случаях даже до  $-45^\circ$ .\* Для особо тяжелых работ затачивают всю переднюю грань под отрицательным углом (до  $-15^\circ$ ). Тогда, как известно, пластинка будет под давлением стружки сжиматься, а не изгибаться. А это для минералокерамики выгоднее.

Таковыми резцами на Московском заводе им. Калинина, на Ленинградском им. Кирова и Челябинском им. Колющенко obtачивают поковки даже с неравномерным припуском при глубине резания до 6–8 миллиметров, подаче 0,3 миллиметра и скорости резания 250 метров в минуту.

Очень хорошие результаты получаются при получистовом и чистовом точении минералокерамическими резцами. Благодаря малому трению и высокой температуре, которую выдерживает

---

\* По опыту токаря Московского завода имени Калинина Б. М. Французова.

лезвие минералокерамического резца, стружка не застывает на передней грани, не прилипает к резцу, и обработанная поверхность получается очень чистой, подобно шлифованной.

Особенно хорошими режущими свойствами обладает минералокерамика марки ЦМ-332, выпускаемая Московским комбинатом твердых сплавов. Минералокерамика плохо проводит тепло. Из-за этого при напайке пластинок нередко происходит их растрескивание. Поэтому лучше всего крепить пластинки к державке резца механическими прижимами.

При работе минералокерамическими резцами необходимо так же, как и при силовом резании, жестко и надежно закреплять на станке деталь и резец. Резцы с минералокерамическими пластинками можно применять и для силового резания с большими подачами.

Есть токари, у которых уже накопился большой опыт работы минералокерамическими резцами. К числу их относится и токарь Московского машиностроительного завода имени Калинина Б. М. Французов. Начав работать минералокерамическими резцами, он первое время испытывал ряд неудач.

— Керамика требует больше внимания, чем твердые сплавы, — говорит он. — Надо изучать ее особенности. Многие токари, приступая к работе минералокерамикой, применяют старые приемы, такие же, как и при работе с твердым сплавом. А в итоге — неудачи. Поломав десяток пластинок, такой токарь начинает думать, что керамика не годится не только для обдирочных, но и для чистовых работ. На самом деле это не так.

Вот один из примеров своеобразия минералокерамических резцов. Допустим, что, обрабатывая сталь 45, мы применим скорость резания 1400—1700 м/мин, подачу 0,2—0,3 мм/об при глубине резания 1—1,5 мм. Пластинка будет неплохо работать. Но если при той же скорости резания и подаче уменьшить глубину резания до 0,2—0,3 мм, то вследствие высокой температуры, развивающейся при таких режимах резания, стружка малого сечения будет сгорать, не отрываясь от режущей кромки. Резец будет быстро изношен. — В таких случаях, — указывает т. Французов, — надо скорость резания уменьшить в два раза.

Минералокерамический резец при обдирочных работах надо устанавливать ниже центра примерно на 0,2—0,5 мм, под резец подкладывать полоску картона или 2—3 полоски наждачной бумаги для уменьшения вибраций. Это увеличивает стойкость резца.

Интересный случай произошел на Челябинском заводе им. Коллющенко, когда т. Французов подготавливал станок и резец, чтобы продемонстрировать коллющенцам свои методы работы. С самого начала обработки пластинка стала выкрашиваться от появившегося дробления. Окружившие станок токари с сомнением следили за работой т. Французова. Сколько он ни старался устранить дробления, это не давало результата. Только тогда,

когда он разобрал державку и проверил прилегание пластинки, стало ясно, в чем дело.

Оказалось, что пластинка прилегает к подушке державки только краями, и вся середина на весу. Когда подогнали державку по пластинке, резец стал хорошо обтачивать черновую деталь.

По этим же причинам крепление детали должно быть максимально жестким. При обтачивании проходным резцом с минералокерамической пластинкой т. Французов несколько ослабляет клин поперечного супорта и гайку винта. Это смягчает силу ударов, падающих на пластинку при врезании резца в металл. Начиная резать, резец надо вводить вручную на меньшей подаче. Благодаря этому можно избежать резкого повышения нагрузки на пластинку и обеспечить постепенный нагрев пластинки.

При нагреве пластинки до красного цвета срезание металла происходит легче, повышается стойкость и прочность пластинки.

По окончании прохода резец выводят вручную с меньшей подачей, чем механическая. Оттого, что многие токари не соблюдают или не знают этих правил, пластинки чаще всего ломаются при врезании и выходе из детали.

Все сказанное относится, главным образом, к обточке стальных деталей, врезание пластинки в чугун происходит легче, чем в сталь.

Тов. Французов затачивает на главной режущей кромке отрицательную фаску шириной 0,1—0,3 мм под углом 45°. Как показал опыт его работы, это увеличивает стойкость пластинки и уменьшает усилие резания.

Обтачивание стального проката токарь ведет со скоростью резания от 150 до 400 м/мин при глубине резания от 2 до 8 мм и подаче от 0,3 до 2 мм/об. При подаче 0,8 мм и выше и глубине резания не более 2 мм т. Французов затачивает пластинку по методу Колесова. Чистовое обтачивание стали ведет со скоростью резания от 300 до 1700 м/мин (большой скорости станок не дает), глубина резания от 0,5 до 2 мм, подача от 0,15 до 2,5 мм/об. Применение минералокерамических резцов позволило т. Французову уменьшить машинное время в два раза и более по сравнению с обтачиванием твердыми сплавами.

## РАБОТА БЫСТРОРЕЖУЩИМИ РЕЗЦАМИ

У читателя могло создаться впечатление, что резцы с пластинками из быстрорежущей стали отжили свой век, что их не следует применять при точении металлов.

Но такой вывод был бы неправильным. В нашей стране имеется не одна сотня тысяч маломощных и тихоходных станков, выпущенных задолго до возникновения скоростного и силового реза-

ния. Часть этих станков приспособливают к новым требованиям: на них ставят более мощные моторы, усиливают отдельные узлы.

Другие зачастую нецелесообразно модернизировать. Эти станки и в таком виде могут быть успешно использованы в ремонтных мастерских, в МТС, в различных производствах.

Возьмем, например, станок ДИП-200. Это вполне современный станок, однако наибольшее число оборотов шпинделя — 600 об/мин — является недостаточным для работы на высоких скоростных режимах,\* а мощность электродвигателя — 4,3 квт — мала и для силового резания.

При такой мощности не могут быть полностью использованы режущие свойства твердосплавного резца. На станках типа ДИП-200 можно применять быстрорежущие резцы.

При применении больших подач быстрорежущий резец позволяет почти полностью использовать мощность станка ДИП-200. При работе же твердосплавным резцом стойкость резца не будет полностью использоваться.

Иная картина при работе на станке ДИП-300 (мощность электродвигателя 7,8 квт). Возможности станка выше того, что может дать быстрорежущий резец. Стойкость же твердосплавного инструмента и в этом случае не будет полностью использована.

Можно модернизировать станок ДИП-200. Для этого нужно усилить муфту коробки скоростей и сменить электродвигатель. Наибольшая возможная мощность электродвигателя 7,8 квт (мощность выше этой не смогут выдержать шестерни станка). В этом случае можно хорошо использовать и твердосплавный инструмент.

Быстрорежущие резцы для обдирочных работ и черногого обтачивания не отличаются по форме от твердосплавных резцов, показанных на фиг. 73 а, б. Элементы геометрии быстрорежущих резцов: передний угол 25—30°; задний угол 8—12°; радиус закругления вершины резца 1,5—2 мм (грубая обточка); 2—3 мм (получистовая); главный угол в плане выбирается так же, как и для твердосплавных резцов.

При обточке стали быстрорежущим резцом очень полезно охлаждение. Оно понижает температуру режущей кромки. Стойкость резца увеличивается. Это позволяет повысить скорость резания в среднем на 15—20 процентов. Чем больше сечение стружки и чем более вязок металл, тем больше пользы от применения охлаждения.

Охлаждающая жидкость — эмульсия состоит из 92% воды, 7% эмульсола, 1% зеленого мыла.

---

\* Нетрудно подсчитать, что при обточке валика диаметром 50 мм наибольшая скорость резания на станке ДИП-200 будет (см. стр. 90)

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 600}{1000} = 94 \text{ метра в минуту.}$$

Можно применять для охлаждения минеральные масла. Они действуют, как смазка. Стружка как бы скользит по передней грани резца. Благодаря этому кроме охлаждения достигается также уменьшение трения и износа резца.

Охлаждающую струю надо направлять туда, где отделяется стружка, в место самой высокой температуры. Жидкость надо подавать сильной струей, обильно (10—20 литров в минуту). Нельзя допускать слабую, капельную подачу. Попадая на сильно нагретый резец, холодная капля вызовет образование трещины.

Подаваться охлаждающая жидкость должна специальными насосами. Насос устанавливается на станке или в цехе на группу станков (централизованное охлаждение).

Бывает, что на станках нет насосов и токари вешают капельницы. В цехах их называют «чайниками». Они приносят только вред. Если нельзя дать обильную струю, лучше работать всухую. Иначе можно испортить резцы.

При обтачивании чугуна охлаждения не применяют. Когда чугунная мелкая стружка смешивается с жидкостью, она грязнит станок и, попадая в трущиеся части, увеличивает его износ.

Работа с большими подачами по методу Колесова применима и при точении быстрорежущими резцами. Вместо дополнительной режущей кромки с углом в плане равным нулю у быстрорежущих резцов плавно закругляют вершину (радиус закругления до 40 и более миллиметров).

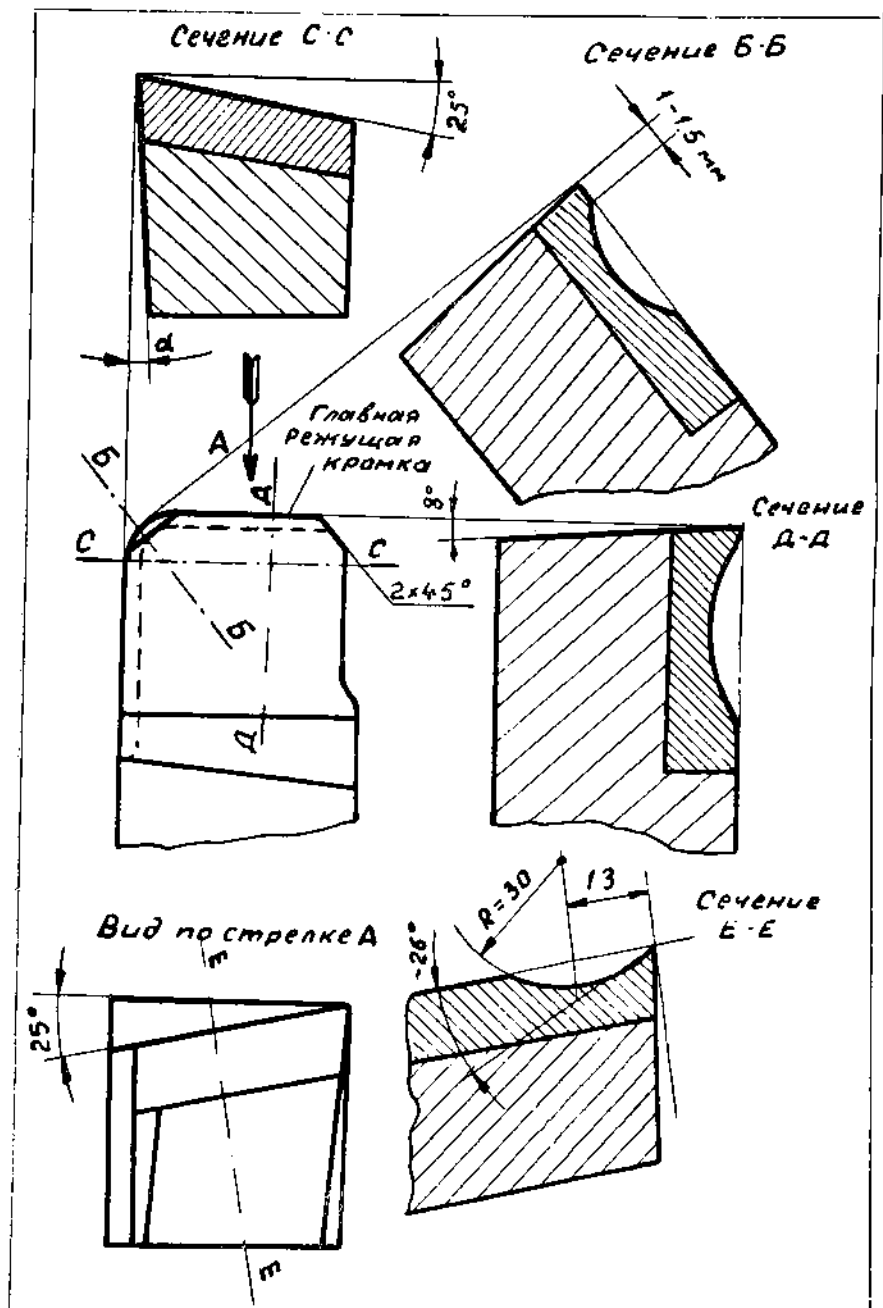
Но не только на маломощных станках следует применять быстрорежущие резцы. Оказывается, что они незаменимы и тогда, когда нужно срезать стружку очень большого сечения (25 мм<sup>2</sup> и больше). Наши передовые токари создали для этого быстрорежущий резец новой формы. Работает он с очень большими подачами силовым методом.

Вспомните, что твердый сплав хрупок и недостаточно сопротивляется изгибу. Вам станет понятно, что резцом с пластинкой твердого сплава можно срезать стружку не больше определенной величины.

При обточке же крупных деталей приходится снимать очень большую стружку. Вот тут-то и вспомнишь о прочности быстрорежущей стали.

Токарь-новатор Запорожстали Г. Говтвян, познакомившись с резцом Колесова, решил изготовить быстрорежущий резец такой же геометрии, но для черновой обточки с большими сечениями стружек. Первые опыты оказались неудачными. Во время обточки возникало большое сопротивление резанию, оно давало огромные нагрузки на деталь и механизмы станка. Чтобы уменьшить усилия резания, резец заточили с более острыми углами резания. Но он сильно нагревался и быстро изнашивался.

После долгих поисков Г. Говтвян нашел новую форму заточки резца.— У него, — говорит новатор, — как и у резца Колесова,



Фиг. 85. Резец из быстрорежущей стали для точения с большими сечениями стружки

есть дополнительная режущая кромка. Но на этом и кончается их сходство.

Посмотрите на этот резец (фиг. 85). Он в самом деле очень своеобразен. Его главной режущей кромкой будет та, которая расположена параллельно оси детали. Это потому, что резцом работают с подачей большей, чем глубина резания. Здесь ширина среза зависит от подачи, а толщина от глубины резания (см. стр. 99).

Длина главной режущей кромки превышает величину подачи. Она наклонена под большим углом к направлению подачи ( $+20-30^\circ$ ), приподнимаясь к вершине резца.

Дополнительная режущая кромка расположена под прямым углом к главной режущей кромке. Вершина резца, находящаяся в точке их пересечения, округлена с большим радиусом, равным 10 мм. Чтобы стружка легче сходилась, на передней грани резца сделана большая выемка (радиус 30 мм), а на режущей кромке — фаска.

При переднем угле  $20-30^\circ$  угол заострения получается  $50-60^\circ$ . При таком угле снижаются усилие резания и потребная мощность.

Этим резцом можно обрабатывать конструкционную углеродистую сталь с подачей  $6-18$  мм/об при глубине резания  $3-8$  мм и скорости резания от 8 до 20 м/мин.

Конечно, скорость резания здесь будет ниже, чем при скоростном и силовом резании твердосплавными резцами. Зато сечение стружки оказывается намного больше.

Резец из быстрорежущей стали можно затачивать с весьма острым углом резания (до  $60^\circ$ ), и он не обламывается. Благодаря малому углу резания сопротивление резанию и потребная мощность будут меньше, чем при точении твердосплавным резцом.

Токарь Говтвян на станке мощностью 9,2 квт точит вал из стали длиной 2 м и диаметром в 70 мм со следующим режимом: глубина резания — 4,5 мм, подача — 6 мм/об, скорость резания — 18,4 м/мин, объем стружки, снимаемой в минуту, —  $4,5 \times 6 \times 18,4 = 500$  см<sup>3</sup>. Нетрудно подсчитать, что на станке с такой же мощностью твердосплавным резцом можно снять не более  $\frac{1}{2}$  этого объема стружки.\*

Итак, при срезании крупных сечений стружек в соревновании выигрывает быстрорежущий резец.

---

\* Станок с электродвигателем 9,2 квт имеет эффективную мощность (за вычетом потерь на трение в станке)  $= 9,2 \times 0,75 = 7$  квт (с округлен.). При такой мощности можно осуществить твердосплавными резцами следующие режимы: 1)  $t = 2$  мм;  $S = 0,6$ ;  $V = 186$  м/мин или 2)  $t = 3$  мм;  $S = 0,3$ ;  $V = 221$ . Объем стружки = 200 см<sup>3</sup>; 3) Резцом Колосова  $S = 3$  мм;  $V = 27,5$  м/мин. Объем стружки — 250 см<sup>3</sup>.

## ЧИСТОВОЕ ТОЧЕНИЕ

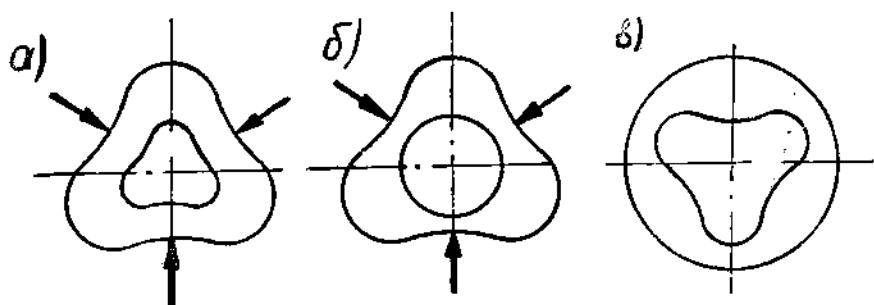
Окончательные размеры детали выходят из-под чистового резца, за исключением тех случаев, когда оставляют припуск на шлифовку (0,15—0,3 мм). Поэтому чистовое точение очень ответственно. Оно требует большей тщательности и внимания.

Нужно правильно установить и закрепить деталь. Правильно заточить резец и выбрать режим резания. Обеспечить заданные размеры. Тут нельзя сказать, что более важно и что менее, точность нужна во всем.

Крепление детали может быть не такое жесткое, как при черновом точении. Давление при снятии чистовой стружки много меньше. Можно не бояться, что деталь вырвет из патрона или из центров.

Сильное зажатие даже вредно. Деталь может изогнуться. А когда ее снимут со станка, она примет другую форму — не ту, которую имела раньше (фиг. 86).

При чистовой обточке деталь требует особо бережного обращения. Не думайте, что она из металла и может все стерпеть. Но



Фиг. 86. Искажение формы тонкостенной детали под действием сил зажима: а — зажатое кольцо до обработки; б — после расточки; в — после разжатия кулачков патрона

не надо закреплять и слишком слабо. Малейшее смещение детали во время обточки может стать причиной брака.

Проверять установку детали перед чистовой обточкой надо очень тщательно. Если работа ведется в центрах, следует убедиться, что ось шпинделя совпадает с осью центра задней бабки.

Что получится, если они не совпадают? — Деталь будет конусной.

Совпадение центров зависит от положения задней бабки. Есть несколько способов проверки.

Самый простой: придвигают заднюю бабку к передней. Между центрами помещают лист бумаги, кусочек картона. Если центры сошлись точно, бумажка будет стоять ровно. А если не совпали, бумажка повернется.



Но способ этот неточный и пользоваться им можно только в порядке «разведки».

Для точной проверки надо установить в центрах вал, проточить его шейки, а потом их замерить. Одну шейку вала протачивают, как можно ближе к передней бабке. Потом, не отводя резца назад, вал снимают. Супорт подводят к задней бабке, снова ставят вал и протачивают вторую шейку. Если задняя бабка стоит правильно, обе шейки получаются одинаковыми. А если вторая шейка, которую протачивали около задней бабки, будет иметь диаметр больший, чем у первой шейки, то, значит, центр задней бабки стоит дальше от резца, чем центр передней бабки, и заднюю бабку надо придвинуть к токарю. А если вторая шейка тоньше, то, значит, задняя бабка стоит слишком близко, ее надо отодвинуть.

Быстрее и точнее можно проверить положение задней бабки, если у вас есть под руками индикатор. У индикатора имеются циферблат и стрелка. В круглом корпусе, похожем на часы, скрыт механизм. Он соединен с наконечником, находящимся внизу индикатора.

Если нажать на наконечник, движение через зубчатые колеса передается стрелке. Чем глубже вдвинется наконечник в корпус индикатора, тем сильнее качнется стрелка на циферблате.

Проверку ведут так. В центрах устанавливают шлифованный вал, очень точный, строго цилиндрический. Индикатор закрепляют на супорте станка. Его наконечник прижимают к поверхности валика. Если теперь передвигать супорт от задней бабки к передней или наоборот, то стрелка индикатора сразу покажет правильность установки. Если она неподвижна, значит, оси передней и задней бабок совпадают.

Так же строго надо проверять установку, если деталь крепится в патроне или на планшайбе. Пользоваться мелком или рейсмусом можно только на работах, не требующих большой точности.

Приложив наконечник индикатора к наружной предварительной обработанной поверхности вращающейся детали, проверяют правильность установки по центру. Таким же образом проверяют деталь по торцу. Плоскость торца должна быть строго параллельна плоскости патрона, или, иначе говоря, составлять прямой угол с линией центров станка.

Многие детали нужно и можно обтачивать в самоцентрирующем патроне. Только очень часто патроны не обеспечивают точности. Патрон надо выбирать придирчиво, с толком. Кулачки должны ходить в пазах плотно, но не заедать, патрон должен наворачиваться на шпиндель до отказа, сидеть на резьбе плотно.

Тут многое зависит от самого токаря. Навертывая патрон, надо вытирать резьбу шпинделя и патрона и смазывать ее маслом.

Корпус не должен «бить». Зачастую его приходится притачивать к планшайбе, чтобы устранить биение. Надо иметь два патрона: один для более точных, другой для менее точных работ.

Но часто и этого недостаточно. Приходится прибегать к сырым кулачкам. Кулачки растачиваются по размеру детали. Растачивать кулачки надо в натянутом состоянии. Для этого в патроне зажимают шайбу и после этого растачивают кулачки.

Если деталь зажимается кулачками не снаружи, а изнутри в распор, то кулачки надо не растачивать, а обтачивать по диаметру отверстия в детали.

Знатный токарь нашей страны Павел Быков имеет несколько комплектов кулачков разных размеров и видов. На кулачках проставлены размеры, хранятся они связанными по три штуки. Благодаря этому не требуется каждый раз перетачивать кулачки при обработке новой детали.

Обычно диск со спиралью поступает от завода-изготовителя сырым. В результате спираль начинает быстро растягиваться, изнашиваться и точность патрона теряется. Быков потребовал, чтобы диск закалили у себя на заводе.

Установив точно деталь, вы сделали полдела. Теперь надо выбрать инструмент.

Каким свойством должен обладать чистовой резец? Прежде всего большой стойкостью! Это особенно важно при обточке длинных валов.

Представьте, что резец, дойдя до середины вала, сильно износился. Резец начнет снимать меньшую стружку. Диаметр вала будет больше, чем в начале обточки. Вал получится неточным, потребует исправления, которое сделать не просто.

Значит, резец должен быть твердым, мало поддающимся истиранию. Таким свойством обладают резцы из твердых сплавов. Поэтому они широко применяются при чистовой обточке.

При чистовом точении надо обеспечить не только высокую точность, но и большую чистоту обработанной поверхности. Этого можно достигнуть двумя способами: либо точением с малой подачей, либо обточкой широкими резцами с большой подачей.

Резцы для чистового обтачивания с малой подачей показаны на фиг. 87 а, б. От резцов для черного обтачивания они отличаются, прежде всего, размерами выкружек и фасок — у чистовых резцов они намного меньше.

Но и подача при чистовой обточке мала. Поэтому практическое правило, приведенное раньше, о величине подачи и выкружки, остается в силе. Так, например, при глубине резания до 2 мм и подаче 0,12—0,15 мм/об радиус выкружки надо брать от 1 до 1,5 мм, а ширину фаски — 0,1 мм.

На первом рисунке показан двусторонний чистовой резец. Он может работать как правый и как левый резец, т. е. резать как в сторону передней бабки, так и в обратную сторону — к задней бабке.

Для того, чтобы резец мог работать в обе стороны, у него затачиваются оба лезвия, делаются две выкружки и т. д.

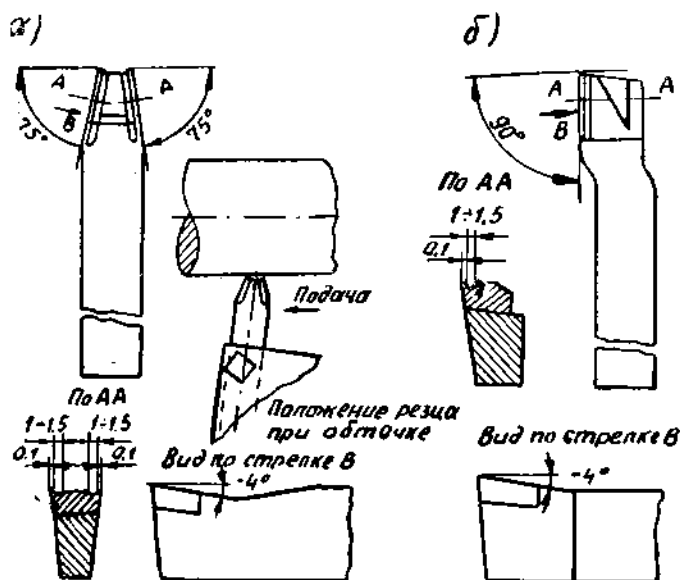
При установке резца надо слегка повернуть его в сторону, об-

ратную подачу так, как это показано отдельно на рисунке. При такой установке резец во время работы вправо не задевает и не портит уже обработанной поверхности.

В противоположность резцу для черногового обтачивания чистовой резец делается с отрицательным углом наклона режущей кромки. Вершина у него приподнята. Это уменьшает давление на деталь, улучшает ее поверхность, сходящая стружка не соприкасается с обработанной поверхностью. Угол наклона надо делать  $4-5^\circ$ .

С той же целью — уменьшения давления и вибраций резца главный угол в плане чистового резца делается большим ( $75-90^\circ$ ).

На втором рисунке (фиг. 87б) показан другой тип чистового



Фиг. 87 а, б. Резцы для чистового обтачивания мягких сталей:

а — двусторонний резец; б — чистовой подрезной резец

резца. По форме он не отличается от подрезного резца для черногового точения. Но геометрия режущей части у него та же, что и у первого чистового резца.

Для чистовой обточки твердых сталей марки Ст. 5 и выше передняя грань затачивается с порошком для ломания стружки. Размеры порошка видны из рисунка (фиг. 87в), высота уступа  $0,3-0,5$  мм, радиус выкружки  $1,5-2$  мм.

Чистовую обточку ведут при высокой скорости резания от 180 до 500 метров в минуту. Глубина резания берется  $0,2-1,0$  мм, подача от  $0,04$  до  $0,15$  мм/об. Усилия резания при чистовой обточке невелики. Поэтому твердосплавные резцы, обеспечивающие

высокие скорости резания, могут применяться на всех станках (в том числе и «маломощных»). Тем не менее иногда для чистового точения используются и быстрорежущие резцы. По форме они сходны с резцом, изображенным на фиг. 87 а, но не имеют фасок и выкружек. Вершина резца округлена (радиус 2—3 мм).

Чистовую обточку чугуна можно вести резцом особого вида. Этот резец имеет широкое лезвие — для крупных деталей 10—12 мм, для мелких — 5 мм. Широкое лезвие устанавливают параллельно направлению подачи (так же, как и дополнительную кромку резца В. Колесова). Края лезвия скруглены (радиус 1,5 мм). Резец имеет положительный передний угол (12—15°), плоскую переднюю грань и задний угол в 8° (фиг. 87г). Он оснащен пластиной твердого сплава марки ВК8.

**Широколезвийный резец** — весьма производительный инструмент, им можно работать с очень большой подачей. При ширине

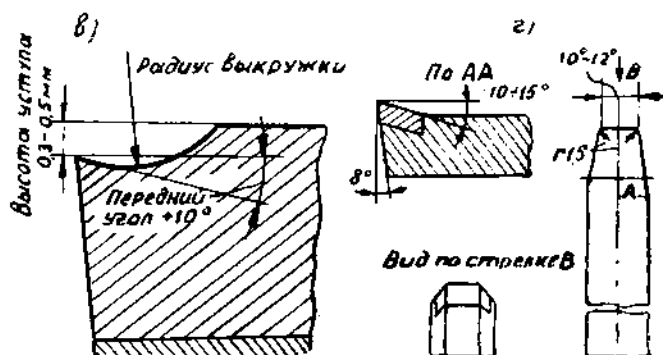


Рис. 87 в — резец для чистового точения твердых сталей (выкружка с порогом);  
г — широколезвийный резец для чистового обтачивания чугуна

лезвия 12 мм подачу можно увеличить до 10 мм/об. При этом глубина резания составляет 0,3—0,5 мм, а скорость резания — 11—12 м/мин. Несмотря на невысокую скорость резания, производительность благодаря большой подаче получается в десятки раз большей, чем при скоростном чистовом точении узким чистовым резцом с малой подачей.

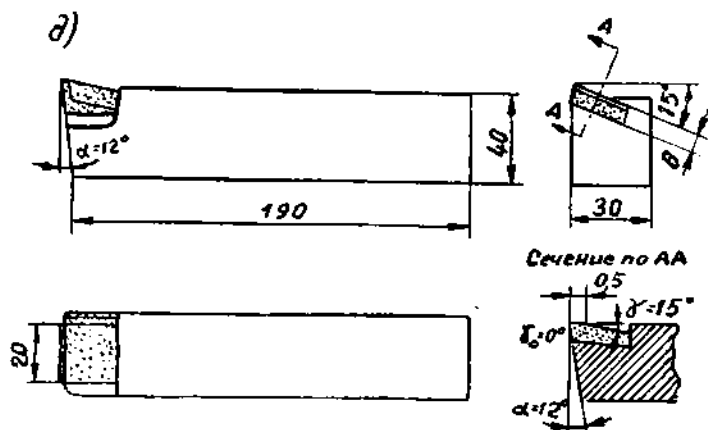
Широколезвийный резец имеет большую стойкость. Им можно обточить длинный вал, не меняя резца. Это обеспечивает точность обработки. Кроме того, качество обработанной поверхности получается очень высокое. Обычно после обточки широколезвийным резцом не требуется шлифовки для получения чистоты с тремя знаками (ΔΔΔ). Достаточно зачистить деталь тут же на станке шлифовальной шкуркой.

У резца с широким лезвием есть недостатки, которые ограничивают область его применения. Он срезает большую, широкую

стружку. Это создает большое давление на деталь. Она изгибается, дрожит. Давление особенно велико при обточке стали. Оно меньше при обработке чугуна, стружка которого отходит мелкими крошками.

Под давлением стружки резец может вдавиться в деталь и испортить ее поверхность. Выдержать размер и чистоту поверхности становится трудно. Поэтому широколезвийным резцом можно обтачивать только короткие и массивные стальные детали. А чугунные детали можно точить любые.

Другой недостаток широколезвийного резца — необходимость очень тщательной установки, чтобы добиться параллельности режущей кромки направлению подачи. Иначе обработанная поверх-



Фиг. 87 д. Широколезвийный резец ЛПИ для чистового обтачивания массивных стальных деталей

ность получается неровной (пилообразной). Этот недостаток отсутствует у широкого резца конструкции ЛПИ (Ленинградский политехнический институт им. Калинина).

Оказалось, что если режущую кромку широкого резца расположить под определенным углом к направлению подачи, то получается очень чистая поверхность обработки. Так и устроен резец ЛПИ (фиг. 87д). Режущая кромка его наклонена под углом  $15^\circ$  к направлению подачи. Этот резец не требует точной установки. Скорость резания достигает 200—300 м/мин. Подача 2—8 мм/об. Глубина резания 0,1—0,3 мм. После прохода резца остается небольшая волнистость (в пределах 7 класса). Ее легко устранить зачисткой шкуркой. После этого чистота поверхности повышается до 8 класса чистоты.

Этот резец может применяться при обработке жестких и крупных стальных деталей на жестком вполне исправном станке.

## ГЛАВА IV. ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ

### СВЕРЛЕНИЕ

Отверстия в сплошном металле делают на сверлильных станках, но часто сверлят и на токарных.

— На каких же лучше? — спросит читатель. На токарном станке сверлят в тех случаях, когда у детали, кроме обработки отверстия, надо еще обточить наружную поверхность, которая должна быть концентрична отверстию, т. е. иметь с ним общую ось. Тогда, закрепив деталь в патроне токарного станка, ее обтачивают, а после сверлят, не меняя установки.

Иногда делают наоборот — просверлят отверстие, а потом пользуются им для крепления детали на оправке во время обточки.

В том и другом случае поверхности будут концентричными.

Отверстие может получиться круглое, цилиндрическое или «бочкой». Оно может быть с прямой осью или с наклонной. И вот тут, оказывается, не все равно — будем ли мы сверлить на токарном станке или на сверлильном. Результаты будут разными.

Допустим, что мы станем сверлить на сверлильном станке. Деталь неподвижна, вращается сверло, кроме того ему дается подача.

Врезались, сверлим, и вдруг сверло, натолкнувшись на более твердые частицы металла, отклонилось в сторону. Заметить это вначале не легко, а поправить потом трудно. Отклонившись от правильного направления, сверло просверлит отверстие наклонно.

Иное дело на токарном станке. Здесь не сверло вращается, а деталь. Сверлу дается только подача. И любопытное дело — вращение детали подправляет сверло, когда оно сойдет с правильного пути.

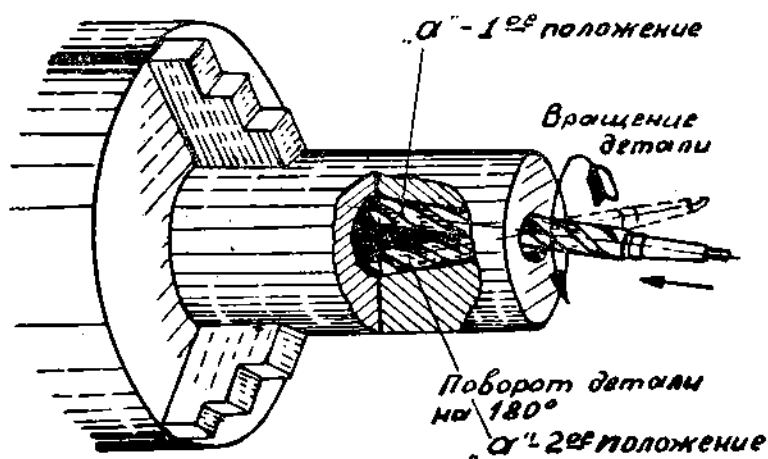
Как это происходит? Допустим, сверло, наскочив на твердые частицы, отклонилось в сторону (фиг. 88). Вот положение 1-ое, потом деталь повернулась на  $180^\circ$ , и сверло оказалось в положении 2-ом. Значит, крайняя точка лезвия «а» опишет увеличенный круг с центром на оси вращения. Отверстие в этом месте расширится, но останется прямым, совпадающим с осью детали.

Но это еще не все. Чем больше сверло отошло от центра, тем сильнее будет на него давление резания. Давление это направлено к центру. Оно будет изгибать сверло, подводить его к оси вра-

щения. Сверло снова приблизится к оси, конус отверстия уменьшится. Отверстие получится переменным по диаметру, похожим на бочку, но зато с прямой осью. Совсем не так, как на сверлильном станке, где отверстие получилось цилиндрическим, но с искривленной осью.

Что лучше? Ясно, что «бочка» — это лучше, чем отверстие, которое ушло в сторону.

Отверстие с разными диаметрами можно исправить после сверла резцом или зенкером. А отверстие с искривленной осью ничем



Фиг. 88. Сверление на токарном станке

не исправишь. Поэтому, когда надо получить очень точные отверстия, в особенности большой длины, пользуются токарными станками, исправляя ошибки сверла другими инструментами.

Но вернемся к сверлу. Хотя это инструмент всем известный, не все токари его достаточно хорошо знают.

## ГЕОМЕТРИЯ СВЕРЛА

Давайте возьмем сверло в руки и разглядим его внимательно (фиг. 89а). По всей длине сверла прорезаны спиральные канавки. Их две, они служат для отвода стружки. Поднимаясь по канавкам, стружка выходит из просверливаемого отверстия.

В нижней рабочей части сверла имеются две конические торцовые поверхности. От пересечения их с передними стенками канавок получаются режущие кромки сверла (фиг. 89б).

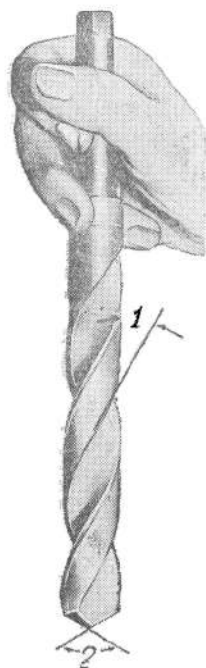
Режущие кромки должны быть прямыми. Для этого нужно, чтобы угол наклона канавок к оси сверла составлял  $30^\circ$  (для сверла диаметром свыше 10 мм, для сверл меньшего диаметра —  $20^\circ$ —

24°). Угол при вершине сверла между режущими кромками обычно равен 118°—120°. При сверлении твердых металлов его увеличивают до 140°, мягких — уменьшают до 90°.

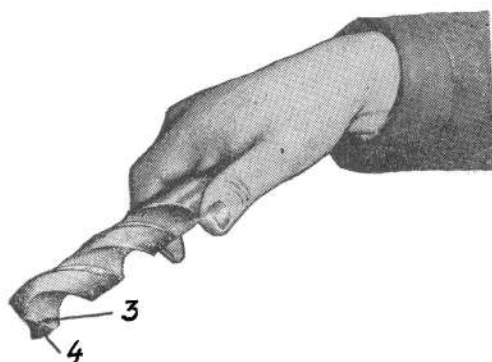
Сверла с искривленными лезвиями режут плохо. Значит, **первый признак правильно заточенного сверла — это прямые лезвия.**

Лезвия должны быть одинаковыми по длине. Иначе во время работы сверло уведет в сторону и отверстие получится большего диаметра. Следовательно, **второй признак правильно заточенного сверла — одинаковая длина лезвий.**

Углы наклона режущих кромок к оси сверла также должны быть совершенно одинаковыми.



Фиг. 89 а. Геометрия сверла  
1 — угол наклона канавок;  
2 — угол при вершине



Фиг. 89 б. Режущие кромки сверла  
3 — передняя грань; 4 — задняя грань

Итак **третий признак правильно заточенного сверла — одинаковый наклон лезвий к оси сверла.**

Передние грани сверла образуются стенками канавок, примыкающими к лезвиям. А задние грани — торцовыми поверхностями рабочего конуса сверла.

Передние углы сверла надо рассматривать в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке (фиг. 90). Заметьте, передние и задние углы сверла непостоянны. Они изменяются по всей длине лезвия. Этим сверло сильно отличается от резца, у которого обычно заточенные углы в любом месте лезвия одинаковы.

Передний угол около вершины сверла равен нулю. Вы это увидите, если внимательно рассмотрите сверло (см. на фиг. 90 — разрез по линии I—I).

Но чем дальше от середины, тем сильнее изгибается передняя грань, образуемая стенкой канавки. Передний угол увеличивается.



Режущая кромка как бы нависает над канавкой (разрезы II—II и III—III).

Следовательно, чем дальше от центра сверла, тем лезвие острее. Задний угол меняется в обратном направлении. Чтобы улучшить резание у центра сверла, задний угол приходится здесь делать наибольшим.

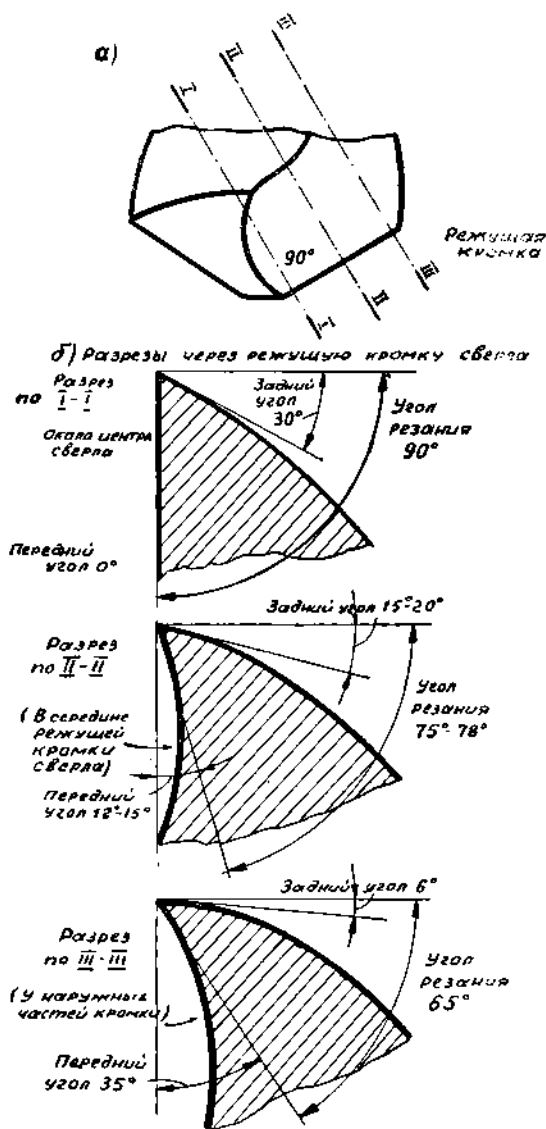
Обычно он тут составляет 30—26°. По мере приближения к наружному диаметру сверла задний угол уменьшается. У периферии сверла он уже около 6° (на фиг. 90 условно показано в тех же разрезах).

Так же меняется и угол резания. У центра сверла он равен 90°, а у края лезвия — 65°. Таким образом, чем дальше удален участок лезвия от середины сверла, тем лучше он режет. Центральная часть сверла режет тяжелее и хуже, чем края.

От пересечения конических торцовых поверхностей лезвий в центре сверла получается поперечная кромка. У правильно заточенного сверла она расположена под углом в 55° к режущим лезвиям (фиг. 91-Г).

Поперечная кромка—ее называют часто перемычкой—большое зло. Она не режет, она только давит и скоблит металл.

Как же уменьшить вред от перемычки?

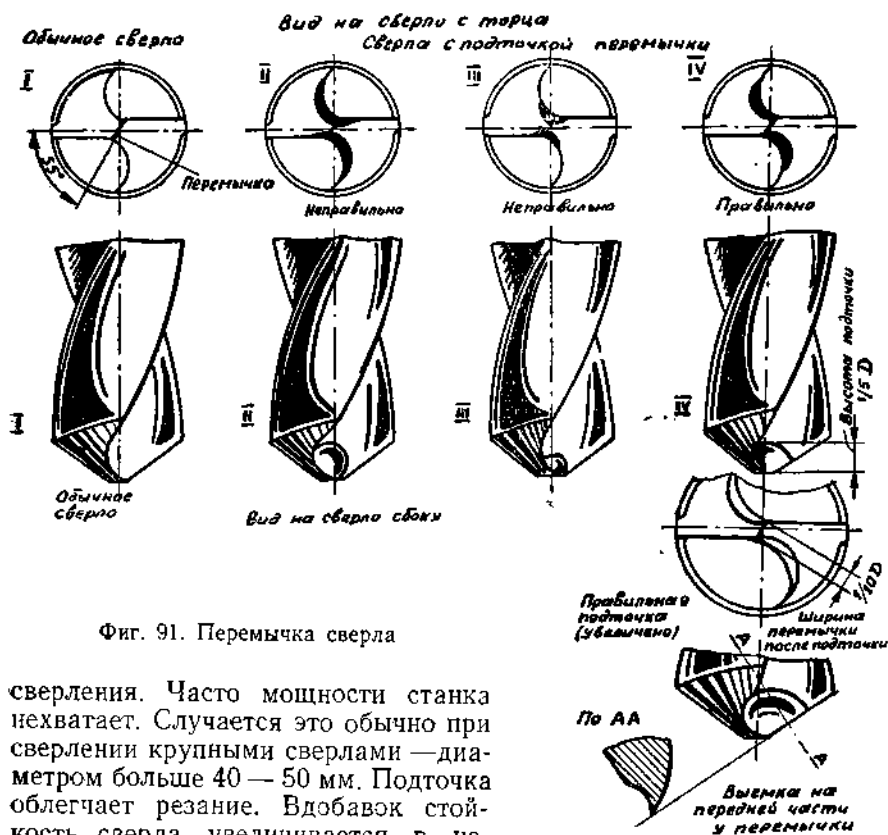


Фиг. 90. Передние и задние грани сверла

Нередко устраивают выточку у сердцевинки (фиг. 91—II и III), но это не лучший способ. Такая подточка уменьшает толщину перемычки, и сверло становится не стойким.

Самый удачный способ подточки показан на четвертом рисунке (фиг. 91—IV). Лезвие удлиняется за счет тела сверла. Угол резания около перемычки уменьшается — стружка идет легче.

Тупая, неподточенная перемычка требует больших усилий для



Фиг. 91. Перемычка сверла

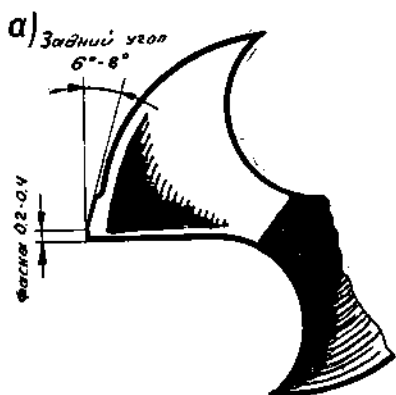
сверления. Часто мощности станка не хватает. Случается это обычно при сверлении крупными сверлами — диаметром больше 40 — 50 мм. Подточка облегчает резание. Вдобавок стойкость сверла увеличивается в несколько раз.

Чтобы уменьшить трение сверла о стенки отверстия, с боковых сторон его снят небольшой слой толщиной 0,5—1 мм. Только по краям канавок со стороны режущих кромок оставлены ленточки (фаски), которые дают сверлу правильное направление при сверлении.

У больших сверл трение ленточек о стенки отверстия велико. Что же делают передовики производства, чтобы уменьшить трение? Подтачивают ленточки. Но где? Нижняя часть ленточки около самого лезвия участвует в резании. Она помогает отделять

стружку от поверхности отверстия. Но у ленточки нет заднего угла. Поэтому она сильно трется о стенки. Сверло нагревается и быстро изнашивается.

Теперь понятно — надо подтачивать ленточку так, чтобы у нее



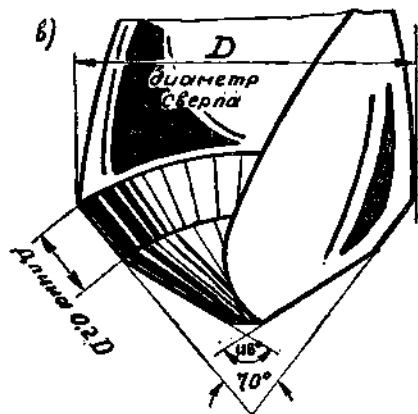
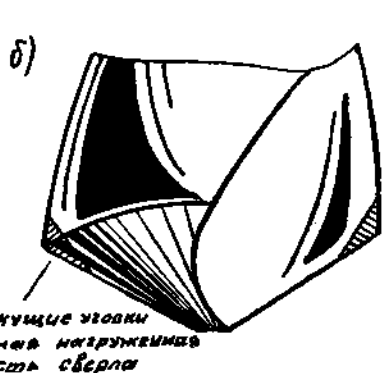
Фиг. 92 а. Подточка ленточки

получился задний угол (фиг. 92а). Подточку делают на небольшом участке лезвия, на расстоянии, равном двум-трем подачам. Если излишне подточить ленточку, сверло потеряет направление и устойчивость. При подточке оставляют тонкую, доведенную фаску. Подточка ленточки увеличивает стойкость сверла в 2—3 раза.

Самое слабое место сверла — крайние точки лезвий. Скорость вращения, а следовательно, и скорость резания здесь наибольшая. А вместе с тем угол заострения наименьший. Лезвие остро и тонко. Тепло отводится хуже. Эти участки сверла на-

греваются больше других (фиг. 92б).

Что же придумали новаторы производства? Очень простую



Фиг. 92 б, в. Подточка режущих уголков:  
б — обычное сверло; в — сверло с двойной заточкой

вещь. Срезать совсем режущие уголки сверла. Такая заточка получила название «двойной заточки». Она увеличивает длину лезвий. Получается как бы два сверла. Угол у вершины «второго

сверла» меньше, его делают 70—75° (фиг. 92в). Стружка на второй заточке у краев сверла снимается тоньше и шире. Сверло меньше нагревается, и стойкость его повышается в 2—3 раза. Двойная заточка позволяет повысить скорость резания на 15—20%.

Если бы сверло имело одинаковый диаметр по всей своей длине, то оно сильно терлось бы о стенки отверстия. Чтобы этого избежать, сверло делается на конус (уменьшение диаметра на 0,1 мм на каждые 100 мм длины).

Спиральные сверла изготавливают из углеродистой инструментальной стали — У12А, из быстрорежущей стали и хромистой стали 9ХС. В последнее время начали применять сверла и из твердых сплавов. О них речь будет дальше.

### КАК ВЕСТИ СВЕРЛЕНИЕ

Сверла закрепляют во время работы за хвостовую часть. Она у сверла цилиндрическая или коническая. Мелкие сверла закрепляют в сверлильных патронах. Патрон хвостовой частью вставляется в шпиндель задней бабки, где он удерживается трением. Сверла средних и больших размеров вставляются в шпиндель задней бабки своим хвостовиком или с помощью переходных втулок.

Но все эти способы уже не удовлетворяют токарей. На установку сверла, на подвод задней бабки уходит много времени. Токари-новаторы предложили несколько очень простых способов закрепления сверл. Можно только удивляться, как до них не додумались раньше.

Вот один из способов: сверло вставляют в специальную гильзу с конусным отверстием для хвостовика сверла, гильзу закрепляют в резцедержателе. После этого сверло можно подавать вместе с супортом вручную или механической подачей.

Просто? Конечно! Все дело лишь в том, как изготовить гильзу и так закрепить ее в резцедержателе, чтобы сверло стояло точно по оси шпинделя.

Оказывается, и это не трудно. Надо зажать в резцедержателе массивный стальной брусок. Резцом, закрепленным в шпинделе станка, срезать часть бруска согласно радиусу гильзы (фиг. 93а). Затем гильзу приварить к бруску (93б). После сварки конусное отверстие в гильзе пройти разверткой, закрепленной в шпинделе станка. Это обеспечивает полную соосность отверстий гильзы и шпинделя\*.

Выдвижение резцедержателя надо отметить риску (чертой) на салазках супорта. Пользуясь этой риской, можно быстро и точ-

---

\* Соосность — совпадение осей.

но установить супорт так, чтобы гильза со сверлом встали точно по центру станка.

Выбирайте не слишком длинное сверло, оно будет устойчивее в работе. Но оно не должно быть коротким. Не годится, если глубина отверстия больше длины спиральной канавки сверла, стружка не сможет выйти из канавок, и сверло сломается.

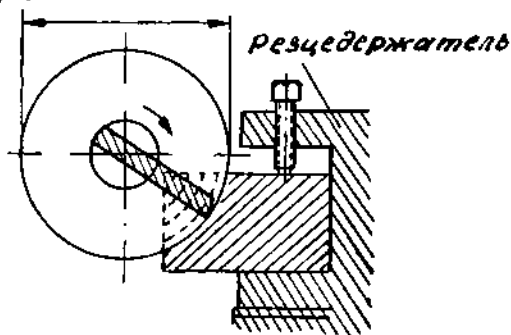
Прежде чем подавать инструмент, надо пустить станок. Теперь подведем сверло, вращая маховичок задней бабки (или супорта, если сверло установлено по-новому), сверло попав вначале в

центр детали, тут же сбивается с него и начинает описывать вокруг центра круг. Если мы, несмотря на это, будем продолжать сверлить, отверстие уведет вбок и оно окажется коническим.

Поступим так: подведя сверло к центру, несколько секунд не будем на него нажимать. Сверло должно само выбрать небольшое углубление. После этого продвинем его слегка вперед. Снова остановимся. Если сверло не бьет, можно продолжать работу. Спокойно и равномерно подавайте сверло в отверстие.

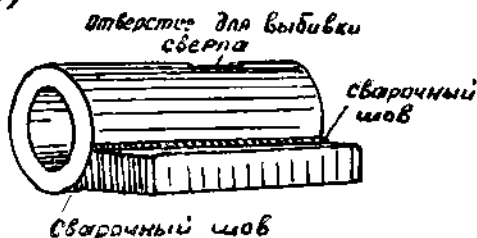
Если же сверло продолжает бить, надо ему помочь. Осторожно подведите к нему резец (тыльной стороной) или какой-

а) Диаметр гильзы



Фиг. 93 а. Изготовление приспособления для механической подачи сверла

б)



Фиг. 93 б. Общий вид приспособления для механической подачи сверла

нибудь металлический стержень, зажав его в супорте. Поддерживая сверло, чтобы оно не смещалось, вращайте маховичок. Когда сверло несколько углубится, поддерживающий стержень отведите в сторону.

Еще лучше — делать предварительное засверливание коротким и жестким сверлом. Для этого можно пользоваться лопаточным резцом. Угол у вершины делается у него в  $90^\circ$ . Благодаря

такому углу перемычка сверла, которым сверлят после зацентровки, вначале не участвует в работе. От этого подавать сверло легче, и его не уводит в сторону.

Углубившись на 2—3 диаметра, надо отвести сверло назад и очистить отверстие от стружки. При сверлении глубоких отверстий это повторяют несколько раз. Выводить сверло надо на ходу станка.

Охлаждение обязательно при сверловке. Оно должно быть обильным и непрерывным.

Сверла часто ломаются на выходе из отверстия. Проламывая тонкую стенку и выходя наружу, сверло сразу делает рывок вперед. Застрав и защемившись в проломе, оно ломается. Чтобы этого не было, надо в конце сверления уменьшить подачу в два раза. А чтобы знать во время работы, сколько осталось еще сверлить, надо перед началом сверления отметить на сверле мелом глубину отверстия.

Крупные отверстия (диаметром больше 25 мм) сверлят обычно в два приема: сначала меньшим, а потом большим сверлом.

Из-за того, что перемычка сверла почти не режет, для сверления отверстия надо приложить большую силу.

Это усилие должно быть тем больше, чем крупнее сверло. Вот к примеру: чтобы сверлить сверлом диаметром 50 мм, надо осилить сопротивление резанию более чем в 3 тонны. Понятно, почему при сверлении большими сверлами станок зачастую «не везет» — ему нехватает мощности.

В чем же выход? В предварительном рассверливании меньшим сверлом. Допустим, мы просверлили отверстие сверлом в 15 мм, а затем вторично сверлим крупным сверлом. Перемычка большого сверла будет вращаться в пустом пространстве. Сверло будет резать только краями. Усилие, необходимое для сверления, уменьшится в два-в два с половиной раза.

Диаметр меньшего сверла надо выбирать в зависимости от диаметра окончательного отверстия: для отверстия от 25 до 50 мм диаметр предварительного сверления 10—15 мм, для 50—80 мм — 15—30 мм.

Сверло инструмент не точный. Замечено, что отверстия из-под сверла получаются зачастую на 0,1—0,3 мм больше диаметра самого сверла: значит, если нужно получить более или менее точное отверстие, сверло надо взять меньше. Например, чтобы получить отверстие диаметром в 10 мм, надо взять сверло диаметром 9,9 мм.

Есть и другой способ. Опытные токари, желая получить чистые и правильные отверстия, никогда не сверлят одним сверлом. Окончательное рассверливание они делают в два прохода. Сначала сверлят сверлом на 1—3 мм меньше окончательного диаметра. Затем берут сверло нужного размера и окончательно высверливают отверстие.

## ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ СВЕРЛА ДЛЯ СКОРОСТНОГО СВЕРЛЕНИЯ

Уже свыше десяти лет пользуются заводы твердосплавными сверлами. Но режимы резания мало отличались от тех, что применяются при работе обычными сверлами. Только стойкость твердосплавных сверл была в 10—12 раз выше. Но все попытки увеличить

скорость резания приводили к быстрому износу, к поломкам сверл.

В чем же дело? Что мешало использовать для сверления режущие свойства твердых сплавов?

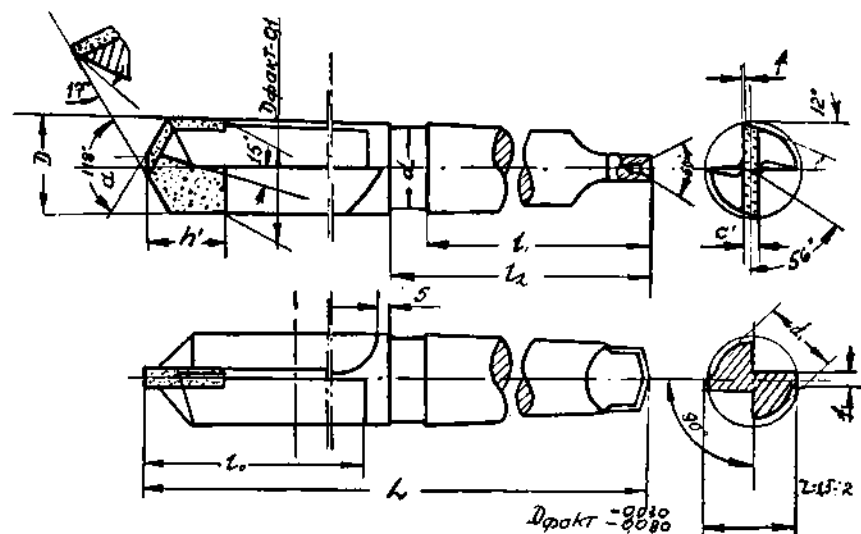
Винной всему было то, что твердосплавным сверлам давали ту же форму, что и обычным. Но то, что было хорошо при работе с небольшими скоростями, совсем не годилось для работы на больших скоростях.

Считали, например, что двойная заточка увеличивает стойкость твердосплавных сверл. А оказалось иначе.

Фиг. 94 а. Схема движения стружки при сверлении сверлом с двойной заточкой

Схема движения стружки при сверлении сверлом с двойной заточкой

На схеме (фиг. 94а) показано, что благодаря двойной заточке возникают два пересекающихся потока стружки. Они сходят с ре-



Фиг. 94 б. Сверло для скоростного сверления.

жущих кромок сверла под углом друг к другу и вдобавок с разной скоростью. Сталкиваясь в канавке сверла, потоки стружки образуют затор. Под влиянием давления и высокой температуры скоростного резания стружка плотно спрессовывается и забивает канавки. Из-за этого и происходили частые поломки сверл. Средняя продолжительность работы твердосплавных сверл без двойной заточки при скоростном резании оказалась выше, чем сверл с двойной заточкой.

Подточка перемычки у обычного сверла уменьшает усилие резания и увеличивает стойкость сверла. Подточка же перемычки у твердосплавного сверла дает противоположные результаты. Благодаря скоплению мелких спрессованных частиц стружки в выемках, образованных подточкой, сопротивление резанию увеличивается, перемычка выкрашивается.

Итак, все по-другому, все «наоборот». Новая геометрия твердосплавного сверла другая, чем у обычных сверл. Иные размеры даны задним углам, ширине фаски, конусности и т. д. Такое сверло, созданное на Челябинском тракторном заводе, показано на фиг. 94б. Этим сверлом сверлят чугунные детали со скоростью в 3—4 раза большей (до 90—100 м/мин), чем обычными сверлами. Для скоростного сверления станок должен обладать большими числами оборотов (от 1200 об/мин и выше).

## РАСТАЧИВАНИЕ

Отверстия диаметром больше 40—50 мм обычно не сверлят. Их стараются получить заранее при отливке, ковке или вырезке заготовки из стального листа. А затем отверстие растачивают резцом.

Точность получается выше, чем при сверлении. Правда, сечение расточного резца меньше, чем у резцов для наружной обточки. Он не такой жесткий, давление резания может отжать его от детали. Но опытный токарь, снимая тонкую стружку, добивается точного отверстия.

Вот почему расточку применяют иногда и для отверстий небольшого диаметра, когда нужно получить точные размеры.

Расточной резец имеет квадратный или круглый стержень. Конец его оттянут в кузнице, и головка повернута к детали (фиг. 95).

В остальном расточной резец мало отличается от резца для наружной обточки. Углы заточки у него такие же, как у проходного резца. Разница в величине заднего угла. У расточного резца этот угол больше. Иначе — задняя грань терлась бы о стенку отверстия.

Расточной резец сильно выдвинут из резцедержателя. Длинная державка изгибается во время работы. Это влияет на точность обработки и на качество поверхности отверстия. Приходится

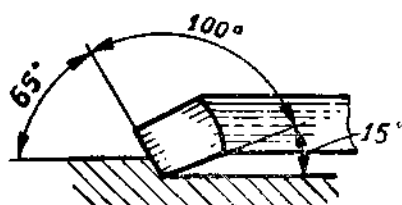
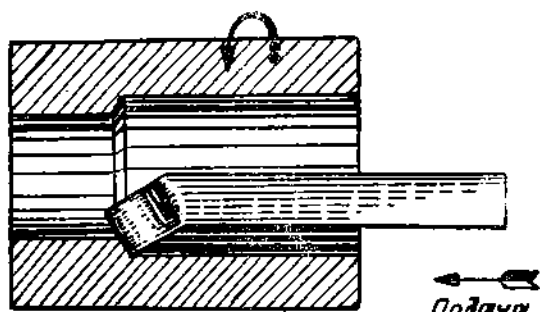


уменьшить подачу, чтобы снизить сопротивление резанию и дрожание резца. Приходится вдобавок уменьшать и скорость резания, так как тонкая и длинная державка плохо отводит тепло. Поэтому расточной резец менее производительен, чем резцы для наружного точения.

Токари-новаторы применяют двусторонний расточной резец.

У державки резца делается такой же хвостовик, как и у сверла. Державка устанавливается в задней бабке или в гильзе, закрепляемой в резцедержателе (см. стр. 175—176).

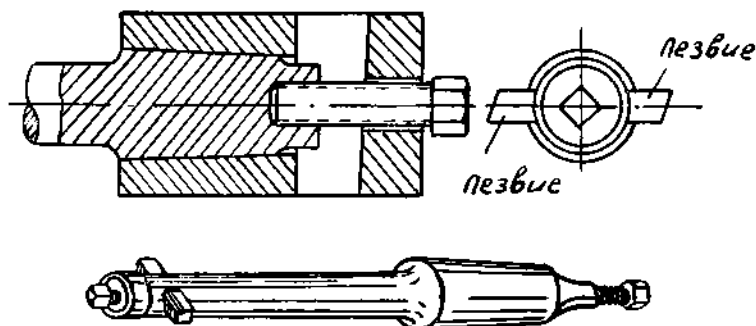
Двусторонний резец помещают в сквозном окне державки, закрепив его спереди болтом. Оба лезвия должны быть совершенно одинаковы и снимать равную по сечению стружку. Кроме того, чтобы обеспечить спокойное резание и правильное направление, на передний конец державки



Фиг. 95. Расточной резец

насаживается каленое направляющее кольцо (фиг. 96).

Срезаемая стружка разделяется между двумя резцами, поэтому резцам можно дать удвоенную подачу. Но по толщине стружки



Фиг. 96. Двусторонний резец

ки каждый из них будет работать с половинной, т. е. с нормальной подачей. Следовательно, резец не будет перегружен. Продвигаться же он будет на величину полной, т. е. удвоенной подачи.

Отсюда можно сделать вывод, что производительность расточки увеличится вдвое. На самом деле, она увеличится намного больше. Почему? Да потому, что благодаря взаимно уничтожающему давлению на державку и наличию направляющего кольца, подачу и глубину резания можно брать более высокие, чем при расточке одним резцом.

Допустим, надо сделать отверстие диаметром 70 мм. Сначала сверлят сверлом диаметром 30 мм, затем растачивают резцом до диаметра 70 мм. При растачивании обычным резцом с пластиной из быстрорежущей стали глубина резания берется не более 3 мм, подача 0,1 мм/об, скорость резания около 40 м/мин. При растачивании же двусторонним резцом (также из быстрорежущей стали) с направляющим кольцом глубина резания может быть взята 20 мм на сторону (следовательно, всего будет срезано 40 мм, и отверстие будет расточено за один проход), подача 0,3—0,4 мм/об. Скорость же резания уменьшается до 15—18 метров в минуту.

Если подсчитать объем снимаемой стружки, то окажется, что во втором случае он больше примерно в 8 раз. Значит, и работа ускоряется в 8 раз.

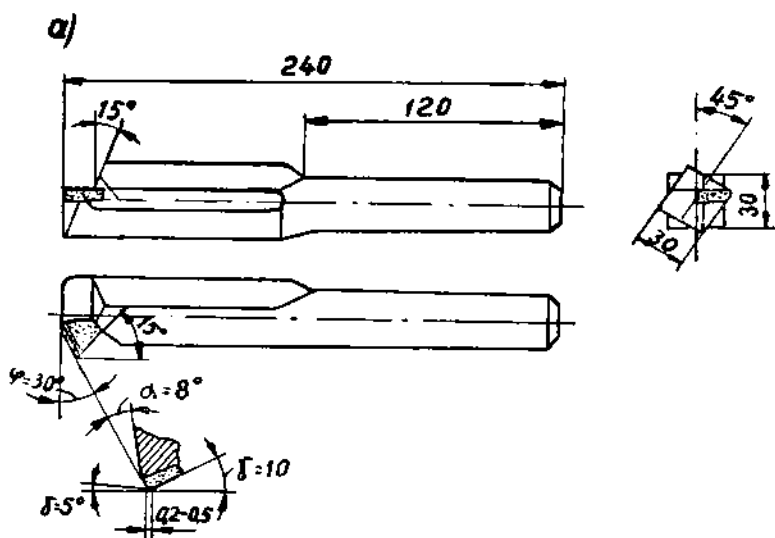
Для растачивания отверстий разных диаметров надо иметь набор державок с кольцами, начиная от диаметра 20 и кончая диаметром 60 мм, с интервалом в 10 мм. Это позволяет растачивать любое отверстие диаметра до 100 мм.

## ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ РАСТОЧНЫЕ РЕЗЦЫ

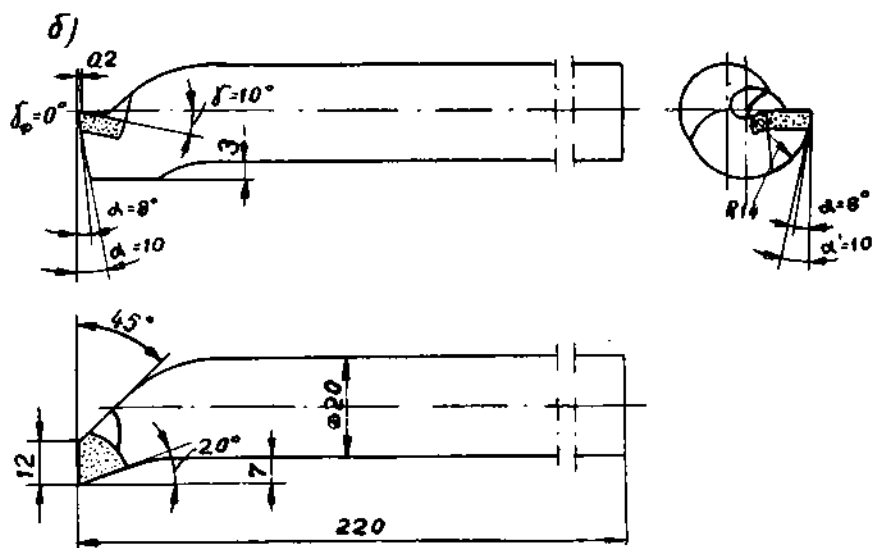
Применяя для растачивания твердые сплавы, токари-новаторы стремятся увеличить жесткость расточных резцов. Оригинальную конструкцию резца предложил известный новатор, лауреат Сталинской премии В. Семинский (фиг. 97а).

Рабочая часть этого резца повернута путем скручивания державки на 45° по отношению к хвостовику. Изогнутое ребро оказывает повышенное сопротивление давлению резания. Жесткость этого резца в несколько раз больше, чем обычного расточного резца. Резец не дрожит при глубине резания до 15 мм и подаче до 0,3 мм/об, поверхность получается более чистая, режимы резания могут быть увеличены в 2—3 раза.

Токарь К. Лакур ведет расточку резцом, у которого лезвие находится в плоскости, проходящей через ось стержня (фиг. 97б). Как показала практика работы этими резцами, вибрации не возникают даже при большом выдвигении державки из резцедержателя.



Фиг. 97 а. Расточной резец токаря Семинского



Фиг. 97 б. Расточной резец токаря Лакура

## КАК ВЕСТИ РАСТАЧИВАНИЕ

Опытные токари ведут черновое растачивание на обратном вращении шпинделя, резцом, перевернутым лезвием вниз.

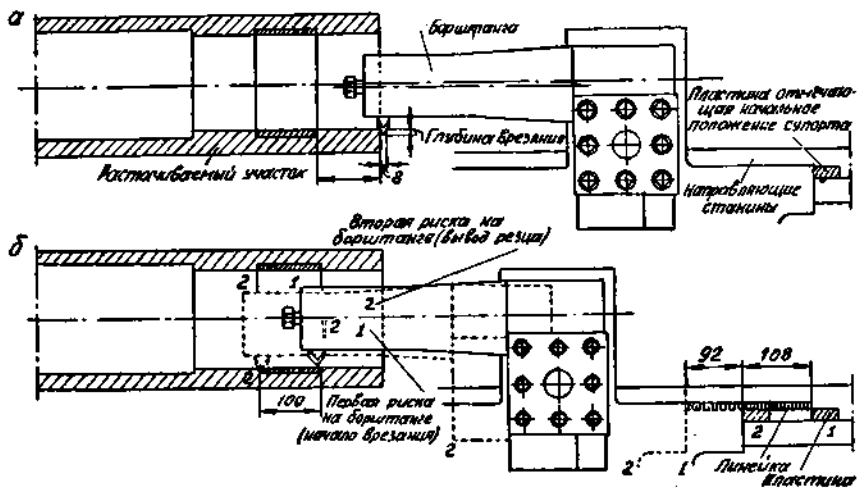
Такой способ особенно удобен тогда, когда деталь длинна и работа идет с поддержкой люнетом.

Люнет, как известно, имеет три кулачка: один в верхней части, над деталью, и два — в нижней, поддерживающие деталь снизу. При перевернутом резце давление резания действует на деталь сверху вниз, прижимая ее вместо одного к двум кулачкам. Получается более устойчивое положение, чем если бы растачивали на прямом ходу станка. Резец работает спокойно, без вибраций.

При растачивании токарь не видит обрабатываемой поверхности и резца. Это вроде «слепого полета», когда самолет в облаках и летчик не видит земли.

Особенно трудна «слепая расточка» глухих отверстий и с уступами. Есть опасность, что в конце прохода резец врежется в дно или уступ. Что же делают токари? До начала растачивания резец вводят вручную в отверстие. Когда он доведен до крайнего положения, делают на державке резца пометку мелком против торца детали. Пометка будет показывать, до какой глубины должен дойти резец. Более точен второй способ. Допустим, нам надо сделать выточку внутри отверстия (фиг. 98а).

Промерив отверстие после черновой расточки, определяем, насколько надо будет углубиться резцу. Слегка коснувшись резцом стенки отверстия, выводим его наружу. Лимб ставим на нуль. Отсчитав по лимбу расстояние, подаем резец на себя на величину врезания. Затем продольной подачей придвигаем резец к детали.



Фиг. 98 а, б. Растачивание методом предварительной разметки

Промеряем ширину резца на линии стенки отверстия. Чтобы начать врезание, надо подать резец внутрь отверстия на 100 мм (длина предшествующего участка) + 8 мм (ширина резца). Так как вести измерения внутри отверстия нельзя, поступаем следующим образом. С правой стороны салазок супорта кладем на направляющие станины металлическую пластинку. Она показывает начальное положение супорта.

Затем подаем супорт влево, приложив линейку к краю металлической пластинки (фиг. 986). Когда расстояние между нижними салазками супорта и пластинкой будет равно 108 мм, супорт останавливаем. На державке резца делаем напильником риску против торца детали. При расточке следующих деталей риска будет показывать начало врезания. На фиг. 986 цифрами 1 показано положение державки и супорта в начале врезания, а цифрами 2 — при выводе резца.

Металлическую пластину, положенную на направляющую станины, придвигаем вплотную к плоту супорта. Пускаем станок и по лимбу поперечной подачи врезаемся на нужную глубину резания. Затем включаем продольную подачу и начинаем растачивать участок. Приложив линейку к краю металлической пластинки, следим за увеличивающимся расстоянием между нею и супортом. Когда оно станет равным 92 мм (100 мм длина участка — 8 мм ширина резца), продольную подачу выключаем, резец отводим от стенки отверстия. На державке резца делаем напильником новую риску. Она показывает конец врезания. Расточку следующих деталей ведем по рискам на державке.

## ЗЕНКЕРОВАНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ

Зенкер — инструмент, которым обрабатывают литые и штампованные отверстия либо просверленные сверлом.

Вспомним, как работает сверло при рассверловке отверстия, сделанного другим, меньшим сверлом. Центр почти не работает. Режут края. Следовательно, для обработки просверленного отверстия не нужен конус у инструмента, а канавки могут быть не глубоки, так как стружки мало. Зато, уменьшая глубину канавок, можно сделать более прочный инструмент с тремя и четырьмя лезвиями вместо двух.

Вот таким «переделанным сверлом», но все же близким его родственником, и будет зенкер. О нем можно сказать, что это сверло со срезанным конусом, к тому же с большим числом канавок.

Зенкер придает отверстию более правильную форму, более точные размеры и гладкую поверхность, чем сверло. Он прочнее сверла. Подачу при зенкеровании можно брать в 2—3 раза больше, чем при сверлении.

Отверстие в отливке обычно не бывает точным и круглым, ось

его часто не совпадает с осью детали. Если сразу начать обработку зенкером, он будет снимать стружку разной толщины. Давление на зенкер будет неравномерным. Сильнее будет давить толстая стружка. Зенкер отклонится в сторону более тонкой стружки.

Что же делают? Предварительно отверстие растачивают резцом на глубину до 1—1,5 диаметра. Получив правильное направление вначале, зенкер не будет отклоняться от оси.

Развертка снимает очень тонкую стружку. Отверстие получается повышенной точности, с еще более гладкой поверхностью.

У обычной цельной развертки длинное цилиндрическое тело. Оно прорезано продольными прямыми канавками. Стенки канавок образуют режущие кромки или зубья развертки.

Основную работу выполняет заборная часть. К ней примыкает калибрующая часть. Ее зубья служат для того, чтобы зачищать поверхность отверстия и давать направление развертке.

Развертку нельзя закреплять жестко. Если она установлена не точно по оси детали — а это очень трудно выверить, — то при жестком закреплении развертка уширит, как говорят, «развалит» отверстие. Нужно применять свободное закрепление разверток. Для этого служат качающиеся оправки.

На что похож зуб развертки? На широкий резец, снимающий тонкую стружку при очень малой глубине резания. Как и широкий резец, развертка работает с большой подачей и малой скоростью.

## ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Итак, для обработки отверстий у нас есть — сверла, расточные резцы, зенкеры и развертки.

При обработке отверстий 3-го класса точности надо инструменты применять в такой последовательности\*.

1. Небольшие отверстия — диаметром до 10 мм: зацентровка сверлом или резцом, сверление, развертывание.

2. Средние отверстия — диаметром от 10 до 30 мм: зацентровка, сверление, зенкерование, развертывание.

3. Большие отверстия — диаметром от 30 до 100 мм: зацентровка, сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание.

Другой вариант: зацентровка, сверление, расточка, развертывание.

Все эти случаи относятся к отверстиям в сплошном металле.

4. Отверстия литые, прошитые или вырезанные предварительно в заготовке: подрезка торца, расточка отверстия до диаметра зенкера, зенкерование, развертывание. Если нет зенкера или отверстие очень неправильной формы с неравномерным припуском,

---

\* Для получения отверстий по 2-му классу точности развертывание делается в 2 прохода: черновое и чистовое. При обработке по 4-му классу точности развертывание исключается.

вместо зенкерования делается расточка с припуском под развертку. Если же нет большой развертки, вместо развертки идет резец, взамен развертывания — чистовая расточка.

Сейчас, когда скоростное резание дает высокую чистоту обрабатываемой поверхности, такой порядок применяется довольно часто.

---

## ГЛАВА V. ОБТОЧКА КОНУСНЫХ И ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Во всех работах, о которых шла у нас речь, резец двигался либо вдоль, либо поперек станка.

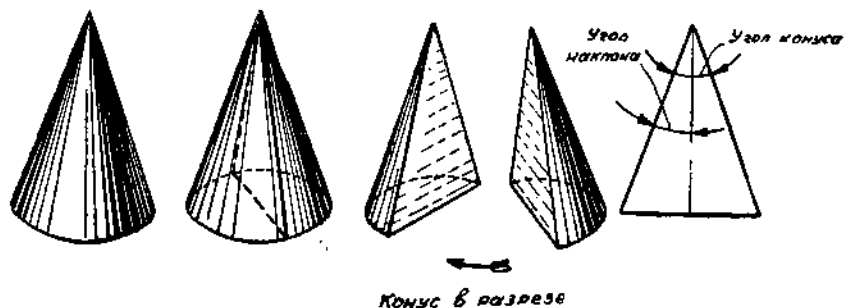
Что же мы получали? Цилиндрические детали и такие же отверстия.

Но имеется много сложных деталей. Взгляните на рукоятки станка, на конусы центров, на переходные втулки, а есть еще сложнее — клапаны, арматура, инструменты...

Токарь должен уметь их вытачивать. А для этого лезвие резца должно двигаться вкось, под углом, а нередко по кривому или сложному извилистому пути.

### КОНУС

Начнем с простейших, наиболее распространенных деталей, имеющих форму конуса. Если рассечь конус пополам, то мы увидим, что в разрезе он имеет вид треугольника. Угол при вершине — это угол конуса. Половина угла конуса называется — углом уклона (фиг. 99а). Конусность есть отношение диаметра конуса к



Фиг. 99 а. Конус

его длине. Например, конусность 1 : 20 означает, что длина конуса в 20 раз больше его диаметра.

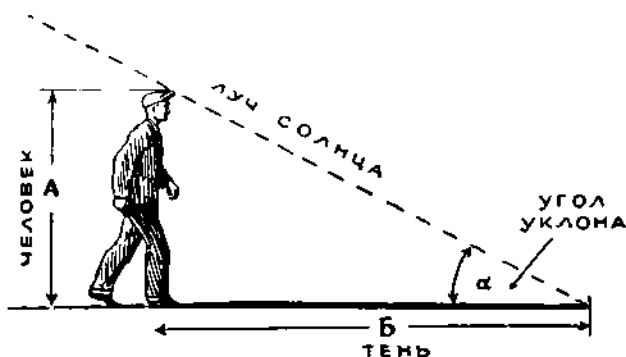
Зная конусность, можно вычислить угол конуса. Покажем, как это сделать без сложных расчетов. Для этого прежде решим один вопрос: как определить высоту человека или вещи по их тени?



От чего кроме роста зависит длина тени? От высоты солнца, от направления солнечных лучей, т. е. от угла уклона луча по отношению к земле — чем он меньше, тем тени длиннее.

Теперь смотрите: у нас получился треугольник. Человек и его тень — две стороны, примыкающие к прямому углу (фиг. 99б).

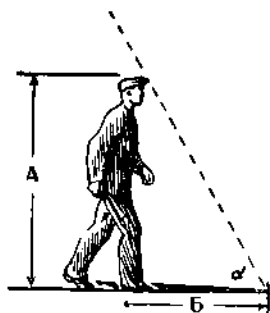
Во сколько раз человек больше или меньше своей тени, это зависит от угла уклона. Если этот угол равен  $45^\circ$ , человек и тень



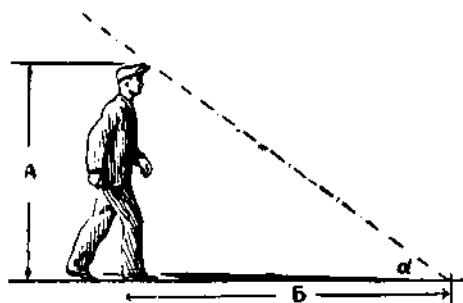
Фиг. 99 б. Человек и его тень

имеют равную длину. Если угол больше  $45^\circ$  — человек больше тени; меньше — тень увеличивается и становится больше человека.

Математики подсчитали для любого угла уклона от  $0^\circ$  до



Фиг. 99 в. Определение роста человека по тени и углу уклона



Фиг. 99 г. Определение длины тени по росту и углу уклона

$90^\circ$ , во сколько раз сторона треугольника А (у нас человек) будет больше стороны В (тень). Эту величину называли тангенсом.

Такую таблицу тангенсов можно найти в любом техническом справочнике. Как же пользоваться таблицей?

Допустим, что угол уклона  $58^\circ$ . Найдем по таблице: тангенс =

= 1,6. Это значит, что сторона А больше стороны Б в 1,6 раза. Если, например, «тень» (Б) имеет длину 1 метр, то рост человека (А) будет:  $1,6 \times 1 = 1,6$  метра (фиг. 99в).

Ближе к закату солнце, опускаясь, находилось под углом в  $35^\circ$  к горизонту. Какой длины стала тень нашего человека?

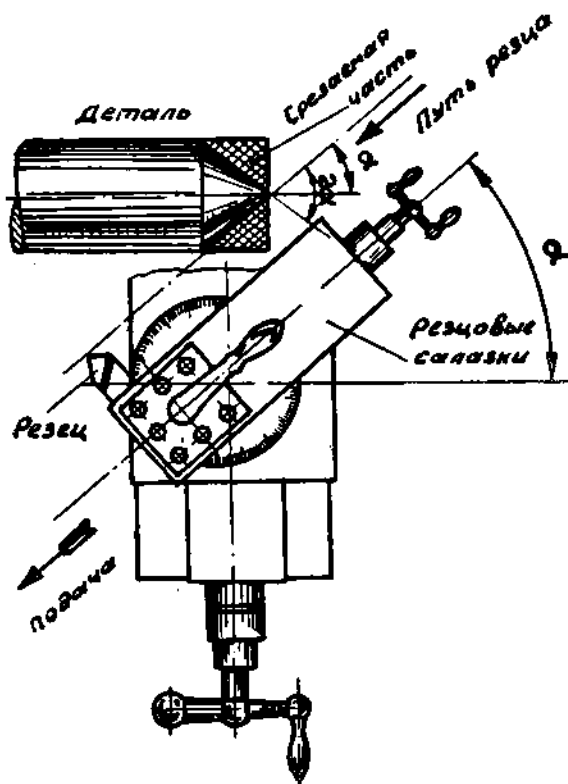
Тангенс  $35^\circ = 0,7$ , значит высота человека будет составлять от тени 0,7. Рост человека -- 1,6 метра; разделив его на 0,7, получим 2,3 метра — длину тени (фиг. 99г).

Умение пользоваться тангенсами необходимо токарю, без этого он не сможет наладить станок для обточки конусов.

### ОБТОЧКА КОНУСА ПОВОРОТОМ СУПОРТА

Конус можно выточить на токарном станке несколькими способами.

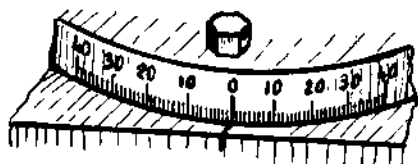
Если повернуть верхнюю часть супорта на какой-то угол и подавать резцовый супорт вручную, то резец будет двигаться по прямой, но под углом к оси станка и деталь получит форму конуса (фиг. 100).



Фиг. 100. Обточка конуса поворотом резцового супорта

На какой угол будет повернут супорт, такой угол уклона получится и у конуса.

Чтобы сдвинуть верхнюю часть супорта и поставить ее в нужное положение, надо отвернуть гайки, крепящие поворотную часть. Угол, на который надо повернуть резцовый супорт, находят по делениям, нанесенным на поворотной части (фиг. 101а). Каждое деление —  $1^\circ$ .



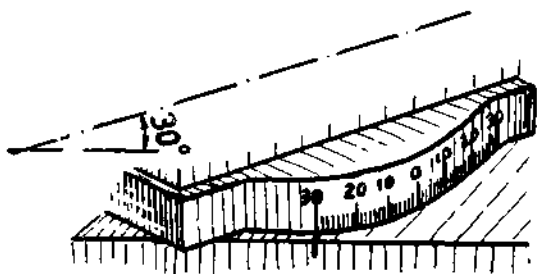
Фиг. 101 а. Деления поворотной части

Градусы надо отсчитывать от риски на нижней части супорта. Вот, например, верхняя часть супорта повернута на  $30^\circ$  (фиг. 101б).

— А как быть, если надо повернуть на  $60^\circ$ ? — спрашивают молодые токари. — Ведь деления на станке только до  $40^\circ$ .

Поворот производят в два приема. Сначала наносят риску на нижней части супорта против какого-либо деления на поворотной части. Обычно такую риску токарь делает заранее и не раз ею потом пользуется.

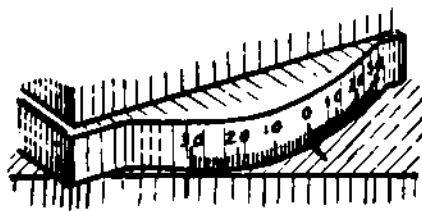
Поворотную часть поворачивают, ведя отсчет от этой риски. Например, если, повернув резцовый супорт на  $30^\circ$ , нанести риску против  $0^\circ$  (фиг. 101в), а потом, повернув супорт дальше, поставить против риски —  $30^\circ$ , то получим:  $30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$ , т. е. нужный поворот (фиг. 101г).



Фиг. 101 б. Поворот резцового супорта на  $30^\circ$

Как же определить, на какой угол надо повернуть супорт?

На чертежах конусы показывают по-разному. Проще всего, когда указан угол уклона. Угол поворота супорта будет такой же. Если на чертеже дан угол конуса, разделите его пополам, получите угол уклона.



Фиг. 101 в. Нанесение риски

Чаще всего на чертежах показана конусность, т. е. отношение диаметра конуса к его длине. Раз-

делим конусность пополам, т. е. возьмем отношение половины диаметра конуса к его длине. Что мы получим?

Половина диаметра и длина конуса — это две стороны прямоугольного треугольника, примыкающие к прямому углу. Значит, половина конусности это тангенс. А если мы знаем тангенс, то можем определить и угол.

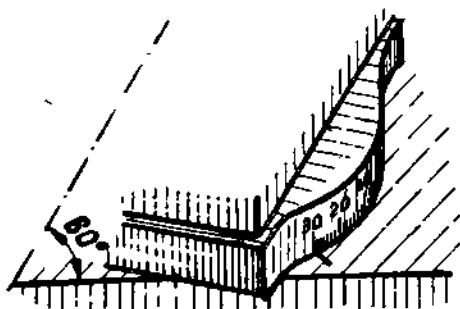
Допустим, у нас конусность  $1:20$  или  $1/20$ , т. е.  $0,05$ . Разделим ее пополам  $0,05:2=0,025$ . Это и будет тангенс. Теперь посмотрим по таблице, у какого угла есть такой тангенс. Оказывается — нет **такого**.

Тогда надо взять самую близкую цифру. В данном случае:  $1\frac{1}{2}^\circ$ .

Значит на  $1\frac{1}{2}^\circ$  и надо повернуть супорт.

Обточка поворотом супорта хороша для деталей с крутым конусом, с небольшой его длиной.

Недостаток ее в том, что подача ручная. А при ручной подаче поверхность получается неровной. Поэтому обтачивать длинные конуса вручную бывает трудно. Кроме того длина конуса ограничена длиной винта резцовых салазок. Обычно он не больше  $110-120$  мм.



Фиг. 101 г. Поворот в два приема на  $60^\circ$

### ОБТОЧКА КОНУСА СО СДВИГОМ ЗАДНЕЙ БАБКИ

Длинные и пологие конуса обтачивают со сдвигом задней бабки.

Если задняя бабка стоит точно по оси станка и резец двигается параллельно направляющим, деталь получит цилиндрическую форму.

Но если сдвинуть заднюю бабку поперек станка, то резец срежет часть детали, заштрихованную на нашем рисунке, и деталь получится конусной (фиг. 102а). Конус будет повернут вершиной к задней бабке, если она сдвинута в сторону токаря. Наоборот, если отодвинуть заднюю бабку от токаря, вершина конуса будет обращена к передней бабке.

Корпус бабки можно сдвинуть по ее нижней плите. Для этого надо вращать головку винта на задней стороне бабки (фиг. 102б).

На торце плиты имеется шкала в миллиметрах. По ней ведут отсчет смещения, наблюдая, на сколько делений сдвинулась риска на корпусе бабки.

Есть и другие способы. Подведем резец задним концом вперед, к шпинделю задней бабки. Положим между резцом и шпинделем полоску бумаги. Прижмем ее резцом — не сильно и не слабо, так, чтобы она не выпадала и чтобы можно было ее выдернуть. Поставим лимб поперечной подачи супорта на нуль. Потом отведем

резец назад — на расстояние, на которое надо сместить заднюю бабку. Отсчет сделаем по лимбу.

А затем подведем заднюю бабку к резцу. Снова заложим между шпинделем и резцом бумажку. Когда бумажка будет зажата так же плотно, как и раньше, бабка будет стоять на нужном месте.

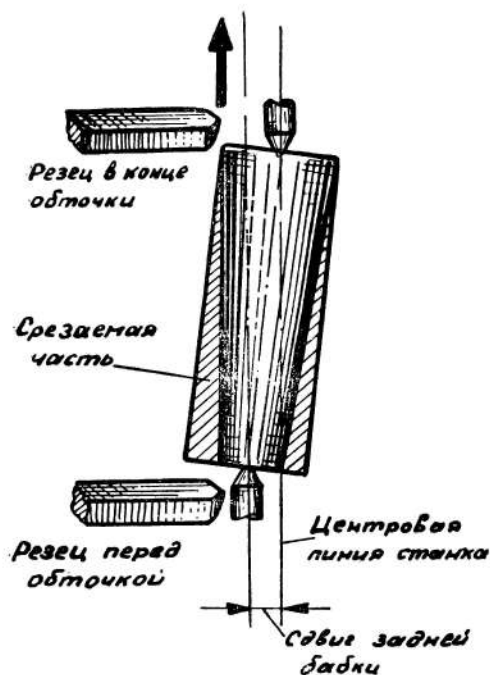
Можно смещение задней бабки определять по индикатору. Для этого кнопку индикатора надо прижать к шпинделю, а шкалу поставить на нуль. Потом придвигать заднюю бабку до тех пор, пока стрелка на шкале индикатора не укажет нужной величины смещения бабки.

На сколько же миллиметров надо сдвинуть бабку? Это опять-таки надо определить расчетом.

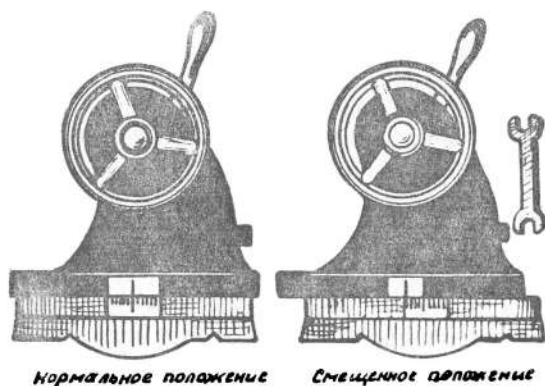
Угол, на который сдвигается бабка, и угол уклона конуса равны.

У нас получается треугольник. И вдобавок треугольник знакомый. Это наша старая задача — человек и его тень.

Только у нас вместо фигуры человека — сдвиг бабки, а тень — расстояние между центрами по оси станка. Обычно



Фиг. 102 а. Обточка конуса со сдвигом задней бабки



Фиг. 102 б. Сдвиг задней бабки

для простоты расчета считают, что это расстояние равно длине деталей.

Если длину тени умножить на тангенс, получим рост человека. Значит, чтобы узнать сдвиг задней бабки, надо длину детали умножить на тангенс угла уклона. Так и поступают, если на чертеже указан угол конуса или угол уклона.

Например, длина детали — 150 мм, угол конуса —  $19^\circ$ , значит угол уклона  $19 : 2 = 9\frac{1}{2}^\circ$ .

Тангенс  $9\frac{1}{2}^\circ$  по таблице = 0,167 или  $\frac{1}{6}$ , следовательно, сдвиг бабки:  $0,167 \times 150$  или  $\frac{1}{6} \times 150$  мм = 25 мм \*.

Старые токари не знали расчетов. У них были свои излюбленные приемы. Вот как, например, они определяли сдвиг задней бабки.

Сместив бабку на глаз, протачивали деталь у малого диаметра конуса. Размер брали по чертежу плюс припуск на чистовую обточку. Участок протачивали шириной 2—3 мм. По лимбу замечали число делений — пусть это будет 35.

Потом резец отводили назад, подавали суппорт вдоль детали до тех пор, пока резец не придется против большого диаметра конуса. После этого резец снова подавали вперед — на то же число делений (у нас 35). Если между деталью и резцом остался зазор, надо вплотную придвинуть заднюю бабку. Если лимб покажет меньше делений, заднюю бабку надо наоборот отодвинуть, пока на лимбе не появится снова 35 делений. Просто, но времени уходит не мало.

Обработка конусов с помощью сдвига задней бабки — способ старинный. Он не требует никаких приспособлений, не сложен, позволяет применять машинную подачу. Но у него есть и недостатки.

Конуса центров при смещении бабки входят в центровые отверстия с наклоном. Центровые отверстия разрабатываются.

Если потом обтачивать у детали цилиндрическую часть, то совпадение осей конуса и цилиндра не получится. Центры сместятся внутри разработанных отверстий. Работа может пойти в брак.

Отсюда правило: если нужно получить точные размеры и совпадение осей, обработку конуса отложите на самый конец. Предварительно обточите все остальные поверхности.

Путем сдвига задней бабки нельзя обрабатывать внутренних конических отверстий. Мешает этому сама бабка.

---

\* Иногда вместо градусов угла конуса нам даны его длина и диаметры. Например, длина детали — 150 мм, длина конуса — 120 мм. Большой диаметр конуса — 80 мм, малый — 40 мм. Сначала определяем конусность:  $80 - 40 = 40$ ,  $40 : 120 = \frac{1}{3}$ . Половина конусности  $\frac{1}{3} : 2 = \frac{1}{6}$ . Как было сказано, половина конусности детали — это тангенс угла.

Следовательно  $\frac{1}{6}$  — это и есть тангенс.  $\frac{1}{6}$  умножим на 150. У нас получится величина сдвига бабки 150.  $\frac{1}{6} = 25$  мм.

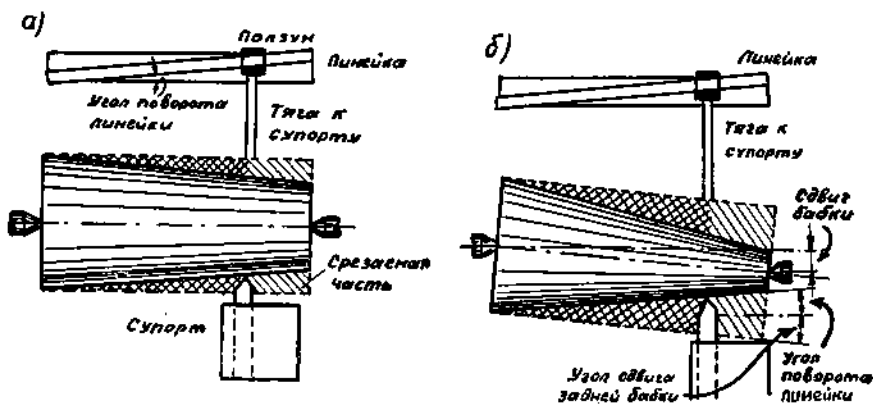
## ОБТОЧКА КОНУСОВ С КОПИРНОЙ ЛИНЕЙКОЙ

Лучший способ обработки конусов с помощью копирно-конусной линейки.

К станине станка крепится сзади плита. На ней лежит линейка, она может поворачиваться на небольшой угол (до  $10^\circ$ ). По линейке скользит ползун. Его соединяют при помощи тяги с поперечными салазками супорта. Салазки должны легко следовать за тягой и ползуном — их надо отсоединить от винта поперечной подачи. А для этого нужно ослабить гайку винта, находящуюся посередине салазков. У некоторых станков приходится вывинчивать винт поперечной подачи.

Но вот мы настроили конусную линейку. Пускаем станок, супорту даем продольную подачу. Ползун будет двигаться по линейке.

Он будет приближаться или удаляться от оси станка в зависимости от угла поворота линейки. Так же будут двигаться и поперечные салазки супорта, соединенные с ползуном тягой. Резец станет обтачивать деталь на конус. Угол уклона конуса будет равен углу поворота линейки (фиг. 103а).



Фиг. 103 а. Обточка конусов с копирной линейкой. б. Обточка крутого конуса с помощью копирной линейки и сдвига задней бабки

На плите копирно-конусной линейки нанесены деления (градусы или миллиметры). На торце самой линейки имеется риска. Поворачивая линейку, отсчитывают деления против риски.

Если деления в градусах, то расчет поворота линейки тот же, что и для обточки конуса поворотом резцового супорта.

Если деления в миллиметрах, то расчет делается так же, как и для сдвига бабки, только вместо длины детали берется расстояние от оси вращения линейки до ее конца.

Копирно-конусная линейка очень удобна. Наладить ее можно быстро. Вся остальная наладка станка — положение задней баб-

ки, резцового супорта остается нормальной. Центровые отверстия и центры не срабатываются. С помощью линейки можно растачивать внутренние конуса.

Одно плохо — угол поворота у линейки небольшой. Можно обтачивать только пологие конуса. Но есть выход. Если нужно точить длинный и крутой конус, то можно настроить линейку и вдобавок заднюю бабку.

Допустим, надо обточить конус с углом уклона в  $15^\circ$ . Поступаем так. На  $10^\circ$  повертываем копирно-конусную линейку, на остальные  $5^\circ$  — сдвигаем заднюю бабку. Все расчеты делаются так же, как и раньше. Схема настройки видна из фиг. 1036.

На крупных токарных станках бывает устройство, позволяющее обтачивать конуса на самоходе одновременно продольной и поперечной подачами. Резец, получая две подачи — продольную и поперечную, движется под углом к линии центров, и деталь обтачивается на конус.

В последнее время копирные устройства применяют для обточки конусов твердосплавными резцами на скоростных и силовых режимах. Вот, например, как происходит чистовое обтачивание полуоси трактора на Челябинском тракторном заводе.

На токарных станках ДИП-300 установлены копирные линейки. По линейке скользит башмак (ползун) копира. Он соединен планкой с салазками супорта. Пружины, действующие на планку, прижимают башмак копира к линейке.

Линейка сделана по контуру детали, у которой есть и цилиндрические и конические шейки. При продольной подаче супорта башмак копира, скользя по линейке, через планку и супорт передает свое движение резцу. Путь резца повторяет контур линейки. Несмотря на то, что шейки детали различных диаметров и в местах перехода от одной шейки к другой имеется большая глубина резания, поломки резцов не бывает.

Раньше, до силового резания деталь обтачивалась быстрорежущими резцами с подачей  $0,3$  мм/об при скорости резания  $12$  м/мин. Теперь силовой резец работает при подаче  $1,0$  мм/об и скорость резания  $130$  м/мин. Глубина резания осталась та же — от  $1$  до  $3,5$  мм. Время обработки сократилось более чем в  $10$  раз.

### ФАСОННАЯ ОБТОЧКА

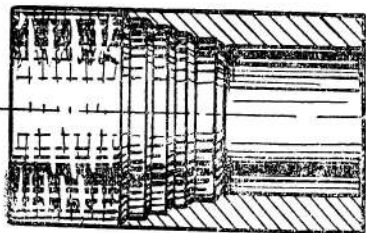
У многих деталей профиль состоит из ряда криволинейных участков. Такой же путь надо пройти режущей кромке резца для того, чтобы обработать деталь.

Резцу надо дать две подачи — продольную и поперечную. Обычно обе подачи бывают ручные.

Так впервые мы подходим с вами к ручной работе токаря. Для всех работ, о которых говорилось раньше, надо было иметь смекалку и знания. Для той работы, о которой мы будем говорить



теперь, этого мало. Нужны еще хорошо натренированные, умелые руки. Это дается месяцами и годами упорного труда. Вот почему старые токари считают подлинной токарной работой только ручную работу, а все остальное «вступлением» к настоящему токарному мастерству.



Фиг. 104 а. Заготовка фасонной детали после чернового точения (схема)

Первое — чему надо научиться — это делать вручную большие и правильные радиусы на деталях.

Мы стоим у станка. Левая рука ложится на маховичок продольной подачи. Правая — на рукоятку винта поперечных салазок.

Обе руки начинают вращение. Что же получится?

За один поворот маховичка супорт продвинется вдоль на 25 мм. За один поворот рукоятки поперечного винта салазки сдвинутся поперек станины на 5 мм (цифры даны для ДИП-200).

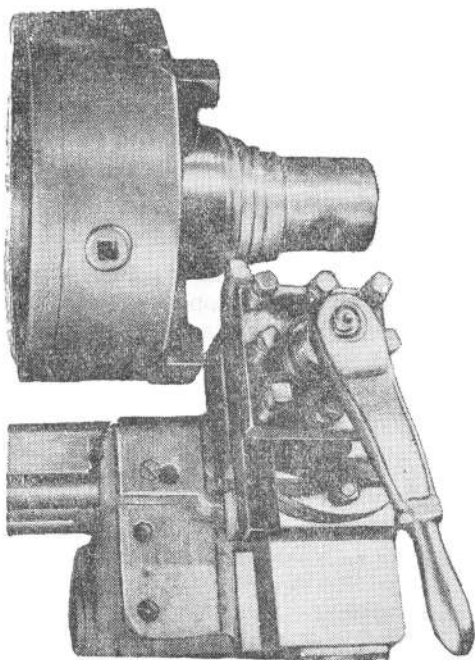
Если вращать обе рукоятки равномерно, резец будет двигаться по прямой, но под углом к оси станка.

Будем вращать одну рукоятку быстрее. Допустим, на 1 оборот маховичка приходится 5 оборотов рукоятки поперечной подачи: резец продвинется на равное расстояние вперед и в сторону.

А теперь поступим так. Маховичок вращаем левой рукой с той же скоростью, а обороты правой руки будем замедлять. Резец пойдет по кривой линии. Он будет двигаться вправо и влево по кривым любых радиусов в зависимости от того, как вращать рукоятки салазок.

Можно ли вести счет оборотов маховичка и рукоятки? Это трудно и бесполезно.

На 1 оборот левой руки надо давать то 5 оборотов правой руки, то  $4\frac{1}{2}$ , затем  $4\frac{1}{4}$ , потом 4 и т. д.

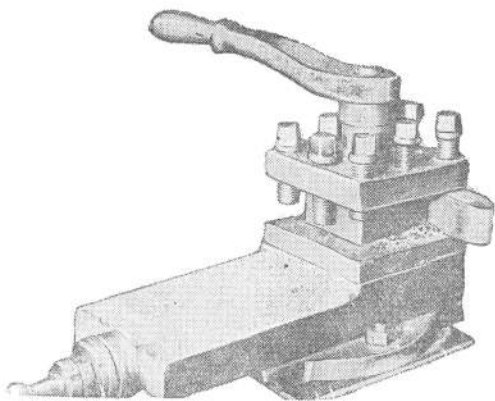


Фиг. 104 б. Черновое обтачивание заготовки для фасонной детали

Приходится менять скорости вращения обеих рук. Тут все дается навыком. Проработав некоторое время, токарь угадывает силу нажима и нужное число оборотов. Но новичку для этого надо почаще тренировать руки и глаза.

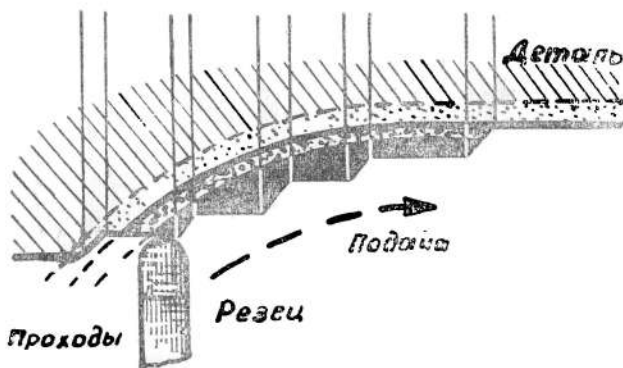
Допустим, надо обработать фасонную деталь. В патроне закреплена болванка. Сначала резцом для черного точения надо снять лишний металл. После нескольких проходов резца заготовка становится ступенчатой (фиг. 104 а, б).

Теперь надо сточить ступени. Для этого применяется галтельный резец. У него закругленное лезвие, позволяющее углубляться в металл и выбирать в нем любые радиусы. Это «ручной резец». Обычно им работают, вращая рукоятки салазок руками (фиг. 104в).



Фиг. 104 в. Галтельный резец

Резец должен сточить часть заготовки, показанную пунктиром (фиг. 104г). Часто за один проход это сделать нельзя, нужно по крайней мере два-три прохода.



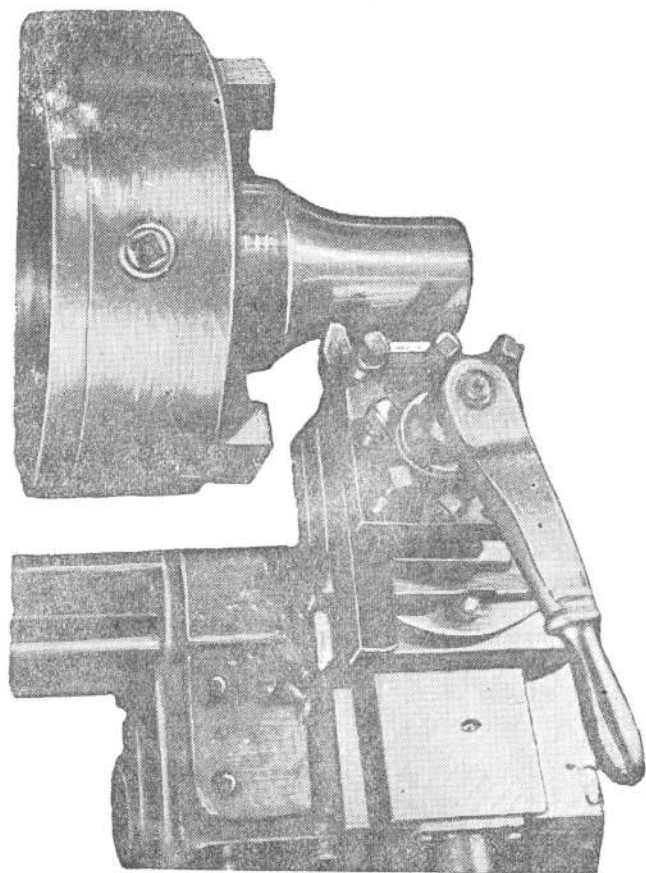
Фиг. 104 г. Схема обтачивания фасонной поверхности

С какой стороны подведем резец? Это очень важный вопрос. Резец надо подвести к левому краю заготовки и двигать его затем вперед и в сторону к задней бабке (фиг. 104 г, д).

Заметьте: «вперед». Это основное правило при ручной обточке.

Подавая резец таким образом, токарь все время чувствует силу нажима резца на деталь.

Многие токари делают иначе. Этим они усложняют свою работу. Подавая резец поперечной подачей назад, «на себя», они отводят резец от детали. Теряется ощущение нажима. К тому же



Фиг. 104 д. Обтачивание галтельным резцом

ручная подача идет всегда скачками. Как ни старайся, этого не избежать. Подавая «назад», резец в отдельные моменты можно совсем отвести от детали. Обрабатываемая поверхность получится неровной, а линия движения резца — изломанной. Вот почему подавать надо всегда вперед, «от себя».

Если после первого прохода не удалось срезать выступы полностью, надо снять еще одну стружку. Для второго прохода резец надо снова подвести к левому краю детали (см. фиг. 104г). Начав срезание стружки «сверху», погоним ее вниз. Обе руки будут вращать рукоятки слева направо, по часовой стрелке.

## УСТРОЙСТВА, ОБЛЕГЧАЮЩИЕ ФАСОННУЮ ОБТОЧКУ

Опытные токари стараются облегчить себе работу таким приемом. Если профиль детали сложен, вырезают из листовой стали шаблон. Его кладут за деталью так, чтобы можно было их сравнивать. Токарь смотрит на шаблон и сличает его профиль с деталью (фиг. 105а).

Шаблон лежит под деталью. Там, где деталь прикрывает края шаблона, надо сточить резцом. Шаблон должен слегка выступать из-под детали по всему профилю. Стружку надо брать небольшую, чтобы не снять лишнего и не испортить сразу всю работу.

Можно пойти еще дальше и применить нечто вроде простенького копира.

Вот одно из простых и полезных приспособлений (фиг. 105б).

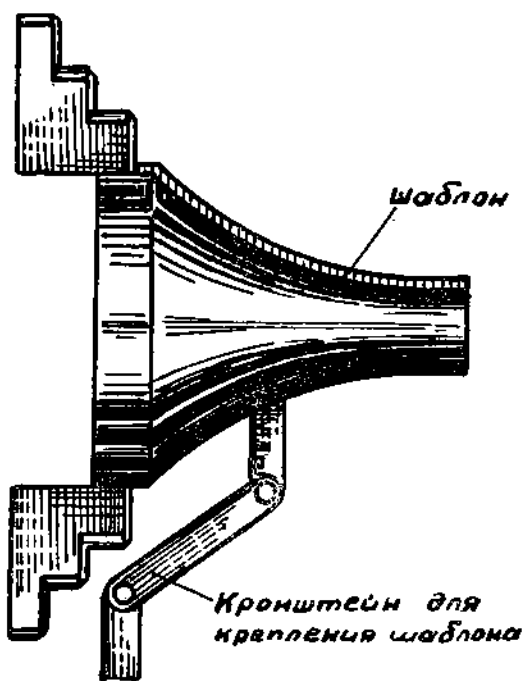
Недалеко от супорта к станине с помощью планки и стержня крепится латунная дощечка. На ней вычерчивается профиль детали. К супорту прикрепляют стержень, заканчивающийся острием. Это копировальная игла. Когда резец и супорт перемещаются, конец иглы скользит по латунной дощечке, показывая путь резца.

Токарю надо следить за иглой и подавать салазки с резцом так, чтобы острие иглы скользило по линии, вычерченной на дощечке.

Бывает, что для крепления копира используют заднюю бабку. Делают это обычно в том случае, когда надо изготовить целую партию одинаковых фасонных деталей. Тогда токарь изготовляет образец детали для копира.

Образец делается в натуральную величину детали, но, вытачивая образец, токарь делает заодно с ним хвостовик. Этим хвостовиком образец вставляется в шпиндель задней бабки.

В резцедержателе зажимают специальную державку. В левом



Фиг. 105 а. Подкладывание шаблона под деталь

конец ее крепится резец, а в правом — штифт с круглой головкой. Радиус головки штифта должен быть равен радиусу закругления вершины резца.

Обтачивая фасонную деталь, токарь должен следить за тем, чтобы головка штифта все время соприкасалась с образцом, закрепленном в задней бабке. Тогда вершина резца, жестко связанного со штифтом, пройдет тот же путь и деталь получит форму и размеры образца.

Предварительная обточка делается без образца. Он применяется для окончательной отделки, когда берется последняя стружка.

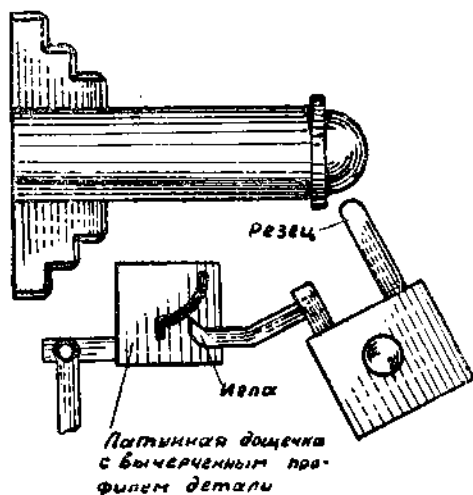
У всех этих способов один и тот же недостаток: от токаря требуется высокое умение, напряженное внимание. Ручная подача утомляет. Производительность зачастую бывает небольшой. Поэтому опытные токари используют для продольной подачи самоход, а резец подают в поперечном направлении вручную.

Как устранить ручную подачу? Чем заменить руки рабочего, направляющие резец? Применяют приспособление вроде копирноконусной линейки. Только вместо прямой линейки ставят криволинейную. Ее профиль соответствует профилю детали.

Линейка может быть односторонней. Тогда нужен груз, чтобы ролик, от которого идет тяга к супорту, плотно прижимался и ходил по линейке.

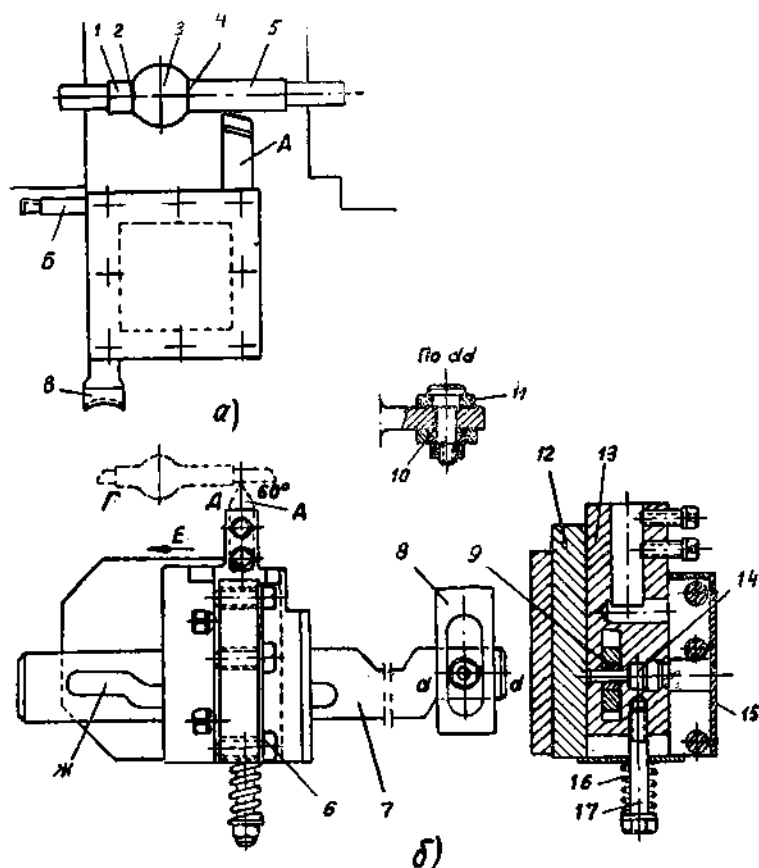
Удобнее двусторонняя линейка. Между двумя линейками остается зазор—колея, в которой ходит ролик. Винт поперечной подачи снят или выключен. Ролик связан с супортом жесткой тягой. Супорту дается автоматическая продольная подача. Ролик, двигаясь по ребру или колее линейки, то приближается, то удаляется от оси станка. Так же двигаются супорт и резец. Деталь получает нужную форму.

Копирное устройство можно поместить на резцедержателе, изменив его конструкцию. Универсальный токарный станок превращается в специальный копировальный станок. Разумеется, это выгодно тогда, когда надо изготовить не одну и не две детали, а большое количество одинаковых деталей.



Фиг. 105 б. Простейшее приспособление для фасонного обтачивания

На Челябинском тракторном заводе рычаг переключения скоростей обрабатывался на токарном станке ДИП-200 (фиг. 106 а). Сначала резцом обтачивалась правая часть стержня, подрезался торец и предварительно обтачивалась сферическая (шаровая)



Фиг. 106 а. Обтачивание рычага на обычном станке. б. Обтачивание рычага на станке с копирным резцедержателем

поверхность. Затем после поворота резцедержателя обтачивалась другим резцом левая часть стержня и подрезался другой торец. Потом станок переключался на малое число оборотов, резцедержатель снова поворачивался, и третьим резцом обтачивалась сферическая поверхность на поперечной подаче.

На повороты резцедержателя, на подводы и отводы супорта уходило много времени. По предложению технологов был изготовлен несложный копирный резцедержатель (фиг. 106 б).

Резец крепится в ползуне. Ползун через ось и ролик соединен с копирной линейкой, помещенной в пазу корпуса. Копирная линейка может двигаться только перпендикулярно к станку. Сдвигаться в стороны ей не дают ролики, посаженные на ее конце.

Когда супорту с резцедержателем дается продольная подача, ползун с резцом начинают двигаться по кривой, соответствующей контуру паза копирной линейки и профилю детали.

Внедрение этого приспособления с одновременным переводом станка на скоростные режимы повысило в два раза производительность, резко сократило затраты ручного труда и снизило расход инструмента.

Сейчас новаторы производства стремятся применять на фасонной копирной обточке силовые резцы. Для этого у резца делается пологая радиусная вершина. Она играет ту же роль, что и дополнительная режущая кромка у резца Колесова.

### ФАСОННЫЕ РЕЗЦЫ

Есть и другой способ обточки фасонных деталей. Но он применим лишь в тех случаях, когда обрабатываемый участок не велик по длине.

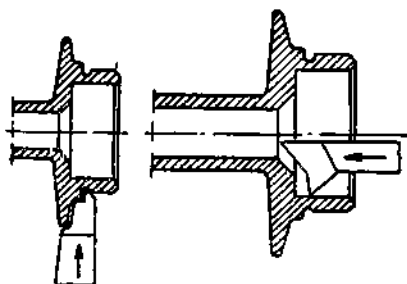
Это — обточка фасонным резцом (фиг. 107 а). Что нового в этом резце? Его режущая кромка по форме соответствует контуру детали. Если такой резец подавать по направлению его оси, то он вырежет своими выступами впадины и углубления в детали и она получит нужный профиль.

Фасонный резец можно перетачивать только по передней грани. Заточка по задней грани трудна, да и резец может потерять свой профиль. Но пластинка тонка. Резец можно перетачивать лишь несколько раз, жизнь его недолга.

Нередко применяются круглые фасонные резцы (фиг. 107 б). Круглый резец сделан из диска, у которого вырезана часть. Получается выступ. Им резец режет. Профиль диска соответствует контуру детали.

Дисковый или круглый резец перетачивается так же, как и другие фасонные резцы, — по передней грани, чтобы не портить профиль. При этом резец поворачивают. Понемногу стачивается почти все тело резца.

Фасонный резец работает на поперечной подаче. Он снимает сразу широкую стружку. Может возникнуть дрожание детали.



Фиг. 107 а. Фасонные резцы

Приходится работать с небольшой подачей, меньше даже, чем при отрезке, и с небольшой скоростью резания (в 2—3 раза меньше, чем при наружной обточке). И все-таки фасонный резец — весьма производительный инструмент.

Дело в том, что путь фасонного резца много короче пути обычного резца. Он идет приближаясь к центру. А резец с продольной подачей идет вдоль детали. Он бежит быстрее, но и путь его намного длиннее. Если же учесть, что для обточки фасонной поверхности надо снять несколько стружек, путь галтельного резца увеличится еще в несколько раз.

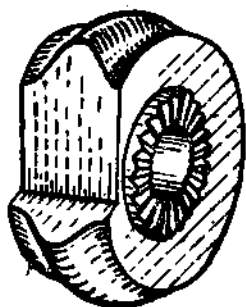
Стало быть, фасонный резец «идет не торопясь», но путь выбирает короче.

Работать фасонным резцом легче, и обработка идет быстрее. Но не следует забывать про один его недостаток. Фасонный резец сродни широкому резцу. Так же как и тот, он вызывает сильное давление и от этого дрожание детали. Поэтому редко делают фасонные резцы шире 50 мм. Такими резцами можно обрабатывать только небольшие участки криволинейного профиля.

Кроме того; фасонные резцы сложны в изготовлении, они дороже обычных. Поэтому они выгодны только тогда, когда надо изготовить много одинаковых деталей.

— Можно ли точить на токарном станке некруглые детали? — спросит молодой токарь. Можно, но для этого придется обычно изготавливать специальные копириные приспособления. Но иной раз обходятся и без них.

Пусть же читатель решит такую задачу: как на обычном токарном станке без всяких копиров и сложных приспособлений выточить куб?\*



Фиг. 107 б. Круглый фасонный резец

---

\* Ответ на наш вопрос читатель найдет на стр. 281, если сам до того не решит этой задачи.



## ГЛАВА VI. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

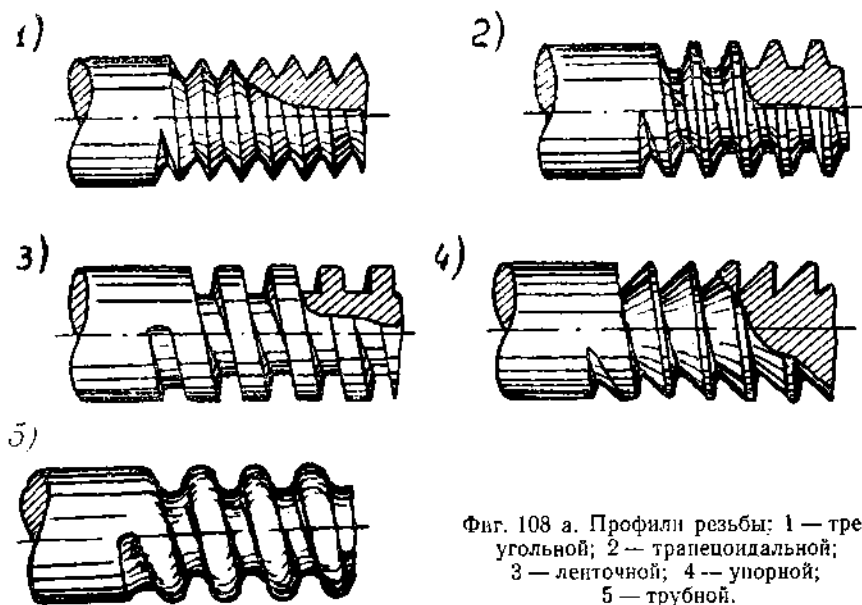
Нарезание резьбы — не простое дело. Умения здесь нужно не меньше, чем при фасонной обточке. Эта область токарного дела требует от токаря не только практических, но и теоретических знаний.

Резьба применяется в любой машине. Много примеров резьб найдем мы и в токарном станке.

Двумя болтами закреплена поворотная часть супорта на каретке. Это болты с крепежной резьбой. Она служит для соединения деталей, поэтому от нее не требуется большой точности.

Гораздо точнее резьба, передающая вращение. Мы найдем ее здесь же на станке: ходовой винт, винты поперечной подачи и резьбовых салазков, винт задней бабки, падающий червяк.

Еще точнее должны быть винты измерительные и установочные, применяемые в приборах и мерительных инструментах.

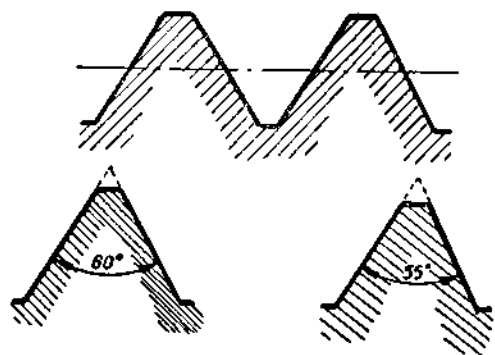


Фиг. 108 а. Профили резьбы: 1 — треугольной; 2 — трапециoidalной; 3 — ленточной; 4 — упорной; 5 — трубной.

Нарезание точной резьбы — большое искусство. Особое внимание надо обращать на получение правильного угла профиля, шага и среднего диаметра резьбы.

Есть разные резьбы — треугольная (метрическая и дюймовая), трапециoidalная, ленточная, упорная, трубная и другие. Они различаются профилем резьбы (фиг. 108 а).

Профиль — это сечение резьбы в плоскости оси (фиг. 108 б). У профиля главное — угол между сторонами витков.



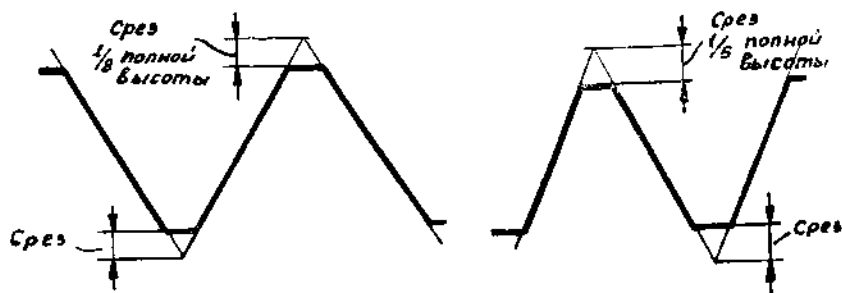
Фиг. 108 б. Профили резьбы (метрическая — 60°, дюймовая — 55°).

Метрическая и дюймовая резьбы имеют треугольный профиль, но разные углы — 60° и 55°.

Сделать совершенно острую резьбу невозможно. Металл во время резания наплывает. Углы все равно будут притуплены. Поэтому предусматривается срез углов. У метрической резьбы он равен  $\frac{1}{8}$  полной высоты, а у дюймовой —  $\frac{1}{6}$  (фиг. 108 в). Кроме того имеются еще зазоры.

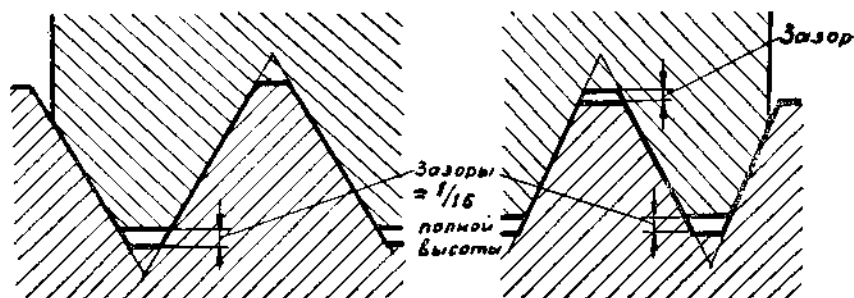
Вот как выглядят профили метрической и дюймовой резьб болта и гайки (фиг. 108 г).

Все винты с метрической резьбой имеют одинаковый профиль, точно так же один и тот же профиль имеют винты с дюймовой резьбой.

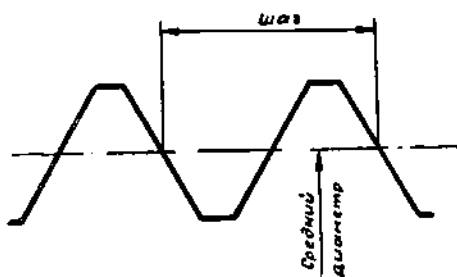


Фиг. 108 в. Срезы углов (слева метрическая, справа дюймовая резьба)

Но в зависимости от диаметра винты нарезаются с разным шагом. Шаг — это расстояние между двумя витками (фиг. 109 а). Чем больше диаметр винта, тем крупнее берется шаг. У метриче-



Фиг. 108 г. Профили метрической и дюймовой резьб. Соединение болта (внизу) и гайки (вверху)



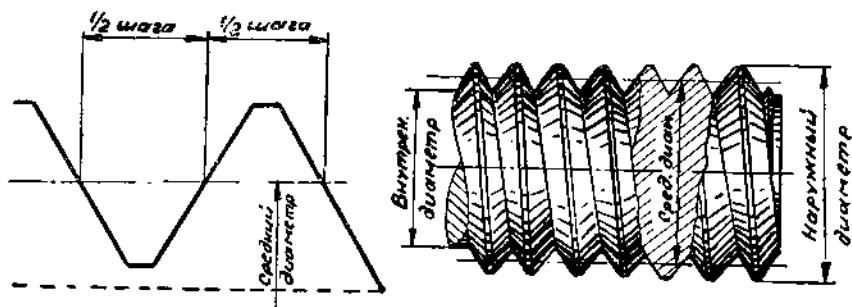
Фиг. 109 а. Шаг резьбы

винта, дальше знак умножения, размер шага и класс точности. Например: М36 × 42 кл. — означает метрическая основная, диаметр 36 мм, шаг 4 мм, 2 класса точности.

ской резьбы — помимо основной, крепежной, с шагом от 0,25 мм до 6 мм есть еще 5 резьб с «измельченным», мелким шагом.

На фиг. 109 б показана и еще одна важная величина — диаметр резьбы.

Обозначаются резьбы на чертежах так: впереди название резьбы (буквой или цифрой с буквой), затем наружный диаметр

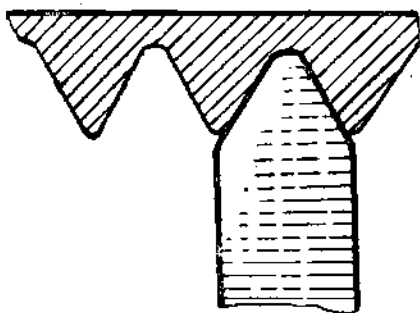


Фиг. 109 б. Диаметр резьбы

## РЕЗЬБОВОЙ РЕЗЕЦ

Резьбовой резец имеет главный угол в плане соответственно профилю резьбы. Этот угол можно притупить, чтобы получить срез впадины (фиг. 110 а). Свой профиль резец передает нарезаемому винту.

Резьбовой резец часто помещают в пружинящую державку. Это устраняет опасность подхвата и затягивания резца. Так как резьбовой резец приходится иногда ставить с наклоном лезвия (благодаря подъему винтовой линии резьбы), то державка имеет округленные грани подошвы и ее помещают на подкладке.

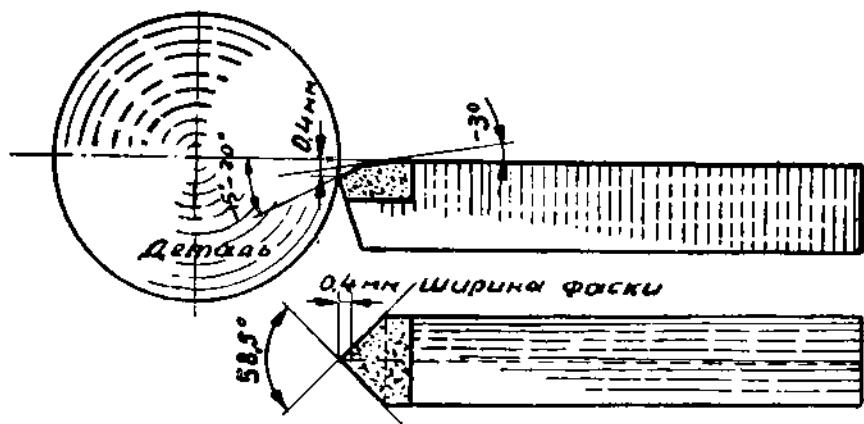


Фиг. 110 а. Резьбовой резец.

Передний угол резьбового резца с пластинкой из быстрорежущей стали делают равным нулю (по тем же причинам, что и у фасонных резцов). Для обработки мягкой стали и латуни передний угол берут  $10-15^\circ$ . Задний угол — всегда  $10-12^\circ$ .

Широко применяются для нарезания резьб и твердосплавные резцы. У них другая геометрия. При больших скоростях резания металл как бы течет. Угол профиля резьбы получается всегда несколько больше угла при вершине резца.

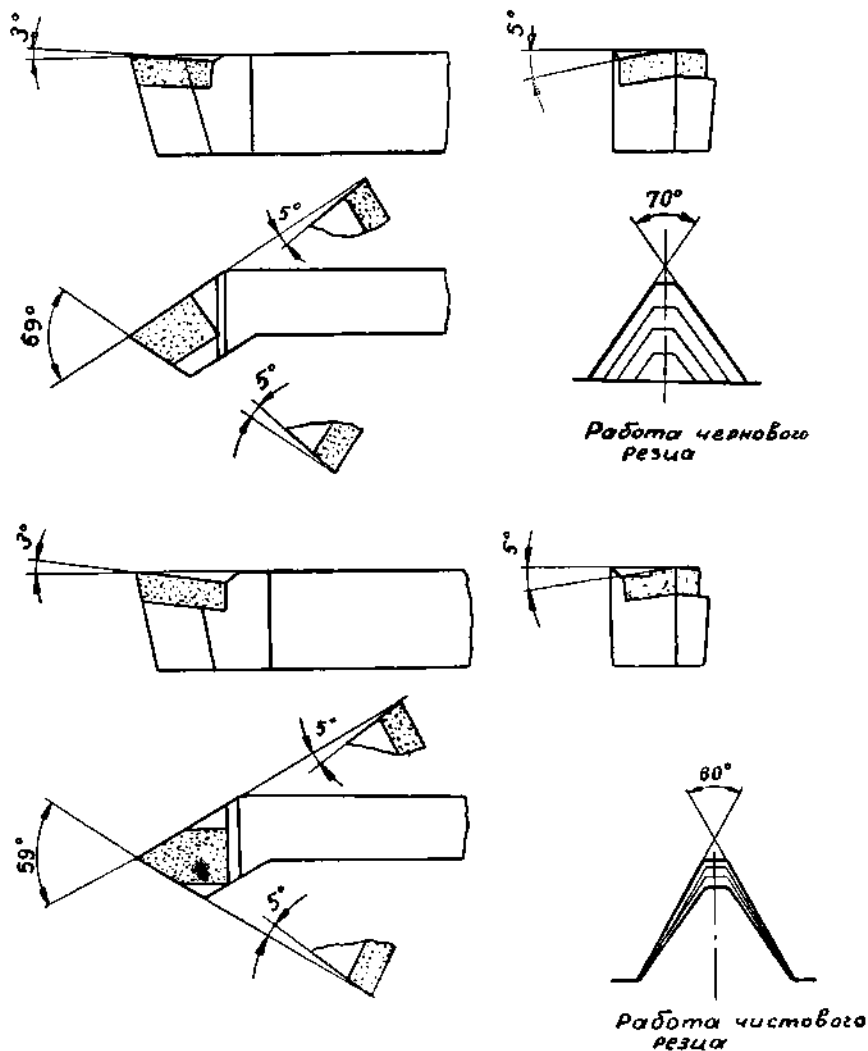
Значит, для того чтобы получить правильный угол профиля,



Фиг. 110 б. Резец для скоростного нарезания метрической резьбы

надо угол резца в плане немного уменьшить. Например, для нарезания метрической резьбы (угол профиля  $60^\circ$ ) угол в плане делают  $58,5^\circ$ , т. е. меньше на  $1,5^\circ$ .

Передний угол берется отрицательный —  $3^\circ$ . У самой вершины на небольшом участке  $0,4$  мм его делают еще более отрицательным —  $15$ — $20^\circ$ . Таков резец Борткевича (фиг. 110 б). Метрическая резьба с шагом в  $2$  мм нарезается таким резцом в 3 прохода со скоростью резания  $100$  м/мин.



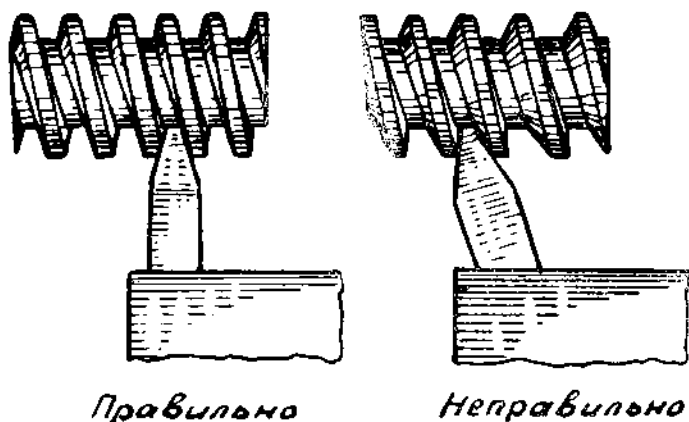
Фиг. 110 в. Резьбовые резцы токаря Бирюкова

Токарь-новатор лауреат Сталинской премии Бирюков нарезает резьбу с шагом до 2 мм — одним, а с большим шагом — двумя резцами. Резцы имеют отогнутую головку. Это увеличивает их прочность и упругость. Передний угол у резцов  $3^\circ$ , а задний  $5^\circ$ . Черновой резец имеет угол профиля на  $10^\circ$  больше, чем у чистового. Поэтому он хорошо выдерживает основную нагрузку в работе. Чистовой же резец лишь зачищает резьбу (фиг. 110 в). Глубина резания при черновых проходах 0,5—0,6 мм, а при чистовых — 0,2—0,3 мм. Работая такими твердосплавными резцами, Бирюков нарезает резьбу со скоростью 150—300 метров в минуту. Это примерно в 5—6 раз выше скорости нарезания быстрорежущими резцами. Уменьшается и количество проходов (в 3—5 раз). Производительность возрастает в десятки раз.

### УСТАНОВКА РЕЗЦА, НАСТРОЙКА СТАНКА

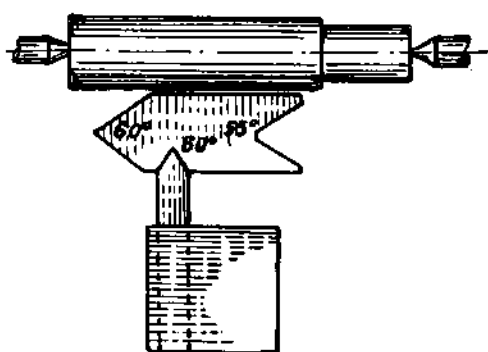
Резьбовой резец должен передать детали свой профиль. Для этого надо, чтобы передняя грань резца находилась на уровне центров станка. Кроме того резец должен стать перпендикулярно к оси детали, иначе резьба сдвинется набок (фиг. 111 а). Для установки резцов служат шаблоны-проймы (фиг. 111 б).

Резцы для нарезания очень точных резьб устанавливают при



Фиг. 111 а. Установка резца в плане (неправильно, правильно)

помощи лупы. Лупа имеет подставку с выемкой. Она ставится на деталь, на которой надо нарезать резьбу. Резец подводят под трубу лупы. На ее стекла нанесены углы:  $60^\circ$  для метрической резьбы и  $55^\circ$  для дюймовой. Резец надо установить так, чтобы его режущие кромки точно совпали со сторонами угла, изображенного на стекле лупы.

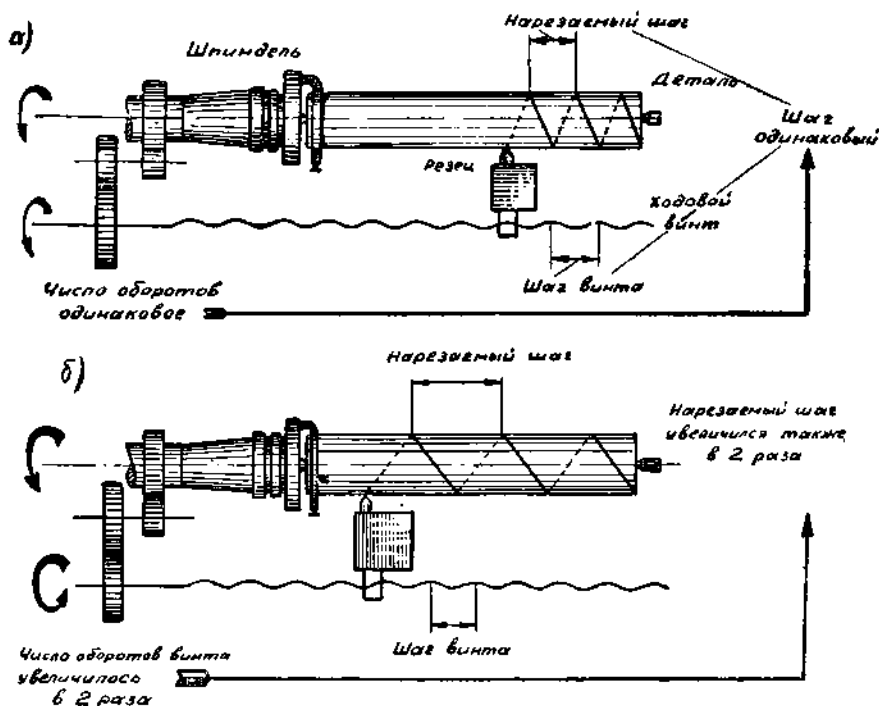


Фиг. 111 б. Шаблон-пройма

Твердосплавный резец с отрицательным углом устанавливают немного ниже центра (примерно на 0,4 мм).

Но вот резец установлен. Теперь надо наладить станок. Эта задача прежде была трудной. Она отнимала у токаря много времени. Надо было подобрать и установить шестерни на станке, чтобы получить нужную подачу для нарезания резьбы.

При нарезании супорт подается ходовым винтом. Если шпиндель станка и ходовой винт делают одинаковое число оборотов, то резьба получится с тем же шагом, что и у ходового винта. Шаг ходового винта ДИПа —  $\frac{1}{2}$  дюйма или 12,7 мм. Значит, за один оборот винта супорт продвинется на 12,7 мм.



Фиг. 112 а, б. Изменение шага нарезаемой резьбы при изменении числа оборотов ходового винта

Если за это время сделает один оборот и шпиндель с деталью, то резец прорежет винтовую канавку с шагом 12,7 мм (фиг. 112 а).

Если же за один оборот шпинделя винт делает 2 оборота, то резец переместится на  $12,7 \times 2 = 25,4$  мм — шаг получится вдвое больше (фиг. 112 б). Чем быстрее будет вращаться ходовой винт, тем больше получится шаг резьбы. Наоборот, чем медленнее, тем меньше будет шаг.

Число оборотов ходового винта можно менять, помещая между ним и шпинделем шестерни с разным числом зубьев. Так на старых станках и делалось. Шестерни назывались сменными. Чтобы подобрать их, надо было произвести подсчеты, иной раз довольно сложные. Это считалось верхом искусства токаря.

Сейчас в огромном числе случаев это не нужно. Станки изготавливаются с коробками подач. Все основные резьбы можно получить передвижением 2—3 рукояток. На коробке подач помещена табличка, она указывает для каждой резьбы установку рукояток. Настройка станка стала минутным делом.

## КАК ВЕСТИ НАРЕЗАНИЯ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕЗЬБЫ

Пускаем станок в ход. Подводим резец и, слегка углубившись в металл, начинаем нарезание. На поверхности детали появляется винтовая канавка.

Но тут новичка ожидают неприятности.

Хорошо об этом рассказывает в своей книжечке старый токарь Затонский, работавший в молодости вместе с Михаилом Ивановичем Калининским на токарных станках, стоявших неподалеку друг от друга.\*

— «Сама... нарезка острой резьбы на первый взгляд может показаться очень легкой, между тем на деле для этого требуется известный навык и большая сноровка.

Всего труднее нарезать резьбу на железе и стали.\*\* Несмотря на свою относительную мягкость, для резьбы железо — материал более капризный, чем, например, сталь. Вот почему, говоря о способе нарезки острой резьбы, я имею в виду прежде всего железо.

Когда мне впервые пришлось нарезать железный винт, у меня его начало то и дело подхватывать, какую бы маленькую стружку я ни забирал, и, наконец, вырывало из центров.

Если бы не пришел на помощь опытный сосед, я едва ли бы достиг желаемого результата.

Секрет очень простой, а новичку очень трудно додуматься. Да, оказывается, не только новичку. К своему удивлению, я од-

\* Затонский, Токарь по металлу, Практическое руководство с предисловием М. И. Калининского, 2-е изд., 1931.

\*\* Железом иногда называют малоуглеродистую сталь марки Ст. 1, Ст. 2.



нажды имел случай наблюдать, как один уже пожилой токарь никак не мог нарезать чисто железного винта, пока я ему не показал, как это нужно сделать!..»

В чем же дело? — спросите вы. — «Если вы во время нарезки станете подавать резец только вглубь, то он будет брать стружку обеими сторонами лезвия, вследствие вязкости металла стружка начнет поворачиваться на верхней плоскости резца и затягивать его внутрь, неизбежным последствием этого будет или поломка резца или же вырывание из центров самой детали и срыв ниток резьбы. Во избежание указанных неприятностей, нужно, чтобы резец брал стружку не обеими, а только одной стороной лезвия, как это имеет место при обыкновенном резании проходным резцом.

Для этого после первой же стружки резец должен иметь двойную подачу, а именно: ручкой верхнего супорта вперед по линии станины, а поперечным винтом — в глубь нарезаемого стержня.

Отсюда ясно, что таким приемом вы всякий раз освобождаете одну сторону лезвия и всю стружку нагружаете на другую. Благодаря этому резец режет вполне свободно и без всякой опасности может брать весьма значительные стружки.

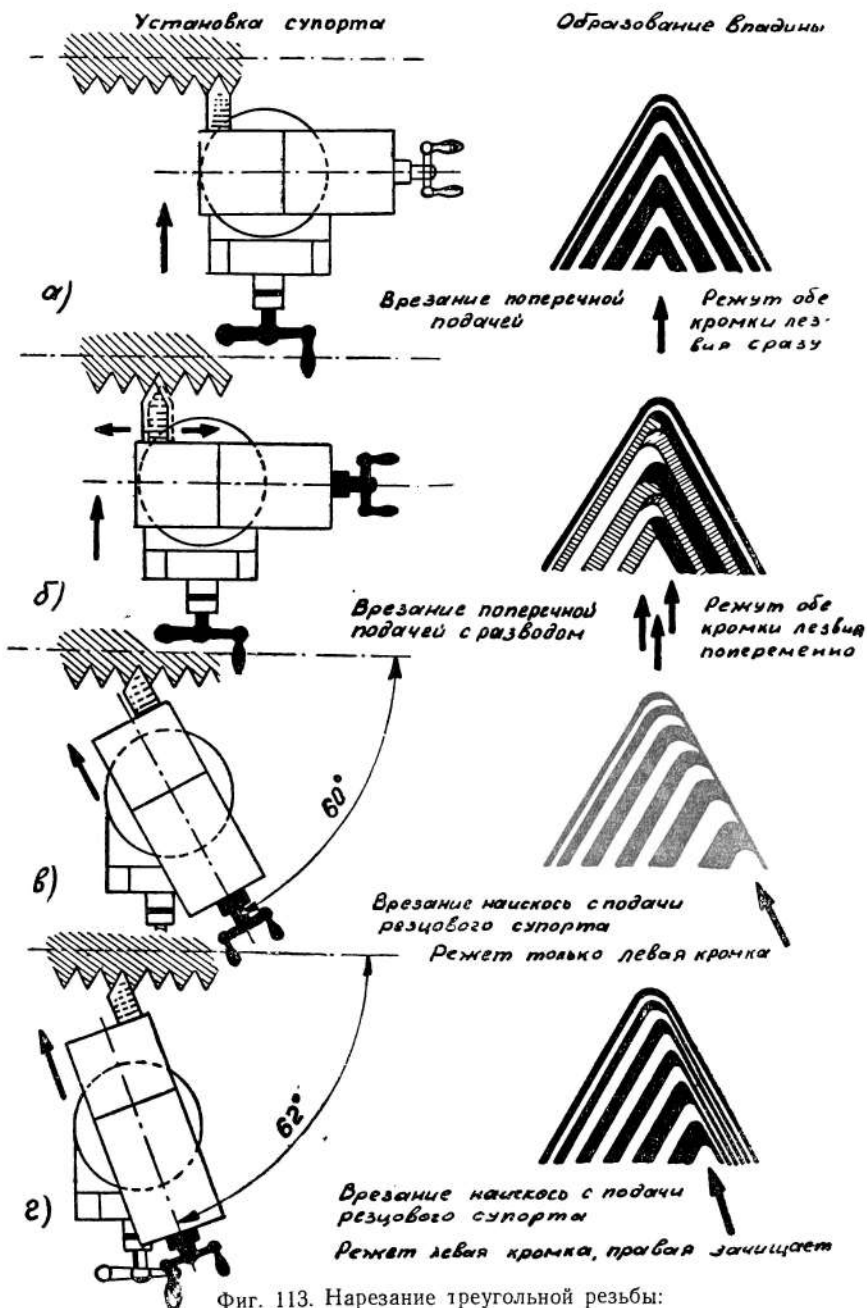
После того, как резьба прорезана на достаточную глубину, необходимо пройти чистовую стружку с одной стороны, а затем зачистить и другую сторону.

Если примерка покажет, что резьба еще не готова, то окончательная пригонка должна производиться с особой осторожностью, небольшими стружечками и точно так же с одной какой-нибудь стороны.

Только при зачистке пружинным резцом вполне безопасно брать стружку обеими лезвиями. Что касается стали, то она нарезается таким же способом, однако здесь возможна зачистка полным резцом, хотя при этом стружки должны быть очень тонкие».

Нарезание первым и вторым способом показано на рисунках (фиг. 113 а, б). В первом случае стружки от обеих кромок сталкиваются, мешают друг другу выйти из впадины, давят на резец. Во втором случае одновременно с поперечным врезанием резцу дают небольшое продольное передвижение 0,3—0,5 мм в ту и другую сторону (при помощи резцовых салазок). Резец режет то одной, то другой кромкой. Последние стружки проходят, углубляясь лишь поперечной подачей. Этот способ дает хорошую поверхность резьбы, но он труден. Можно испортить резьбу, прорезав впадину шире, чем надо.

Есть еще один способ. Резцовый супорт поворачивают на угол, равный углу профиля (фиг. 113 в). Врезаются в деталь только резцовым супортом. После прохода резец отводят назад поперечной подачей. Затем супорт возвращают продольной подачей в начальное положение для следующего прохода, резец снова подают резцовым супортом и берут новую стружку.



Фиг. 113. Нарезание треугольной резьбы:

а — врезание поперечной подачей; б — врезание поперечной подачей с разводом; в — врезание наискось под углом профиля резьбы; г — врезание наискось под углом, превышающим угол профиля резьбы

Этот способ прост, удобен. Правда, у резца работает только одна сторона и поэтому быстро тупится. Для того, чтобы другая его сторона не терлась о боковую сторону впадины, ее слегка подтачивают. Таким способом можно нарезать только неточные резьбы, так как на правых сторонах впадин резьбы остаются риски — следы от подачи резца резцовым супортом.

Опытные токари увеличивают угол поворота резцового супорта на  $2^\circ$ . Таким образом, супорт устанавливается относительно оси нарезаемой детали под углом — для метрической резьбы в  $62^\circ$  (фиг. 113 г). Резец, опять же, врезают только резцовым супортом. Основную стружку забирает левая режущая кромка. Правая срезаёт мелкую стружку, зачищая эту сторону резьбы, которая получается очень чистой.

До начала нарезания на поперечных салазках ставят упор, который ограничивает поперечный ход супорта.

Дойдя до конца резьбы, резец отводят поперечным супортом назад, не трогая рукоятки резцового супорта. Для нового прохода поперечный супорт подводят вплотную к упору. Резец вновь подают вперед (наискось) резцовым супортом. Берут следующую стружку.

Этот способ один из наилучших. Он одинаково хорош и для неточной и для точной нарезки.

При нарезании резьб большого диаметра и срезании толстой стружки на передней грани резца против левой режущей кромки надо затачивать лунку, это облегчает сход стружки. Неплохо также слегка приподнять вершину резца, т. е. сделать отрицательный угол наклона режущей кромки. Тогда вместо того, чтобы отходить вправо и портить резьбу, стружка будет отворачиваться влево.

Чистовую стружку при нарезании точных резьб надо снимать резцами с горизонтальной передней гранью, т. е. с передним углом равным нулю, так, как говорилось раньше.

Есть несколько способов вывести резец из винтовой канавки, когда он дошел до ее конца.

В старину токари старались отводить резец с каждым проходом — всегда несколько раньше, чем при предыдущем проходе. Это сложно. Достаточно опоздать немного, и резец врежется в окончание винтовой канавки. Поломка резца почти неизбежна.

Не лучше и способ, при котором в конце резьбы предварительно засверливают углубление. Трудности остаются те же. Теперь принято еще на чертеже предусматривать в конце резьбы канавку специально для выхода резьбы. Канавку вытачивают во время обработки, до нарезки резьбы.

При скоростном нарезании продвижение резца идет быстро. Ширина канавки должна быть достаточной, чтобы успеть отвести резец. Пришлось как-то Борткевичу нарезать резьбу с шагом в 2 мм. На чертеже была показана канавка шириной в 1,5 мм. При большой скорости нарезания шпиндель делал 6 оборотов в секунду. Борткевич прикинул: в секунду резец продвинется на  $6 \times 2 =$

12 мм. Выходит, что канавка будет пройдена за 0,12 секунды. За это время надо успеть отвести резец. Иначе он врежется в стенку.

Борткевич с сомнением покачал головой. Упорной тренировкой он достиг того, что отключал самоход за 0,2 секунды. Да, всего за 0,2 секунды. Но — 0,12 секунды! Это вряд ли в человеческих силах. Неужели придется отказаться от высокой скорости резания при нарезании резьбы?

С такими мыслями и сомнениями зашел он после работы на сборку, чтобы посоветоваться с контрольным мастером, человеком опытным. Спрашивает: «Можно ли сделать канавку шире, чем указано на чертеже?» Тот заглядывает в свой альбом и говорит: «Можно, но не больше, чем на полтора миллиметра».

Борткевичу этого было достаточно. Увеличив канавку в два раза, он убедился, что успевает отключить механическую подачу резьбового резца.

Конструкторы иногда не учитывают новые требования скоростной работы. Не приступая к резанию, проверьте, достаточна ли ширина канавки. Надо, чтобы она была не меньше 2—3 шагов резьбы.

Резьба нарезается обычно за несколько проходов. Поэтому, выключив подачу и отведя супорт поперечной подачей назад, нужно вернуть резец к началу резьбы, чтобы взять новую стружку.

При небольшой длине резьбы меняют вращение ходового винта на обратное и супорт отводится на старое место механической подачей. Однако при большой длине резьбы это занимает слишком много времени (если только у станка нет ускоренного обратного вращения ходового винта). Поэтому приходится, отсоединив супорт от ходового винта (выключив маточную гайку), вручную отвести его в начальное положение.

Но тут возникает новая задача: надо попасть резцом точно в канавку резьбы при таком же положении маточной гайки относительно ходового винта, при каком она была включена для прохода первой стружки. Иначе резец срежет выступ нитки.

Как же это сделать?

Часто приходится поступать так: при проходе первой стружки отметить на шпинделе и на корпусе станка, а также на ходовом винте и его подшипнике меловыми черточками их взаимное положение.

Включать гайку ходового винта для нового прохода надо тогда, когда совпадут те и другие черточки.\*

---

\* За исключением тех случаев, когда резьба и ходовой винт имеют кратный шаг, т. е. шаг резьбы делится без остатка на шаг ходового винта. Или наоборот, шаг винта делится без остатка на шаг нарезаемой резьбы. Тогда включать гайку ходового винта можно при любом положении супорта и детали. Резец все равно попадает во впадину резьбы.

Сейчас у большинства станков есть специальный счетчик, который избавляет от необходимости делать меловые риски. Он называется резьбоуказателем и помещается обычно справа от суппорта.

В корпусе его находится вертикальный валик. Внизу на валике сидит червячная шестерня, сцепленная с ходовым винтом. На верхнем конце валика — циферблат с делениями.

Включать маточную гайку надо при совпадении риски на неподвижной части указателя с любым делением циферблата. Для следующего прохода гайку включают: если резьба четная — при совпадении любого деления с рисккой, если нечетная — при совпадении только основных делений.

Резьба бывает правая и левая. Нарезая правую резьбу, надо, чтобы шпиндель и ходовой винт вращались на токаря (правое вращение), а супорт с резцом подавались от задней бабки к передней. При нарезании левой резьбы шпиндель вращается в том же направлении, что и в первом случае, а вращение ходового винта и подача супорта обратные.

### НАРЕЗАНИЕ ТРАПЕЦОИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБЫ

Совсем иначе, чем треугольная резьба, нарезается резьба трапецидальная. Здесь применяют разные способы и различные резцы в зависимости от шага резьбы.

Резец для нарезки трапецидальной резьбы имеет профиль трапеции с углом в  $30^\circ$ . Раньше передний угол резца делали равным  $0^\circ$ . Теперь стали затачивать и эти резцы с выемкой или канавкой на передней грани. В этом случае увеличиваются передние углы как у боковых, так и у передней режущих кромок.

Резьбу с небольшим шагом (до 10 мм) можно нарезать таким резцом сразу. Подавая резец вглубь, делают резцовым супортом развод в обе стороны.

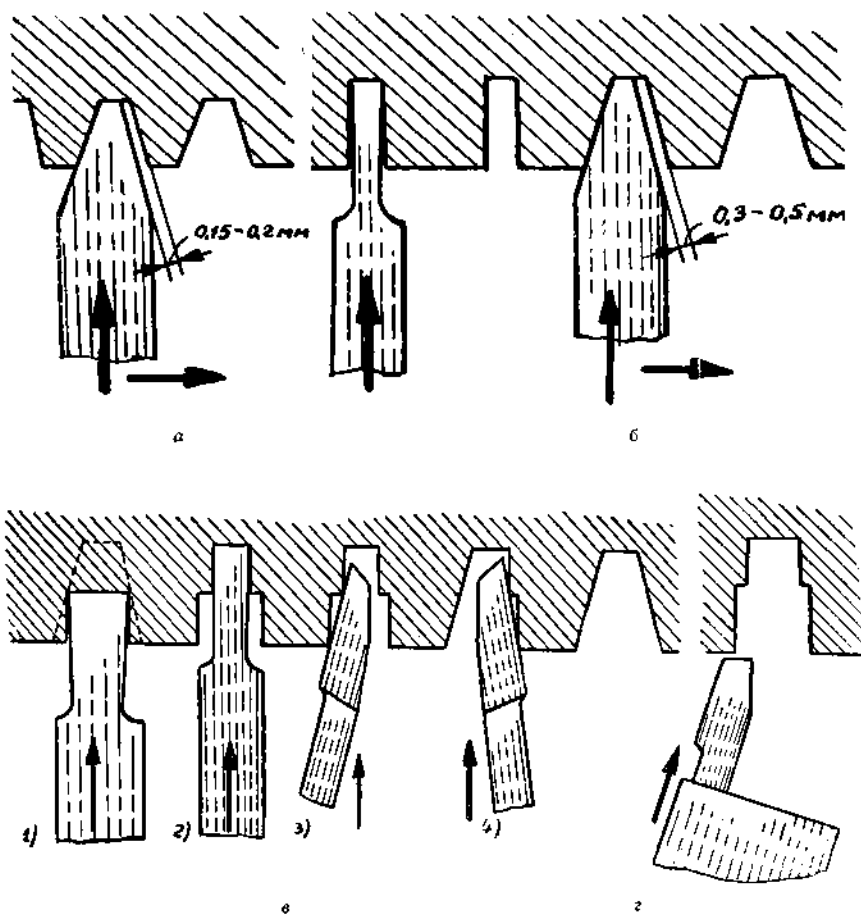
Когда канавка прорезана на нужную глубину, надо зачистить сначала одну, а потом другую боковую стенку. Для этого переднюю кромку резца нужно делать на 0,15—0,2 мм уже ширины впадины (фиг. 114 а). Правильность резьбы проверяют шаблоном-вкладышем.

Резьбу с большим шагом обычно сначала прорезают отрезным резцом (фиг. 114 б). Ширина его берется меньше ширины впадины резьбы на 0,3—0,5 мм. Боковые поверхности обрабатываются затем профильным резцом и зачищаются так же, как и у резьбы с мелким шагом.

Резьба с еще более крупным шагом прорезается двумя отрезными резцами, сначала широким резцом до половины глубины, а потом более узким до дна впадины (фиг. 114 в). Затем боковые стороны зачищаются подрезными резцами. Подрезной резец ставят под углом к оси детали и подают к центру.

Если впадина глубока, ступеньки после прорезки отрезными резцами получаются крупными. Для того, чтобы их подрезать, нужно подрезной резец подавать наискось, используя для этого резцовый суппорт, который поворачивают, а затем подают под углом к оси резьбы (фиг. 114 г).

Червяки с крупным шагом нарезаются подобным же образом.



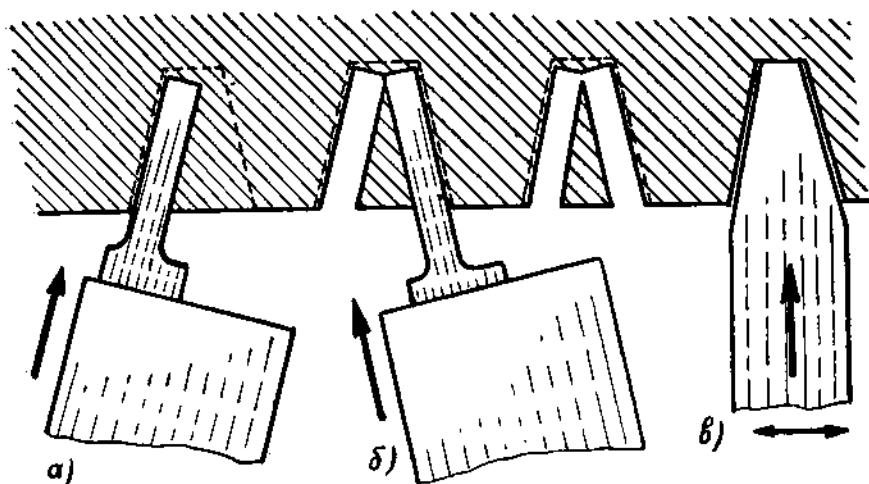
Фиг. 114. Нарезание трапециoidalной резьбы:

а — нарезание мелкой резьбы (до 10 мм); б — нарезание резьбы с большим шагом (до 20 мм); в — нарезание резьбы с крупным шагом (свыше 20 мм); г — подрезка уступов

Интересный способ придумали токари Афанасьев и Дмитриев. Отрезной резец они установили наискось, параллельно боковой стороне впадины червяка. Врезание ведется резцовым суппортом. После прорезки одной стороны до дна впадины, прорезается та-

ким же образом другая канавка (фиг. 115 а). Когда канавки соединятся у дна впадины, вырезанной с двух сторон, металл отпадает в виде витой ленты (фиг. 115 б). Потом надо зачистить резьбу так же, как говорилось раньше (фиг. 115 в).

Все резцы для нарезания — отрезные, подрезные и профильные — надо заранее закрепить в резцедержателе. Если нужно



Фиг. 115 а, б, в. Нарезание червяков

изготовить несколько червяков, лучше всего работу построить таким образом: взять заготовку длиной, равной нескольким червякам. Нарезать резьбу на всю длину заготовки, потом выточить хвостовики червяков. Разрезать заготовку, расточить отверстие и подрезать торец у каждого червяка. Этот способ изготовления червяков предложил токарь Златоустовского инструментального завода т. Ивановский.

### УСТАНОВКА РЕЗЦА ПО УГЛУ ПОДЪЕМА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

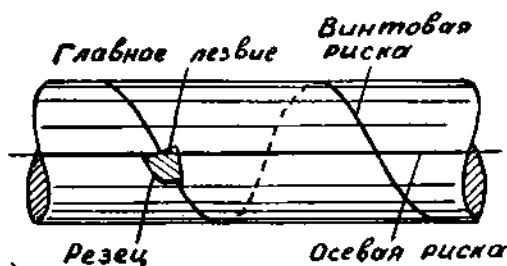
Трапециoidalные резьбы часто делаются многоходовыми, с большим шагом. Поэтому угол подъема винтовой линии получается у этих резьб значительно больше, чем у треугольной резьбы.

Как же надо установить резец, учитывая наклон винтовой канавки?

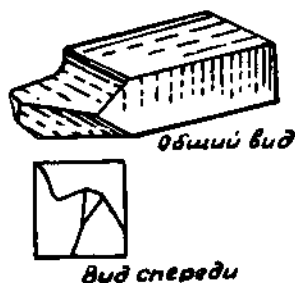
Обычно на детали наносят две риски: осевую и винтовую. По ним и ведется установка резца. Получают их так: закрепив в резцедержателе строго на уровне центров остроконечный резец и слегка касаясь им неподвижной детали, прогоняют супорт на продольном ходу. Получается осевая риска. Затем, настроив станок

на нужную подачу для резьбы, пускают его и на вращающейся детали наносят резцом винтовую линию.

Резьбовой резец должен работать таким образом, чтобы его передняя грань была перпендикулярна к винтовой линии резьбы (фиг. 116 а). Значит, резец надо установить с наклоном либо так заточить его, чтобы передняя грань была наклонна по отношению к подошве резца. Такой резец показан на фиг. 116 б.



Фиг. 116 а. Установка резьбового резца по углу подъема винтовой линии

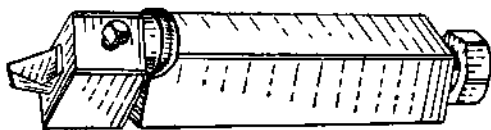


Фиг. 116 б. Резьбовой резец, заточенный по углу подъема винтовой линии

Некоторые токари затачивают резец, прикладывая его к винтовой риске, нанесенной на детали. Это отнимает много времени. Самое же главное — резец надо перетачивать каждый раз, когда меняется диаметр или число заходов резьбы.

Токарь-новатор Мехонцев пришел к мысли, что нет нужды перетачивать резец каждый раз заново, если сделать державку резца поворачивающейся вокруг своей оси. Он предложил простую и удобную конструкцию такой державки (фиг. 116 в), состоящую из трех частей:

передней части, корпуса и гайки. Передняя часть имеет гнездо для вставки резца, который закрепляется сверху болтом. Кроме того, передняя часть имеет хвостовик в виде стержня с нарезанным концом. Стержень проходит через отверстие в корпусе и ввинчивается во внутреннюю резьбу гайки. Своей наружной резьбой гайка ввинчивается в корпус державки. Внутренняя и наружная резьбы гайки имеют разный шаг (внутренний — 2,5 мм, наружный — 1,5 мм). Такое устройство предохраняет от развинчивания державки при большом усилии резания.



Фиг. 116 в. Державка для резьбового резца

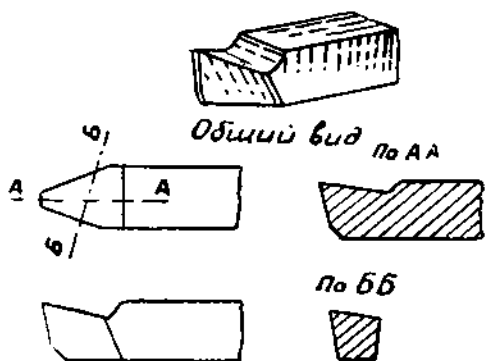
На передней части и на самом корпусе державки сделаны вы-



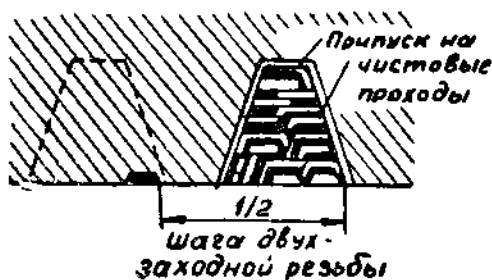
ступающие буртики, на которые нанесены градусные деления. С помощью этой градусной шкалы можно поворачивать переднюю часть державки с резцом на нужный угол.

Державку каждый токарь может сделать сам. Если есть державка, не требуется наносить винтовую риску. Резец устанавливается прямо по шкале на державке, согласно углу подъема винтовой линии, которая указывается на чертеже.

Державка устраняет частую переточку резцов. Достаточно иметь несколько заготовленных резцов для разных профилей



Фиг. 116 г. Резьбовой резец в державку



Фиг. 116 д. Последовательность врезания при нарезании многоходовой резьбы

резьбы. Один из таких резцов, сделанный из быстрорежущей стали, показан на фиг. 116 г. Ширина резца равна  $\frac{3}{4}$  ширины полного профиля резьбы. У резца положительный передний угол в направлении главной оси. Следовательно, передняя грань резца наклонена спереди — назад. Благодаря этому наклону небольшие передние углы получаются и у боковых режущих кромок (см. фиг. 116 г, разрез ББ). Но углы эти значительно меньше, чем угол в направлении главной оси резца. Поэтому таким резцом легче резать прямой поперечной подачей.

Резец, помещенный в державку, годен для всех диаметров и различных заходов резьбы в пределах данного профиля. Нужный угол наклона передней грани получается простым поворотом самой державки.

Токарь-новатор стал нарезать резьбу с помощью одного резца, сберегая более чем в два раза свое время. Схему последовательности образования впадины резьбы см. на фиг. 116 д.

Для разбивки резьбы на заходы прочерчивается резцом неглубокая канавка по всей длине детали. По нониусу резцовых салазок отсчитывается расстояние между нитками заходов и прорезается вторая канавка и т. д. Затем приступают к нарезанию резьбы.

## СКОРОСТНОЕ НАРЕЗАНИЕ ЧЕРВЯКОВ И ТРАПЕЦИДАЛЬНЫХ РЕЗЬБ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ РЕЗЦАМИ

Первыми, кто применил твердосплавные резцы для нарезания червяков, были москвичи Юрий Диков и Николай Чикирев. Начало их опытов относится к 1948 году. Молодым токарям было в то время по 19—20 лет.

— Прежде всего на «повестку дня» поставили вопрос о резцах, — вспоминает Юрий Диков. — Сначала решили применить твердосплавные резцы с положительным углом. Они оказались мало пригодными. При врезании резец получал удар большой силы. В этих условиях он мог обработать только одну деталь, а затем его приходилось заменять.

Попробовали резцы с нулевым градусом. Они оказались более стойкими. Одного резца хватало уже на две детали. Перешли на резцы с большими отрицательными передними углами. Возникла новая неприятность. Деталь стала прогибаться. Тогда токари уменьшили отрицательный угол до 3—5° и стойкость резцов оказалась достаточной.

Для нарезания червяков нужно было два резца. Первый — обдирочный с углом заострения 50°. Второй — чистовой заточен по профилю с углом 40°, но с таким расчетом, что, если нужно нарезать червяк модуль 4, то резец затачивается под модуль 3. Этот второй резец обеспечивал точность профиля червяка. Если раньше на нарезание червяка уходило до ста минут, то теперь стали затрачивать на это не более трех минут.

Шел к концу 1950 год — «скоростной год», как его называет Диков. В один из декабрьских вечеров Чикирев и Диков начали опыты по нарезанию твердосплавными резцами трапецидальной резьбы.

— С понятным волнением начинал я работу, — рассказывает Диков. — Резец сразу не только сделал в металле канавку, но и одновременно расширил ее. Две операции: прорезка канавки и развалка — были совмещены.

Однако, когда сняли деталь со станка и стали придирчиво «экзаменовывать» ее, оказалось, что радоваться было как будто бы рано. Новый резец чересчур сильно разваливал канавку. Резьба оказалась испорченной.

— И все же мы радовались, — говорит Юрий Диков. — Стало ясным, что резец может одновременно прорезать канавку и расширить ее. Все дело лишь в том, чтобы заставить его не слишком «усердствовать». Мы пришли к выводу, что можно найти такую геометрию резца, при которой он будет работать достаточно точно.

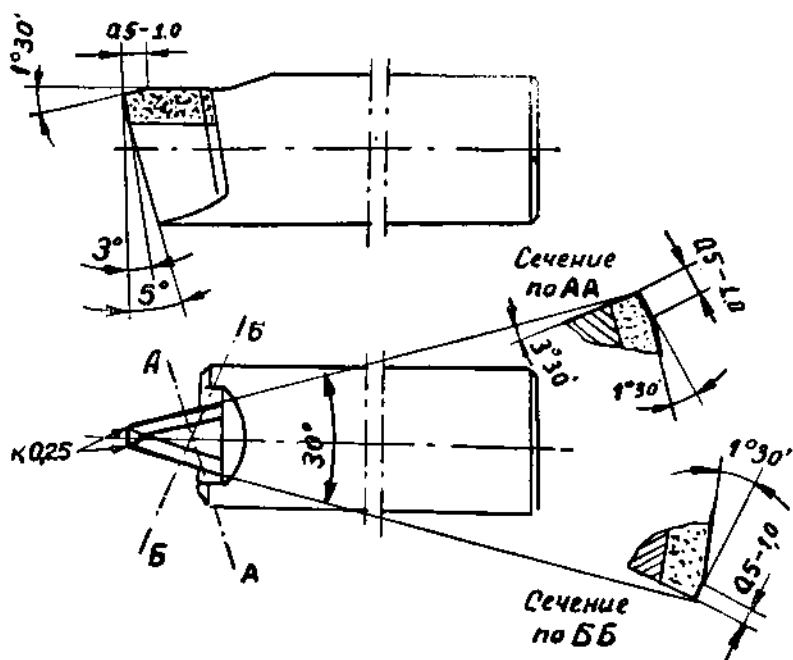
На это ушло несколько вечеров. Вместе со старшим мастером токарям удалось определить, что если уменьшить размеры резца на 0,1 миллиметра, то он будет действовать так, как нужно.

На рисунке показан резец Ю. Дикова и Н. Чикирева (фиг. 117).

На плоской передней грани резца снята фаска шириной 0,5—1,0 мм под отрицательным передним углом  $-1,5^\circ$ . Нарезание этим резцом ведется со скоростью до 300 метров в минуту при глубине врезания 0,6—0,7 мм.

— Скоростник — это не только тот, кто применяет скоростные режимы резания, — говорит Диков, — но и тот, кто тем или иным способом выгадывает время, сокращает цикл обработки.

Диков и Чикирев применили для крепления деталей ершовые и



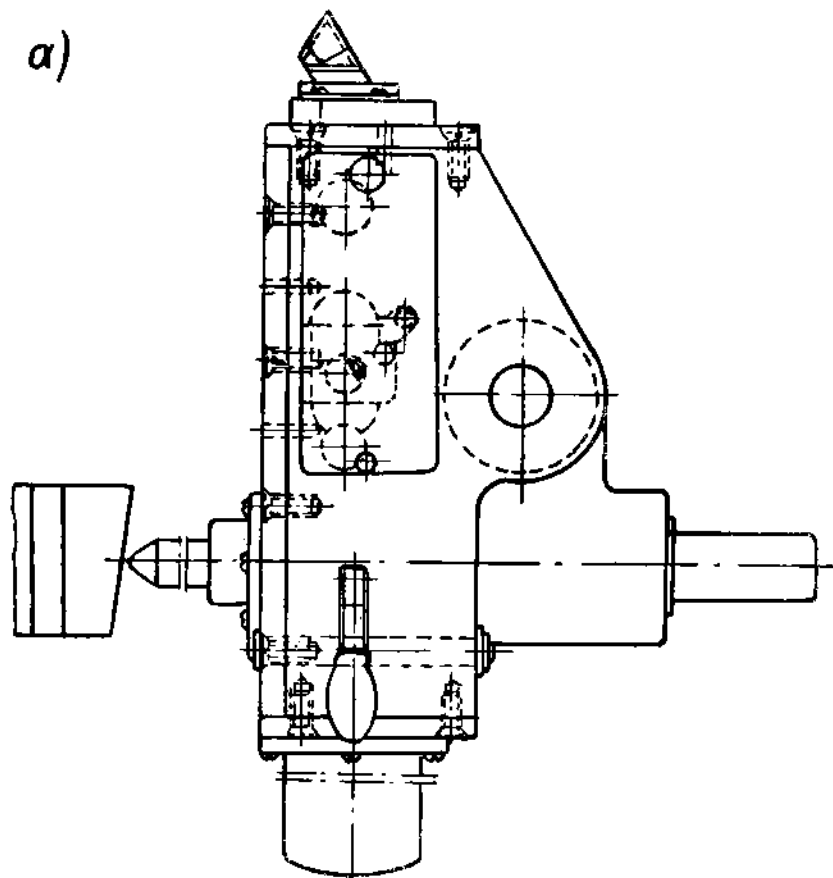
Фиг. 117. Резец Ю. Дикого и Н. Чикирева для скоростного нарезания многоходовой резьбы

конические оправки. Детали стали ставить и снимать на ходу станка. Каждое движение, отмечает Диков, было обдуманно, выверено, отшлифовано. Так, например, Диков добился того, что одновременно отводит резец, дает реверс (обратный ход) и поворачивает резцедержатель. Глубина каждого захода берется им без замера, «по чутью». И только для последнего прохода заранее ставится поперечный упор, который ограничивает врезание резца. Быстрота работы такая, что многочисленные посетители: токари, инженеры, приходившие ознакомиться с новым способом, — рассказывает Диков, — обычно просили: — Работайте, пожалуйста, медленнее, ведь невозможно уследить за вашими приемами.

В 1951 году Николаю Чикиреву и Юрию Дикову за коренное

усовершенствование методов производства были присуждены Сталинские премии.

Нередко еще скоростное нарезание резьбы твердосплавными резцами не может пробить себе дорогу из-за трудностей, связанных с отводом резца в конце нарезки (см. стр. 214). Предложенное токарем Н. Смирновым приспособление для автоматического

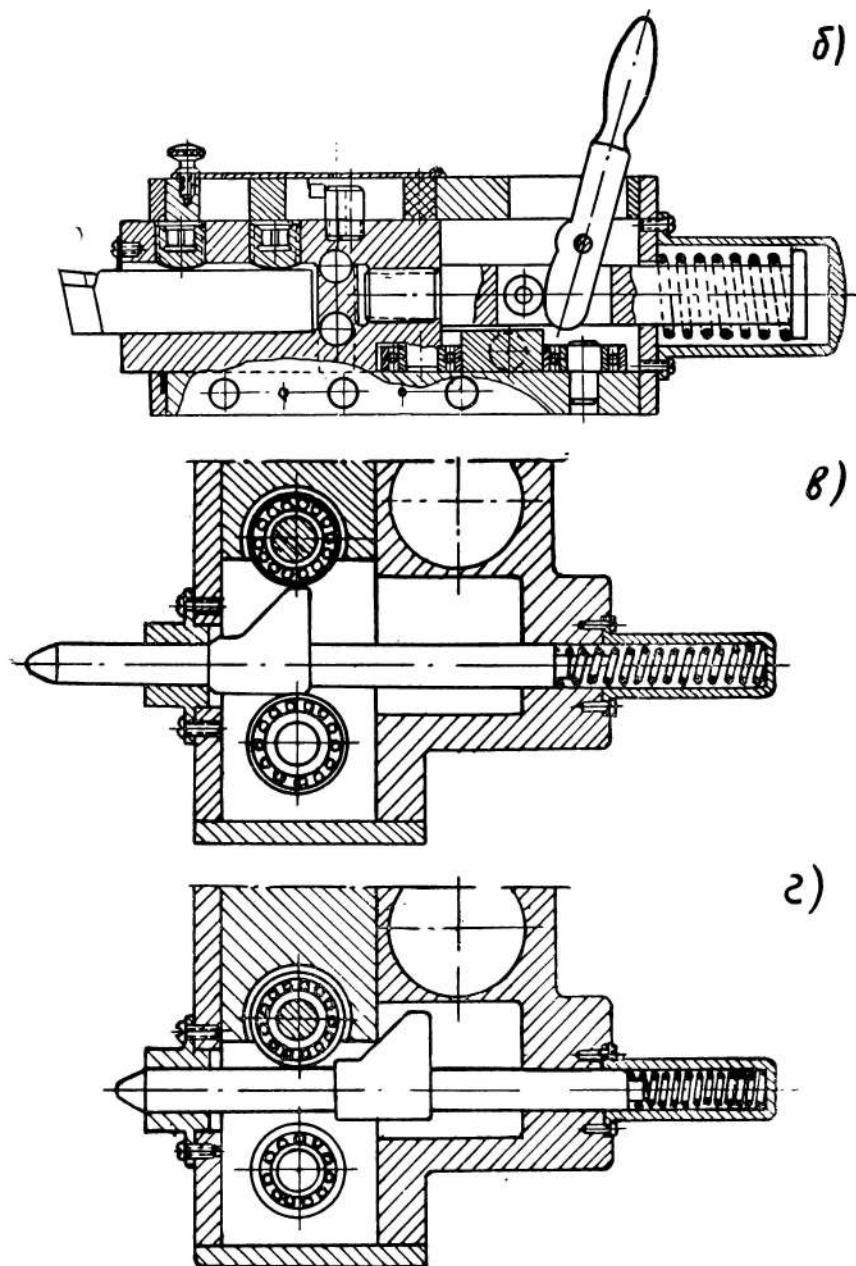


Фиг. 118 а. Приспособление токаря Н. Смирнова для автоматического отвода резца.

Вид сверху

отвода резца удачно решает этот вопрос, от которого зависит успех всей работы. Приспособление небольшое и надевается на зажимной болт резцедержателя станка и закрепляется им (фиг. 118 а, б).

В корпусе приспособления находится державка с резцом, соединенная с другой стороны со стержнем. При нажмие рукой на



Фиг. 118 б, в, г. Приспособление токаря Н. Смирнова для автоматического отвода резца:  
 б — продольный вертикальный разрез; в — то же горизонтальный разрез через державку и выключатель при подаче резца вперед; г — то же при отводе резца.

рычаг приспособления продвигаются вперед стержень и державка с резцом. На державке укреплен шарикоподшипник, который передвигается вместе с ней также вперед. При этом выключатель со скошенным зубом под действием своей пружины подается в крайнее левое положение и не позволяет державке с резцом отойти назад (см. фиг. 118 в).

На станине станка в том месте, где резец должен быть отведен от детали, укрепляется упор. В конце прохода резца острие выключателя наталкивается на упор и начинает отходить вправо. При этом державка с резцом под действием второй пружины отходит плавно назад (фиг. 118 г).

Для нового прохода нужно поворотом рычага снова продвинуть вперед державку на глубину прежнего прохода. Затем, пользуясь лимбом и винтом поперечной подачи, подать супорт на глубину нового прохода.

Это приспособление позволяет применять при нарезании резьбы большие скорости, сокращает время на подводы и отводы резца, устраняет поломки резцов и брак из-за несвоевременного отвода резца.

### НАРЕЗАНИЕ ГРЕБЕНКАМИ, ПЛАШКАМИ, МЕТЧИКАМИ

Резьбу можно нарезать не только резцами, но и другими инструментами. Известны: гребенки, лерки, или прогонки (их называют также плашками), метчики.

У гребенки несколько режущих зубьев. Каждый следующий режет глубже своего соседа. А последний (иногда их бывает не один, а несколько) дает полный профиль.

Гребенку закрепляют в державке и устанавливают строго по центру. Она может нарезать наружную и внутреннюю резьбу, — следовательно, — и винты, и гайки.

Работает гребенка, как несколько резцов, режущих друг за другом. Получается выигрыш во времени.

Прогонка, или лерка имеет вид круглой стальной закаленной гайки. Кроме центрального отверстия с резьбой, у нее несколько окон. Пересекая резьбу канавками, они образуют режущие перья прогонки.

Во время работы прогонка вставляется в леркодержатель. Рукоятка держателя кладется на супорт или на стержень резца, закрепленного в резцедержателе. Сзади прогонка опирается на пиньоль задней бабки. Резьбу прогонки и нарезаемую часть детали смазывают натуральной олифой.

Метчик — это закаленный стальной винт, у которого благодаря продольным канавкам получились режущие кромки. Наряду с этим канавки служат для выхода стружки и подвода смазки. Метчиками нарезается внутренняя резьба. Особенно полезен метчик при нарезке внутренней резьбы малого диаметра.

Для нарезания резьбы метчиком надо иметь заранее подготовленное отверстие. Ввинчиваясь в него, метчик прорезает на стенках отверстия спиральную канавку. Профиль канавки соответствует профилю резьбы метчика.

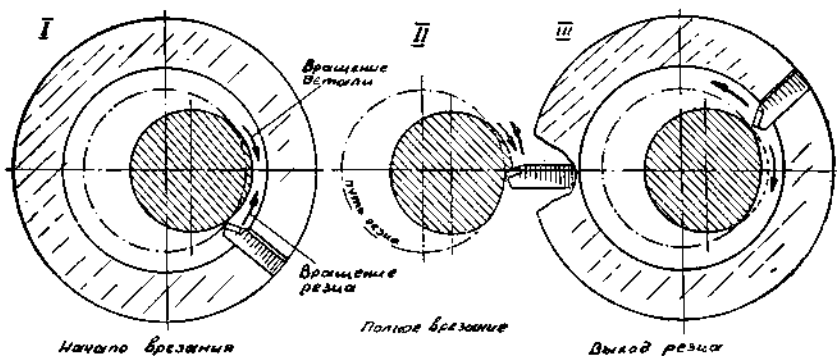
Зубья метчика расположены по спирали, один за другим, каждый следующий зуб немного выше предыдущего. Поэтому при ввинчивании метчика каждый зуб углубляется все дальше, канавка прорезается все глубже, пока не достигнет нужной глубины.

### ВИХРЕВАЯ НАРЕЗКА

В заключение расскажем о новом скоростном способе нарезания резьбы, который называют обычно — вихревой нарезкой. Способ этот появился совсем недавно.

Вихревое нарезание ведется вращающимися резцами. Резцы закреплены в специальном приспособлении — быстроходной головке, которую устанавливают на супорте станка.

Центры вращения головки и детали не совпадают (фиг. 119а).



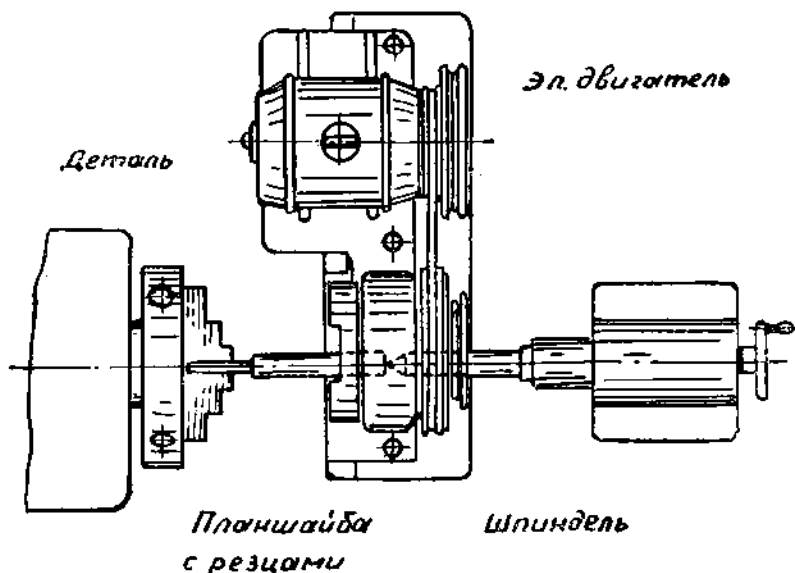
Фиг. 119 а. Скоростная нарезка вращающимися резцами

Вершина резца описывает круг больше, чем окружность детали. Например, при нарезании резьбы диаметром 60 мм диаметр окружности, которую описывает вершина резца, должен быть не меньше, чем 80 мм. Следовательно, резец не все время касается детали.

Он приходит в соприкосновение с ней на небольшой дуге длиной  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{8}$  всей окружности. И тут же отходит.

Но деталь вращается медленно, а резцы — их обычно в головке 4 (не считая зачищающих резцов) — имеют встречное вращение с большим числом оборотов от 900 до 1900.

Скорость резания доходит до 500 м/мин. Резцы, однако, не ус-



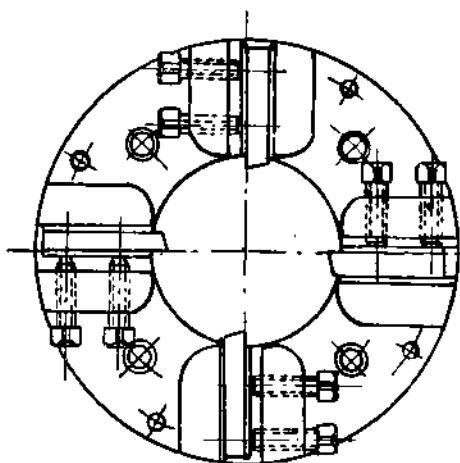
Фиг. 119 б. Быстроходная резцовая головка

певают перегреваться. Прерывистое резание дает возможность работать с нормальной стойкостью резцов 60—90 мин.

Бешено мчатся резцы навстречу детали. Слетает мелким вихрем стружка, каждый кусочек ее имеет вид раздвоенной запятой. Недаром назвали этот способ — вихревой нарезкой.

Быстроходная головка устроена весьма просто. Изготавливаются удлиненные поперечные салазки. Корпус головки и мотор устанавливают на салазках на шарнирных осях. Это позволяет повернуть головку под углом подъема нарезаемой резьбы.

В корпусе быстроходной головки на двух роликовых подшипниках вращается полый шпиндель. На шпинделе сидит ступенчатый шкив, который клиновым ремнем связан со шкивом мотора. Со стороны передней бабки станка к шпинделю крепится планшайба с 4 пазами для

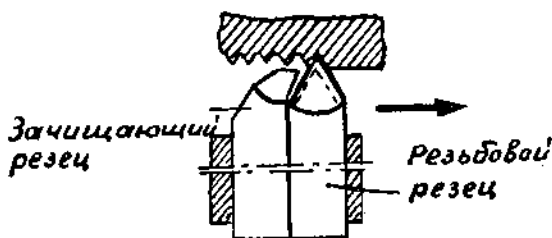


Фиг. 119 в. Планшайба с 4 резцами



резцов. В каждом пазе можно установить одновременно 2 резца: один резцовой — впереди, второй — сзади с широким лезвием для зачистки резьбы (фиг. 119 б, в, г).

Мотор может иметь небольшую мощность, например, 2,2 квт, и 1440 оборотов. Деталь устанавливается в центрах и получает медленное вращение от станка. Число оборотов дается ей в зависимости от материала и диаметра детали (от 3 до 30 оборотов в минуту). Резцы же вращаются с



Фиг. 119 г. Расположение резцового и зачищающего резцов

большим числом оборотов (например, 900, 1900 — изменение оборотов производится переброской ремня на шкивах быстроходной головки и мотора).

Через ходовой винт суппорт с головкой получает перемещение в соответствии с шагом нарезаемой резьбы. Полная резьба нарезается за один проход. Производительность труда увеличивается от 3 до 10 раз.

Через ходовой винт суппорт с головкой получает перемещение в соответствии с шагом нарезаемой резьбы. Полная резьба нарезается за один проход. Производительность труда увеличивается от 3 до 10 раз.

## ГЛАВА I. ОБРАБОТКА ВАЛОВ

Каждая обработка требует своего инструмента, приемов, особой сноровки. Но знать их — это еще не все. Можно уметь обрабатывать, отрезать, можно быть хорошим токарем-операционником и не суметь выточить деталь. Или даже сделать ее, но медленно, работая непроизводительно, с большой затратой излишнего труда.

Каждая деталь — это не одна, а несколько различных поверхностей. Надо знать последовательность обработки, что делать раньше, а что позже, с чего начинается работа и чем она заканчивается, научиться продумывать технологический план работы.

Конечно, в практике токаря встречается много разных случаев. Всего не перечислишь. Но есть сходные, часто встречающиеся, типичные работы и характерные детали.

Начнем с наиболее обширного семейства деталей — с валов.

Валы могут быть гладкие и ступенчатые, сплошные и с отверстиями — полые. Они могут быть тонкие и массивные, длинные и короткие. Изготовление их имеет свои особенности.

### ГЛАДКИЕ ВАЛЫ

Валы до последнего времени обычно изготавливали только в центрах. Почему? Ремонтники это, пожалуй, объяснили бы лучше других.

Начинается ремонт. Разобрали машину — вал надо проверить: не бьет ли? Для этого его надо поставить на станок и дать ему вращение. Как же поставишь на станок, если у вала нет центральных отверстий, если не осталось следов, где у него центровая линия? Кроме того, центровые отверстия нужны для последующей обработки после токарного станка. Например, для шлифовки.

Поэтому, перед тем как начинать обработку, подготавливали центровые отверстия. Тут могут быть два случая: вал проходит

через отверстие шпинделя передней бабки станка или не проходит.

Возьмем первый случай.

На шпиндель наворачивают трехкулачковый самоцентрирующий патрон, пруток пропускают через шпиндель и зажимают в патроне.

Первая операция подрезка торца, вторая — центровка. После этого пруток надо продвинуть вперед на всю длину вала плюс припуск на отрезку. Свободный конец вала подпирают задним центром. После отрезки вал вставляют в отверстие шпинделя, зажимают в патроне, подрезают торец и зацентривают второе центровое отверстие.

Теперь вал готов для обточки. Раньше снимали трехкулачковый патрон, ставили центры, поводковую планшайбу, на конец вала надевали хомутик, вал ставили в центры.\* Обтачивали до половины его длины. Обтачивать вал до самого конца мешал хомутик. Вал перевертывали и обдирали второй конец.

Дальше идет чистовая обточка. Многие токари начинают обточку с того же конца вала, не перевертывая его. Это неправильно. После черного обтачивания вал разогрет. Обточка его может дать неправильные размеры. Поэтому тонкие, длинные валы надо начинать точить начисто, только перевернув к задней бабке.

Чистовую обточку вели также в два приема, сначала одну половину вала или немного больше, потом другую. Это будет уже третье перевертывание вала. Во время чистовой обточки надо следить за притуплением резца и размерами вала по диаметру. Если во время чистового прохода затупился резец, работу надо начинать вновь заточенным резцом с другого конца вала. Так легче сгладить то место, где работал затупленный резец и диаметр вала получился больше.

Если требуется чистая поверхность торцов или точные размеры вала по длине, надо подрезать торцы подрезным резцом точно в размер.

Второй случай — обработка вала, не проходящего через отверстие шпинделя. Тут много времени затрачивается на подготовительные операции. Один конец вала зажимают в самоцентрирующем патроне, другой конец поддерживает неподвижная стойка-люнет.

Трудность тут вот в чем: кулачки люнета не могут скользить по необработанной поверхности вала. На вал надо надеть муфту. Поверхность у муфты обточенная. Затем ставят люнет. Вал вместе с муфтой вращается между кулачками люнета. Кулачки скользят по чистой поверхности муфты.

Установив вал, протачивают шейку под кулачки люнета. По-

---

\* Мы рассказываем и о старом методе обработки валов, потому что не во всех мастерских имеются вращающиеся задние центры и прочая скоростная оснастка.

том муфту можно снять, а люнет передвинуть на то место, где проточена шейка. Следующая операция — отрезка. Отрезается лишний кусок металла.

После этого подрезается торец и зацентрируется отверстие. Затем надо проточить шейку под люнет с другой стороны вала. Потом его перевертывают снова, ставят люнет, подрезают и центруют с другого конца. После этого вал ставят в центры, и обработка вала ведется так же, как и в первом случае.

Передовые токари стремятся упростить эту подготовку. Так, например, если вал не очень длинный, то муфту с люнетом не ставят, а, закрепив один конец вала в патроне, отыскивают на другом конце на глаз центр и делают предварительную грубую зацентровку. Делается она способом, описанным на стр. 74.

Затем свободный конец вала подпирают задним центром, протачивают небольшой поясок под кулачки люнета и фаску на конце вала. Ставится неподвижный люнет и производится точная центровка углубления. Точно так же поступают и с другим концом вала. На этом подготовка заканчивается, и вал устанавливают для обточки.

Токарь лауреат Сталинской премии Семинский предложил конструкцию люнета с самоустанавливающимся кольцом, закрепляемым на детали. При этом отпадает необходимость в проточке шеек под люнет.

## СКОРОСТНАЯ НАСТРОЙКА ДЛЯ ОБТОЧКИ ВАЛОВ

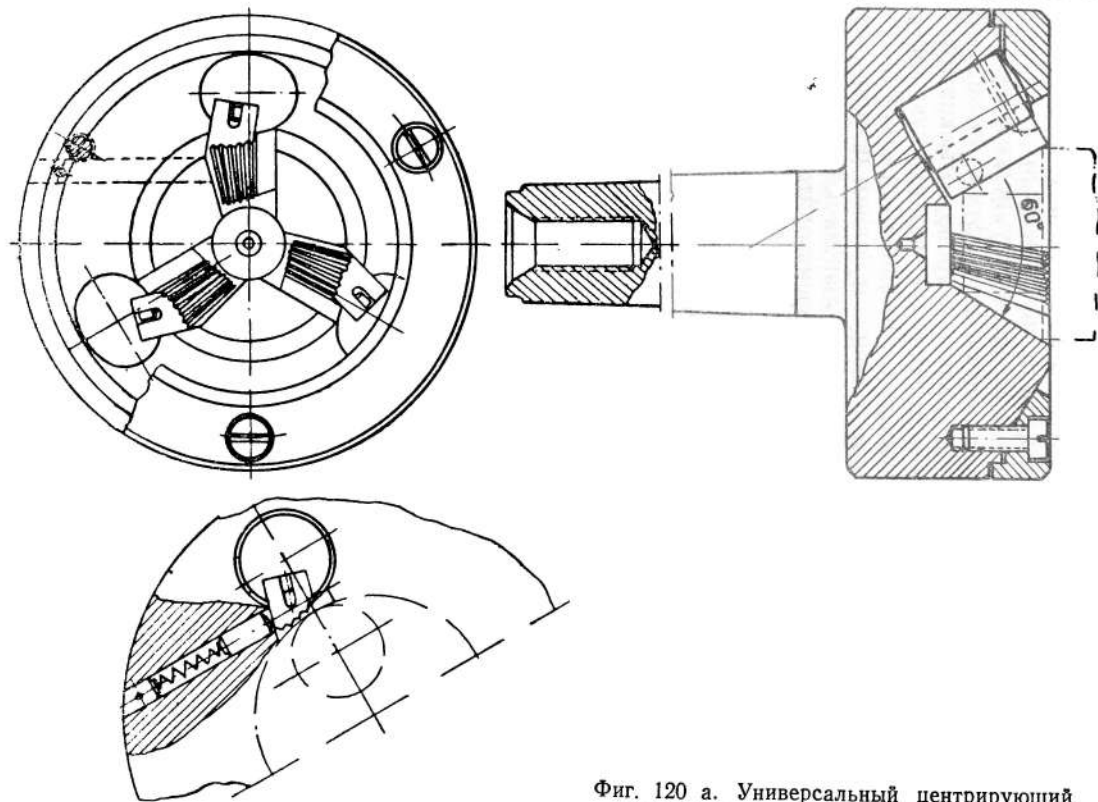
Все большее число токарей отказывается от обтачивания валов с хомутиком и в центрах и переходит на скоростные методы работы с применением поводков и оправок. Эти способы подробно были рассмотрены на стр. 77—80.

Наряду с этой пррстейшей высокопроизводительной оснасткой применяются новые быстродействующие поводковые устройства, созданные за последние годы для скоростной обработки валов.

Универсальный центрирующий поводок конструкции инженера Н. Актова показан на фиг. 120 а. Он состоит из корпуса с тремя гнездами, в которых установлены цилиндрические оси. Эти оси могут свободно поворачиваться; в гнездах корпуса их удерживает крышка поводка.

В пазу каждой оси помещен рифленый кулачок. Под действием пружины кулачок прижимается к выступу корпуса.

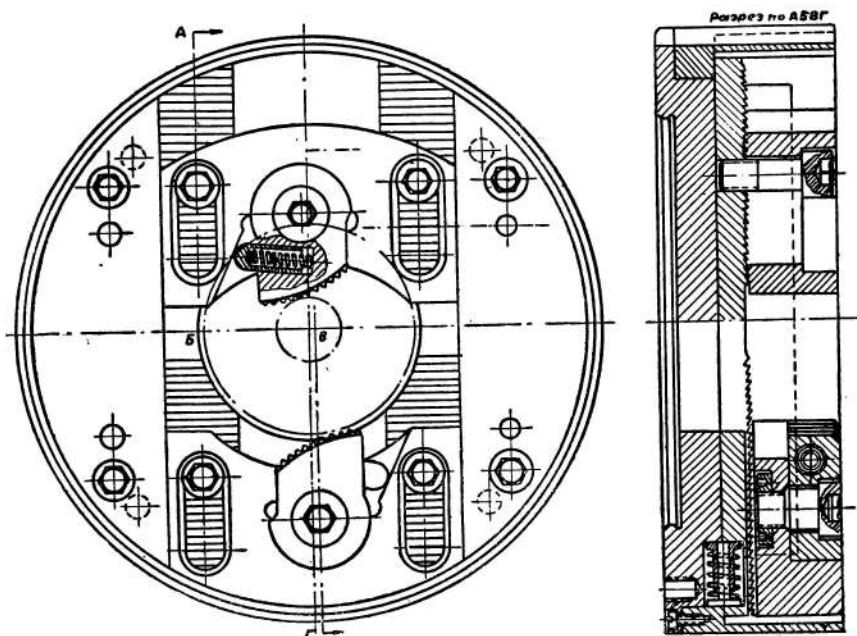
Как же крепят вал в поводковом патроне? Зацентрированный с двух сторон вал вводят одним концом в обратный конус патрона и поджимают вращающимся задним центром. При вращении шпинделя зубья кулачков захватывают и ведут вал. Чем быстрее вращается патрон, тем больше врезаются кулачки и сильнее зажимают вал. Благодаря надежному зажиму можно срезать стружку с большим сечением.



Фиг. 120 а. Универсальный центрирующий  
поводок конструкции инженера Актова

Проточив правый конец вала на длину до 70 мм и сняв фаску, вал перевертывают и устанавливают в патроне обработанным концом. Фаска точно центрирует его в конусе патрона. После этого обтачивают вал по всей длине.

Самозажимной универсальный патрон показан также и на фиг. 120 б. Кулачки патрона свободно прижимаются к нему пружинами, находящимися в стаканчиках. В начале обработки под



Фиг. 120 б. Самозажимной универсальный патрон

действием сил резания вал слегка поворачивается по часовой стрелке и заклинивается между кулачками. Кулачки, захватив вал, заставляют его вращаться в противоположную сторону. С возрастанием скорости вращения сила зажима увеличивается.

Плиты с кулачками закреплены на ползуне. Ползун зажат между двумя пружинами и может сдвигаться, или, как принято говорить, «плавать», в направлении, перпендикулярном к оси обрабатываемого вала. Благодаря плавающему ползуну вал зажимается обоими кулачками с одинаковой силой.

Перестановкой плиток на зубчатой поверхности ползуна можно изменять расстояние между кулачками и, следовательно, закреплять валы разных диаметров.

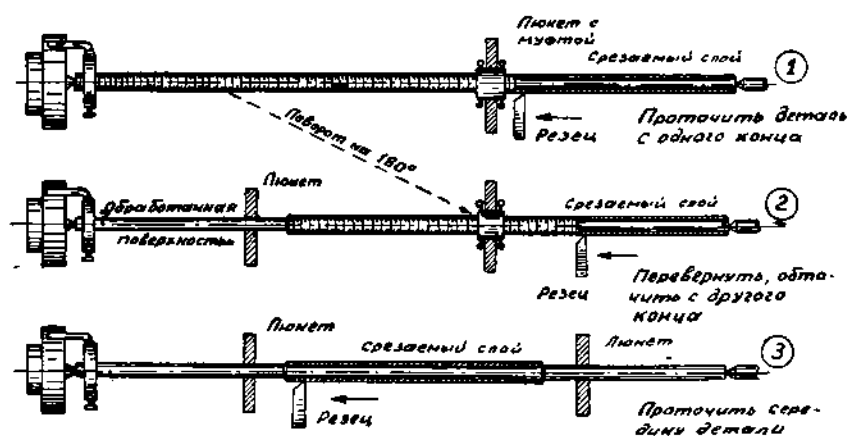
Чтобы установить вал в патроне, надо нажать им на скошенные края кулачков и повернуть его влево. Кулачки разойдутся,

открывая доступ к центру. Для снятия со станка вал снова поворачивают и одновременно отводят центр задней бабки.

Установка валов в самозажимных патронах занимает мало времени. Вместе с тем крепление надежное и точное.

### ТОНКИЕ И ДЛИННЫЕ ВАЛЫ

Обработка тонких валов требует обычно постановки одного или нескольких люнетов. Считается, что люнет надо ставить тогда, когда длина детали больше десяти диаметров. Это в среднем. Но можно точить валы длиной, например, до 800 мм, диаметром 25 мм и при этом обходиться двумя люнетами. Порядок обработки показан на фиг. 121 а.



Фиг. 121 а. Обточка тонкого и длинного валов

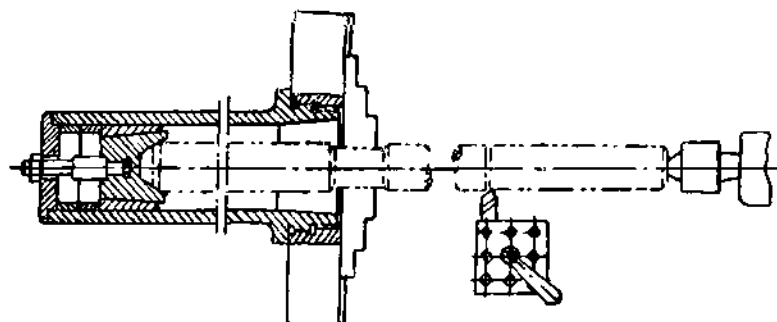
При высоких скоростях резания и больших числа оборотов обрабатываемого вала кулачки люнетов «сгорают». Не помогает даже установка кулачков на игольчатых или шариковых подшипниках. В условиях скоростного резания они изнашиваются очень быстро. Вдобавок люнеты не обеспечивают жесткого крепления.

Токарь-новатор Семинский разработал и практически осуществил метод установки и обработки длинных валов без люнетов. Применяв скоростные режимы резания, он уменьшил время обработки в шесть раз.

Все, что нужно для этого — это обратный центр, который с помощью разжимной втулки, распорных колец, тяги и упорной шайбы может быть закреплен в любом месте отверстия шпинделя; далее, трехкулачковый самоцентрирующий патрон с выверенными (прошлифованными) кулачками и вращающийся задний центр (фиг. 121 б).

Заготовки валов заранее подрезаются и зацентрируются с обоих торцов. Сначала посредине вала протачивается выточка шириной 50—60 мм и снимаются на торцах фаски под углом 45°. Затем заготовка вала вставляется в отверстие шпинделя. Вращающийся задний центр прижимает вал к обратному центру, находящемуся внутри шпинделя. Середина вала в том месте, где сделана выточка, зажимается кулачками патрона.

Вначале обтачивается начерно первая половина вала. При этом оставляется припуск 1—1,5 мм на чистовое точение. Далее вал перевертывается, вставляется обработанным концом в отверстие шпинделя и снова закрепляется кулачками за среднюю часть. После этого обтачивают начерно вторую половину вала. Затем точно так же обрабатывают начисто обе половины вала.



Фиг. 121 б. Приспособление В. Семинского для обточки тонких валов

Для того, чтобы тонкий вал, например, диаметром 30—35 мм, можно было обточить на высоких скоростях резания (250—300 метров в минуту), надо дать шпинделю станка не меньше 2500—3000 оборотов в минуту.\*

Токарь Семинский предложил очень простое приспособление, которое устанавливается на шпинделе токарного станка (фиг. 121 в). Оно состоит из ведущего шкива, насаживаемого на шпиндель станка, далее из корпуса со шкивом, вращающегося на шарикоподшипниках (их обойма соединена с ведущим шкивом), и, наконец, из контрпривода, смонтированного тут же на станке с двумя шкивами.

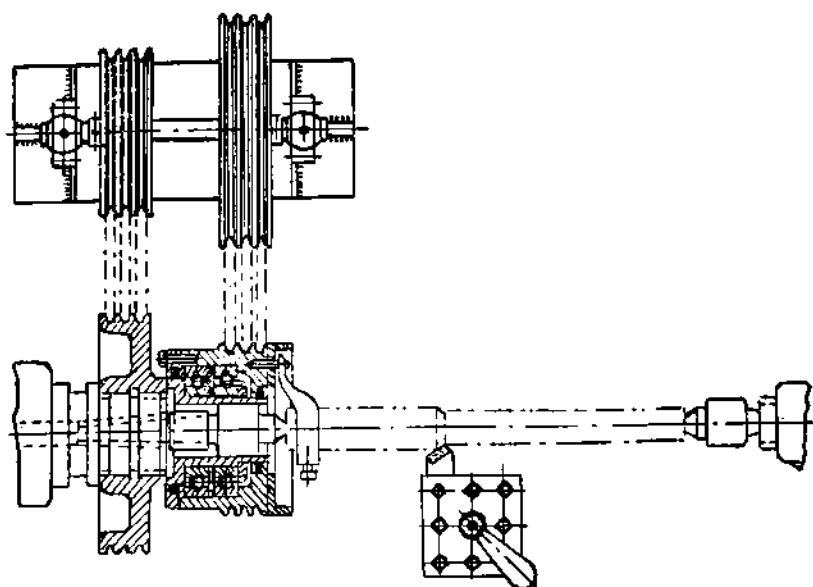
От ведущего шкива вращение передается клиновидными ремнями на ведомый шкив контрпривода и далее через ведущий шкив к корпусу приспособления. Число оборотов его возрастет в четыре раза, следовательно, если шпиндель станка имеет 600 об/мин, то

$$* n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (см, стр. 90)} = \frac{300 \cdot 1000}{3,14 \cdot 30} = 3200 \text{ об/мин.}$$



корпус приспособления может вращаться с числом оборотов 2400 в минуту. В корпусе имеется коническое отверстие, в которое вставляется центр или оправка для установки вала.

Мы видели, что для того, чтобы более жестко закрепить вал и



Фиг. 121 в. Приспособление В. Семинского для увеличения числа оборотов детали

избежать вибраций, Семинский утопляет вал в шпинделе с упором в обратный конус.

Иной способ обточки тонкого вала без дрожания нашли токари харьковчане Посохов и Прилипко. Им пришлось точить партию валов из стали 10 диаметром 56 мм, длиной 1200 мм. Заготовки имели диаметр 65 мм.

Токари встретились с большими трудностями. Работая на низких скоростях и малых подачах, они делали за смену не более 5 валов. Попытки же увеличить режимы резания немедленно приводили к появлению вибраций настолько сильных, что дальнейшая обточка становилась невозможной. Проверяли станок, центры, резец, установку резца — все было нормальным, а вибрация продолжалась.

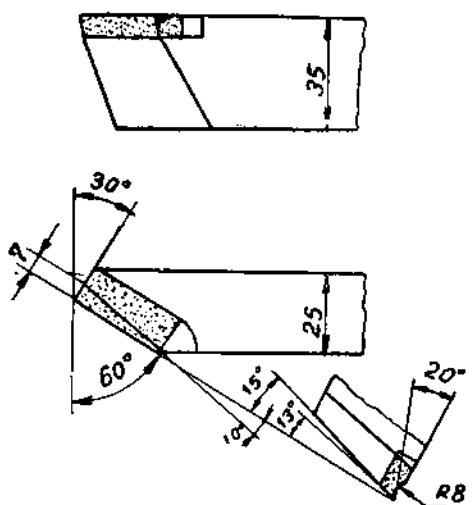
Токари заметили, что резание вначале шло спокойно. Только после того, как было пройдено 100 мм от центра задней бабки, резец начинал «подрывать».

Решили, что если резец поставить несколько выше центра, то благодаря увеличению переднего угла давление на него умень-

шится. Когда это сделали, вибрации стали появляться только после прохода 200 мм. Подняли резец еще выше. Но тут обнаружилось трение детали о заднюю грань резца. Пришлось увеличить задний угол до  $13^\circ$ . После этого резец подняли выше центра на 7,5 мм. Вибрации полностью прекратились на всей длине вала.

Тогда тт. Посохов и Прилипко увеличили скорость резания до 100 м/мин, подачу до 0,6 мм и глубину резания до 4,5 мм. Вибрации не было. Если до этого валик обтачивался за 1,5 часа, то теперь на него стали затрачивать 6—8 минут.

На фиг. 121 г показан резец токарей Посохова и Прилипко для безвибрационной обточки тонких валов



Фиг. 121 г. Резец токарей Посохова и Прилипко для безвибрационной обточки тонких валов

## СТУПЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ

Перед нами ступенчатый вал (фиг. 122 а). Его надо выточить из прутка проката. Припуск получается для каждой ступени разный (на рисунке он показан штрихами). Припуск на левой и средней ступенях можно снять за один проход. Припуск на правой,



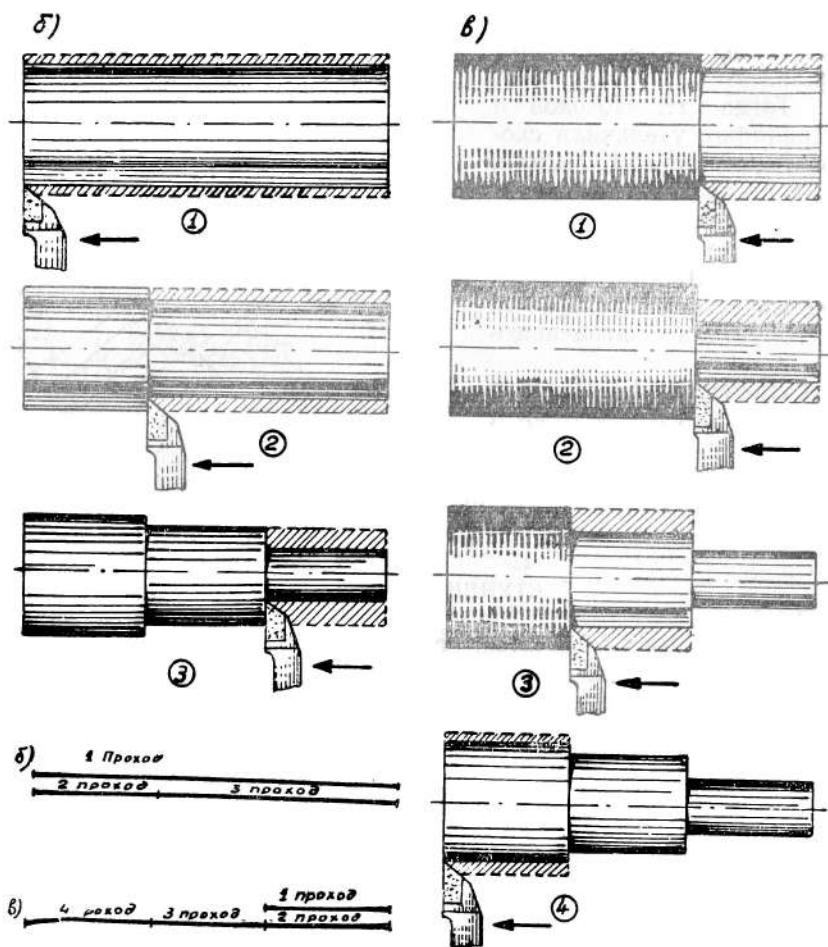
Фиг. 122 а. Ступенчатый вал

меньшей ступени больше допустимой глубины резания. Его можно снять только за 2 прохода. Как же мы будем обрабатывать этот ступенчатый вал?

Можно обточить так, как обычно точат многие токари. Сначала проточить всю заготовку по диаметру самой большой ступени, потом проточить правую и среднюю ступени до диаметров

средней, а затем последнюю, меньшую ступень. Будет всего три прохода. Такой способ называется — «**работа сквозными проходами**». На первый взгляд быстро и просто (фиг. 122 б).

Можно точить и по-другому. Не сквозными проходами, а каждую ступень в отдельности на полную глубину резания. Ведь,



Фиг. 122 б. Обработка ступенчатого вала методом сквозных проходов.

в. Обработка ступенчатого вала методом отдельных проходов

чем больше берем глубину резания, тем выгоднее идет работа. Можно поступить так. Сначала обточить крайнюю правую ступень — в 2 прохода, раз нельзя срезать весь припуск за один проход. Затем обточить среднюю ступень за один проход на полную глубину резания, а затем так же и левую ступень (фиг. 122 в).

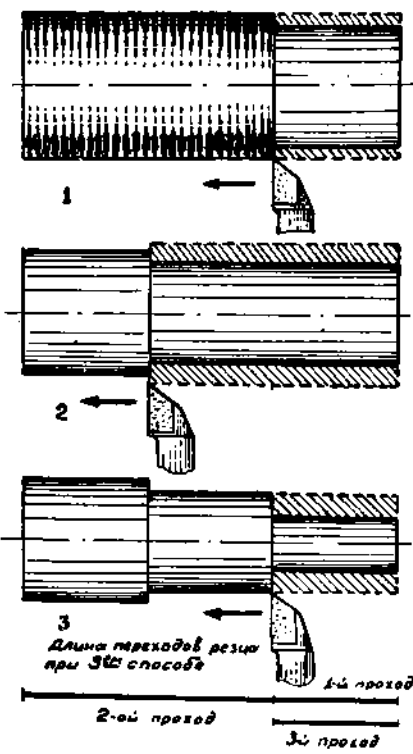
— Но ведь тут получится четыре прохода, а в первом случае — три, — скажет читатель. Правильно, но посчитаем длину проходов. Во втором случае все проходы короткие, а в первом — два прохода длинных, а если сложить все три прохода и сравнить их, то окажется, что в первом случае резец прошел путь намного больше (см. фигуру).

— Да, но проход по проходу разнь, — может возразить читатель. Путь, действительно, укоротился. Но скорость резания не останется та же. Там, где будет взята большая стружка, скорость придется немного уменьшить.

А все же, как вы знаете, глубину резания увеличивать выгоднее, — скажем мы. — Скорость уменьшится в меньшей степени и, экономия времени при втором способе, несомненно, будет. Вдобавок учтите холостые ходы — отводы резца, которых в первом случае намного больше.

Экономия окажется тем значительнее, чем длиннее средняя и правая ступени по сравнению с самой высокой ступенью.

Работа по первому способу будет производительна только тогда, когда глубина резания на всех проходах велика. Это не всегда бывает. Значит, второй способ обычно выгоднее. Но у него есть недостатки. Во-первых, сначала обтачивается меньшая ступень, а лучше наоборот. В самом деле, тонкие, концевые шейки надо обтачивать в последнюю очередь. Иначе вал теряет жесткость. И уже нельзя брать большую стружку. Во-вторых, вал лучше сначала ободрать по всей длине. В особенности, если заготовка с коркой. Сняв корку, освободим частично металл от имеющихся в нем напряжений.



Фиг. 122 г. Обработка ступенчатого вала совмещенным методом

Поэтому можно предложить **третий способ обточки** нашего вала, **совмещающий** первые два способа (фиг. 122 г). Сначала обтачиваем ступень с наибольшим диаметром, затем вал перевертываем и обтачиваем остальные две ступени — по диаметру средней ступени. И под конец обтачиваем меньшую ступень. Число проходов — 3. Длина пути резца та же, что при втором способе.

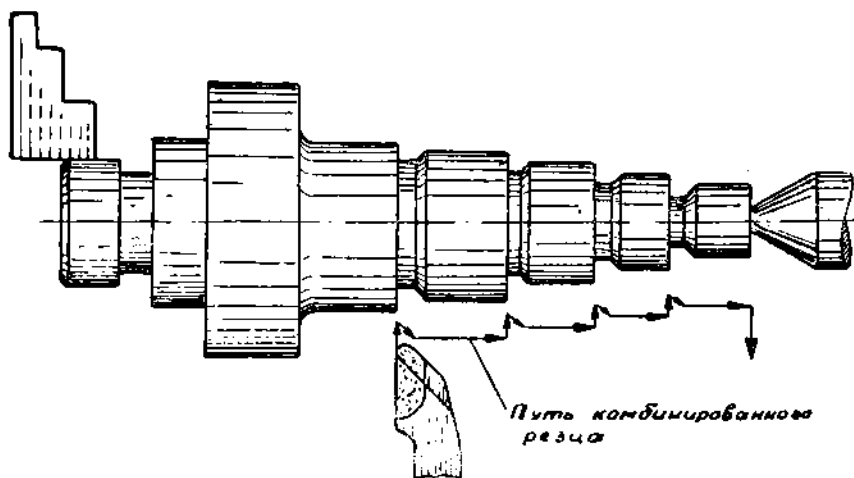
Все это мы говорили о черновом точении. В какой же последовательности точить ступени при чистовой обточке?

Обычно ступени обрабатываются подряд одна за другой. В этом случае холостые пробеги резца наименьшие.

Если ступени длинные и применяются проходные и подрезные резцы, то сначала надо обточить ступени, а потом сделать подрезку.

Если же ступени короткие и работа идет одним подрезным резцом, то проточку каждой ступени надо заканчивать подрезкой следующего уступа.\*

Токари-новаторы ищут способы ускорить обработку ступенчатых валов. Ленинградец К. Лакур и москвич А. Воробьев пришли к одинаковой мысли: **начинать обработку с наибольшего диаметра и вести ее в сторону ступеней с меньшим диаметром.** Иначе говоря, производить обточку по направлению к задней бабке левым резцом (фиг. 123 а).



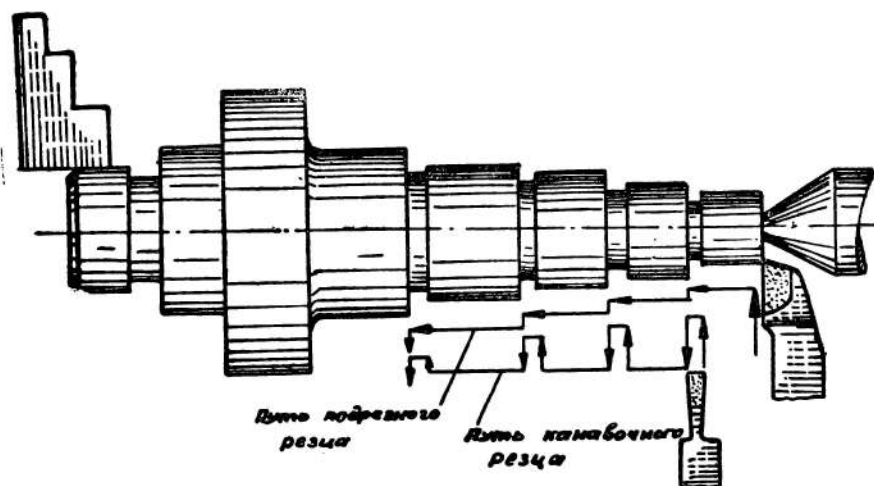
Фиг. 123 а. Новый способ обработки ступенчатых валов по способу токарей Лакура и Воробьева

При этом отпадает опасность врезаться в буртик или уступ вала. От токаря уже не требуется напряженного внимания, чтобы выключить подачу в определенный момент. Можно применять большие скорости резания и подачи.

Можно, кроме того, совместить обтачивание поверхности с прорезанием канавок для выхода шлифовального круга или резь-

\* При обтачивании ступеней надо всегда помнить о мертвом ходе винта (стр. 112).

бового резца. Раньше и Лакур и Воробьев после проточки подрезным резцом всех ступеней валика поверху меняли резец на канавочный и поперечной подачей вручную протачивали канавки (фиг. 123б).



Фиг. 123 б. Обычный способ обработки ступенчатых валов (последовательно двумя резцами)

Теперь вся обработка ведется одним подрезным резцом особой формы (резец т. Лакура см. фиг. 81, сходен с ним и резец т. Воробьева). Дойдя до уступа, врезаются на заданную глубину с отсчетом по лимбу. Затем левой подачей обтачивают следующую ступень (см. фиг. 123а). Холостые хода и общая длина пути супорта резко сокращаются.

Таким способом ведется чистовая, а в случае совмещения чернового и чистового проходов — получистовая обточка ступенчатых валов. Глубина резания 1 мм, подача 1,59 мм/об, скорость резания 110—400 м/мин. Материал детали — сталь 40, 45.

Производительность труда повышается не менее, чем в два раза. Например, токарь А. Воробьев раньше обрабатывал за смену 120 валов, изображенных на фиг. 123а, теперь же делает их 240—250 штук.

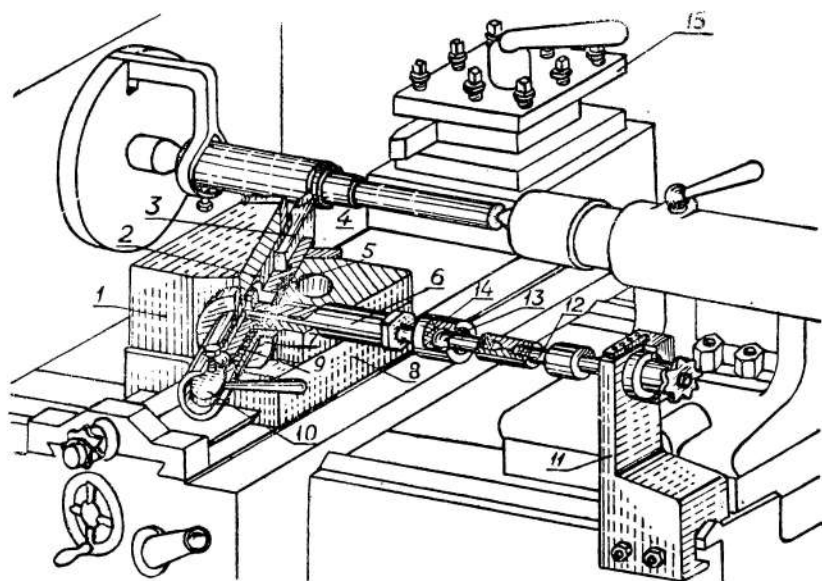
По иному пути пошел токарь-новатор Семинский. Ему приходится обтачивать многоступенчатые валы. В этом случае на обточку каждой ступени тратится очень мало времени.

Например, на обработку десятиступенчатого вала длиной 1800 мм с наибольшим диаметром ступени 60 мм и наименьшим — 40 мм при обтачивании с максимальным числом оборотов 1200 в минуту и подаче 0,5 мм/мин надо затратить всего 3 минуты, т. е. 15—18 секунд на каждую ступень. При такой быстроте обточки

невозможно точно по длине подрезать уступы. Токарю приходится прекращать машинную подачу и подрезать уступы вручную. В результате за смену Семинский изготовлял не более 8—10 таких валов.

Новатор разработал и изготовил копирное приспособление для полуавтоматической обточки ступенчатых валов. Корпус приспособления устанавливается на супорте станка. В корпусе находится ползун с резцом. На другом конце ползуна стержень, которым он под действием пружины упирается в копирную линейку (фиг. 124).

Сама копирная линейка крепится спереди станка. Она имеет



Фиг. 124. Копирное приспособление В. Семинского для полуавтоматической обточки многоступенчатых валов

1 — корпус приспособления; 2 — пиноль приспособления; 3 — резец; 4 — обрабатываемая деталь; 5 — сухарь; 6 — копир; 7 — стакан; 8 — подставка; 9 — пружина; 10 — эксцентрик; 11 — кронштейн; 12 — регулировочный винт; 13 — пята шарнира; 14 — корпус шарнира; 15 — задний резцедержатель для протачивания канавок и нарезания резьб

профиль ступенчатого вала. Когда стержень ползуна доходит до перепада ступеней и соскальзывает на следующую ступень, пружина молниеносно отводит резец до высоты очередной ступени.

Чтобы при этом резец не срезал уступа, Семинский помещает корпус приспособления под определенным углом к оси вала ( $75^\circ$ ). Благодаря этому резец отводится не под прямым углом, а немного вкось и назад. Но поскольку обточка ведется подрезным резцом, уступ будет иметь прямой угол,

Для точной установки вала один конец его помещают в самоцентрирующем патроне с пружинным упорным центром. Другой конец вала поджимают задним центром, установленным в пиноли задней бабки. Пиноль соединена с индикатором. При поджиме задним центром следят, чтобы стрелка индикатора остановилась на нуле.

Настройка первого вала занимает 5 минут. Зато все остальные валы устанавливаются без настройки, поджим пинолью ведется до того, как стрелка индикатора подойдет к нулю. Это обеспечивает одинаковую установку всех валов.

Применив это приспособление, Семинский снизил время обработки в десятки раз (за 53 минуты вместо 1 изготовлено 37 валов).

Приспособление применять тем выгоднее, чем больше ступеней имеет вал. Например, при 2-ступенчатом вале экономия в 1,5 раза, а при 7 ступенях — в 15 раз.

### УКРУПНЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Обрабатывать ступенчатый вал можно по-разному, в зависимости от того, сколько надо сделать этих валов.

Пройдемте в ремонтный цех и поглядим, как изготовляют там валы. Около токаря лежат отрезанные заготовки на три вала. Спрашиваем:

— Скажите, как вы будете обтачивать эти валы?

— Сначала обточу начерно, потом пачисто. Сделаю валик, за ним другой, третий...— отвечает токарь.

Теперь пойдем в другой цех, где такие же валики изготовляются по заказам сельского хозяйства как запасные части.

Около токаря на тумбочке лежит 20 заготовок. Задаем тот же вопрос.

— Как я обрабатываю валики? — переспрашивает токарь. — Сначала я протачиваю один диаметр у всех валиков, потом другой, третий и т. д. Так же веду чистовую обточку. Значит, каждый валик по несколько раз ставится на станок. В чем же тут выгода?

Каждая ступень обтачивается с наибольшей глубиной резания и подачей. Скорость тоже разная. Нужно станок перестраивать. Перехожу к чистовой обточке — опять подача и скорость другие. Снова перестройка.

Если работать, как ремонтники, то деталь поставишь на станок один раз, а переналадить станок надо несколько раз — и так для каждой детали! А при нашем способе — станок и инструмент настраиваешь не на одну штуку, а на всю партию. Настроишь — пропустишь все детали, потом перестроишь станок. Снова обточишь все детали и т. д. Тут выигрыш во времени в несколько раз.

Но это еще не все. Там работают как? Начиная каждую сту-



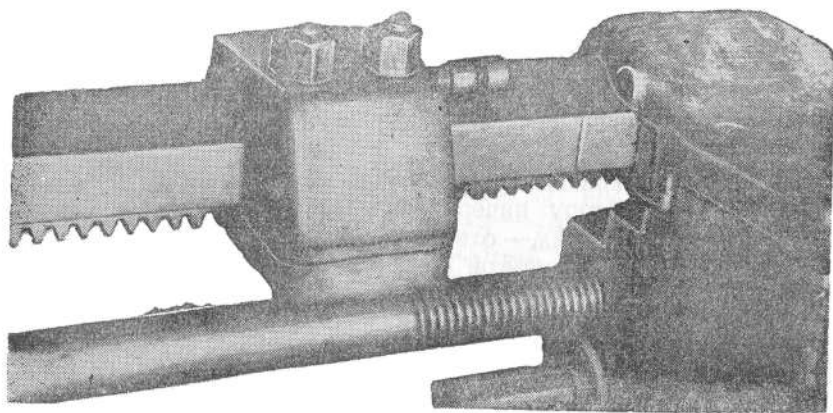
пень, берут пробную стружку, промеряют, устанавливают резец на глубину и точат деталь. И так каждый уступ у каждой детали.

А я устанавливаю резец для каждого размера один только раз — для первой детали.

Проточил часть вала или шейки — резец назад не отвожу. Осторожно снимаю вал, подаю супорт к задней бабке, не сдвигая резца в поперечном направлении. Ставлю новую деталь. Протачиваю снова, опять снимаю, отвожу супорт, не сдвигая резца, и т. д. Измеряю диаметр только у первой детали, остальные мерить мне не нужно. Как установил резец на стружку, так и гоню всю партию, пока резец не затупится.

А для того, чтобы не измерять ступени в длину, у меня на станке есть упор...

Что такое упор? Это — колодка с винтом, она крепится к станине станка. Для этого у упора есть зажимные болты. Когда упор закреплен на направляющих станины, его винт выдвигают навстречу движению супорта (фиг. 125а). Для точной установки у



Фиг. 125 а. Жесткий упор

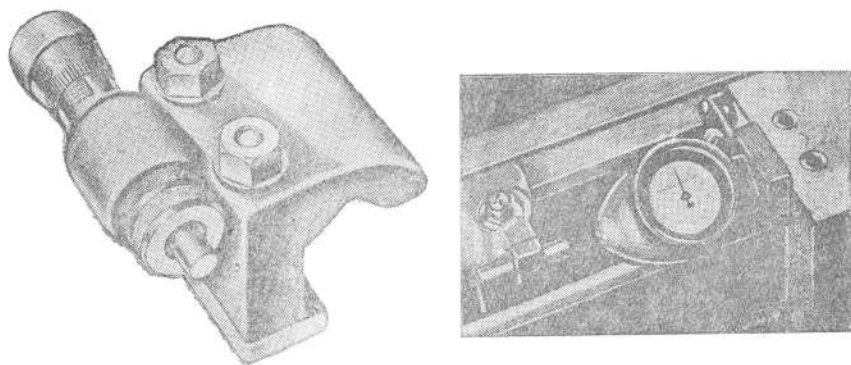
винта есть головка с кольцом, на котором нанесены деления. Когда супорт перемещается по направляющим станка, он доходит до упора. У станков 1А62, ДИПа и у некоторых других имеются механизмы автоматического останова. Достаточно супорту упереться во что-нибудь жесткое, как червяк, передающий движение от ходового вала, расцепляется с шестерней фартука и станок останавливается.

Упор устанавливают так. Обтачивают первую деталь без упора. В конце прохода останавливают супорт и подводят к нему упор. Упор закрепляют на станине и начинают вращать головку винта, пока винт не упрется в супорт. Когда головку винта нельзя

повернуть дальше двумя пальцами, выдвижение прекращают и закрепляют его в этом положении специальным болтом. После этого супорт отводят и начинают обтачивать следующую деталь.

Когда супорт дойдет снова до винта упора, он останавливается и резец проточит шейку такой же длины, как у первой промежуточной детали. Конечно, пружину у падающего червяка в фартуке надо отрегулировать так, чтобы червяк выключался при данном нажиме.

Для очень точной настройки упоры делают с микрометрическим винтом и индикатором (фиг. 125б). При наличии индикатора доводят супорт почти вплотную до упора (10—15 мм), а потом



Фиг. 125 б. Упоры с микрометрическим винтом и индикатором

выключают самоходную подачу и подают супорт вручную, следя за стрелкой на циферблате. Плавно повернув маховичок, надо слегка подстучивать по его рукоятке. Когда стрелка дошла до нужной величины, подачу прекращают. Таким способом можно получить очень точные размеры.

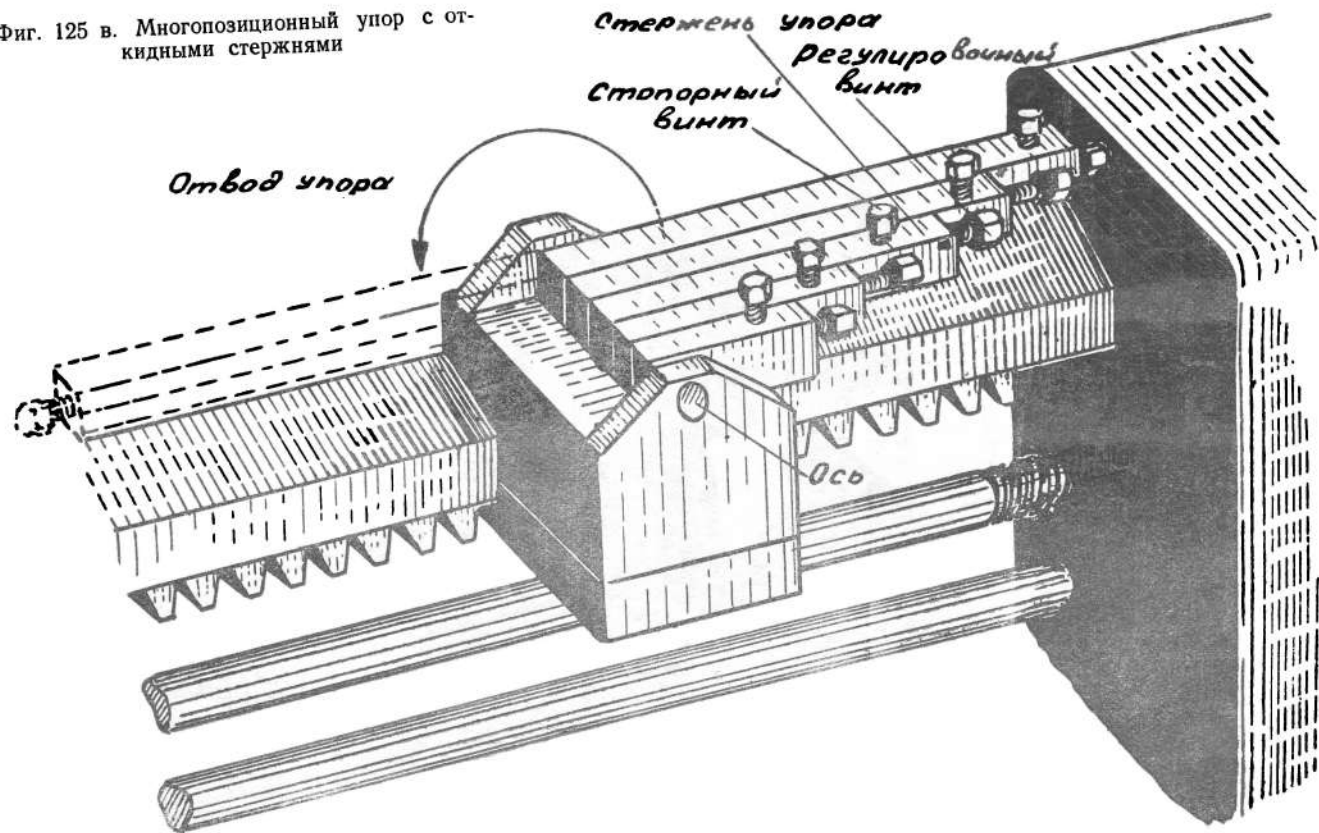
После этого мы идем в третий цех, где похожие валики изготавливаются в массовом порядке для сборки машин.

— У нас делается столько одинаковых деталей,— говорит нам один из токарей,— что обтачивание только одной ступени у всех валиков загружает целый станок. А другую ступень точим на другом станке.

Выходит, что один валик делается сразу на нескольких станках многими токарями. У каждого станок настроен только на один размер. Работа очень простая. Можно поставить человека к станку и быстро обучить его работе. Только на несколько станков требуется один квалифицированный токарь-наладчик: налаживать станки, помогать ставить резцы на нужный размер.

После этого мы прошли еще в один цех. Сходные ступенчатые валики лежали около токарных станков. Их было штук 100—120. В этом цехе так же, как и во втором, велась работа партиями, т. е.

Фиг. 125 в. Многопозиционный упор с откидными стержнями



одновременно выдавалось на обработку некоторое количество одинаковых деталей.

Однако сразу бросалась в глаза разница в методах работы: во втором цехе у всех деталей обтачивалась одна ступень, затем переналаживался станок, и у всех деталей обтачивалась другая поверхность. Деталь была готова только тогда, когда сделана вся партия, обработаны все детали.

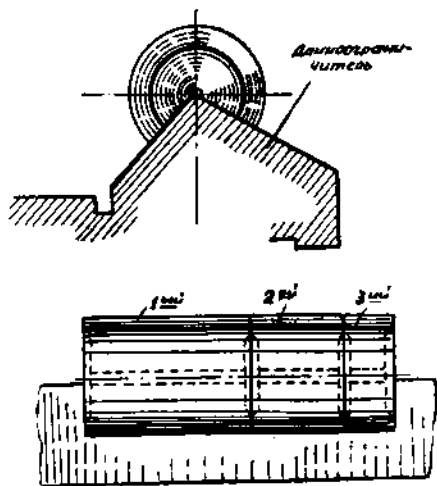
Здесь же наблюдалось другое. Каждая деталь обтачивалась с начала до конца, и только после этого начиналась обработка второй детали. Похоже было на то, как изготовляли детали в первом, ремонтном цехе. Однако один из токарей применял упоры, а у другого обточка велась по копиру. Вот что рассказали токари.

— У нас применяются сменные упоры, — сказал один. — У меня на станке сейчас сделано так: вместо одного упора крепится сразу к станине 5—6 упорных стержней (фиг. 125в). Каждый из них настраивается на длину определенного прохода резца. Допустим, дошел супорт до самого длинного упора, обработал первую ступень вала. После этого упор откидывается в сторону и супорт подают дальше до следующего упора. Здесь заканчивается обточка второй ступени. Снова откидываю упор и подаю супорт до третьего упора и т. д.

Вместо откидных упоров мы применяем также мерные плитки или длинноограничители. Устанавливают их между жестким упором и супортом.

Длинноограничители сделаны в виде цилиндров определенной длины с выемкой по форме направляющей станины. Надо только иметь набор ограничителей разной длины. Тогда, в зависимости от длины ступеней валика перед упором надо поставить несколько ограничителей. После обточки ступени один или несколько ограничителей снимают и супорт подают до следующих ограничителей, и так до конца всего ряда, вплоть до жесткого упора (фиг. 125г).

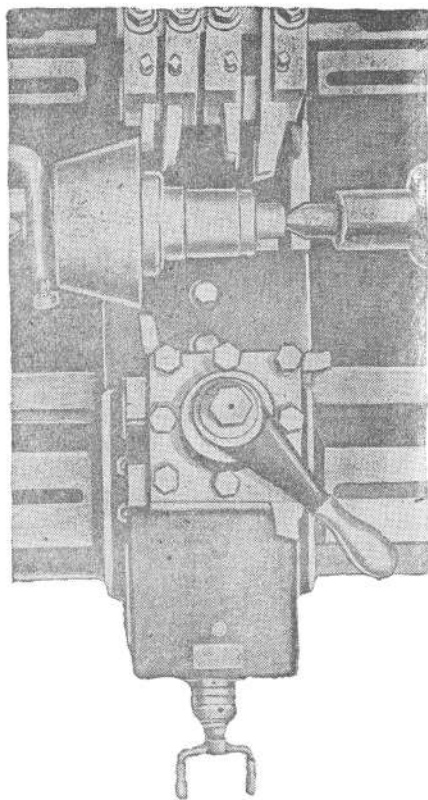
Значит, вместо того, чтобы протачивать у каждой детали по одной ступени, можно сразу обточить деталь по всей длине, а потом так же обработать другую деталь. Количество установок сразу уменьшается. Выходит, что работаем, как в первом цехе, а разница-то какая! Не надо измерять детали. Работа идет быстро, и



Фиг. 125 г. Длинноограничители

квалификация у токаря может быть не такая высокая, настройку по упорам он делает под руководством мастера или бригадира.

Так же помогает зарядка резцедержателя всем необходимым. Весь инструмент можно установить заранее и не менять резцы и сверла во время работы. Очень удобен задний супорт. Его ставят на поперечных салазках с задней стороны станка. У него только поперечное движение. В нем можно закрепить подрезные, отрезные и фасонные резцы. Вращая рукоятку поперечной подачи на себя, подаем задний супорт на деталь (фиг. 126а).



Фиг. 126 а. Работа заднего супорта

В этом цехе можно увидеть и другие приемы работы. На одном станке, при помощи приспособления Семинского для полуавтоматического обтачивания ступенчатых валиков, токарь обтачивает деталь сразу сначала и до конца.

Нашел здесь применение и метод Лакура. Кроме того, на станке установлен лимб для отсчета продольной подачи. Основную его часть составляет мерный диск, который при движении супорта катится по боковой части станины. При этом стрелка лимба перемещается и показывает пройденный супортом путь (см. фиг. 126б). Пользуясь им, токарь, обточив ступень, подрезает уступ и переходит к следующей ступени (см. стр. 240). Начав точить, он не отводит резца, пока не закончит обработку детали.

На все большем количестве станков начинают применяться пневматические патроны, в которых для сближения кулачков используется воздух, подаваемый под давлением. Зажатие деталей происходит быстро и

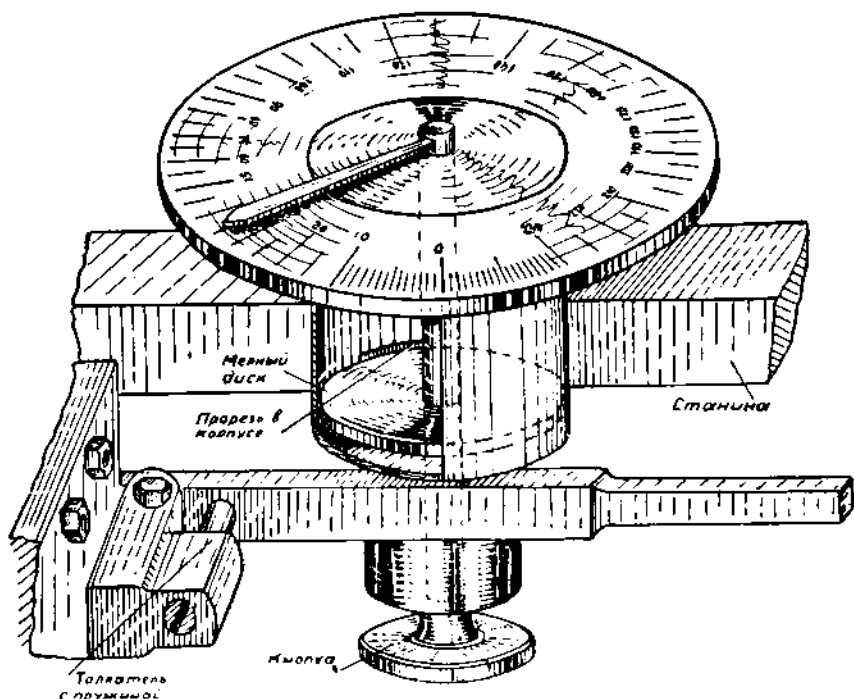
экономится много времени на установку детали. Общий вид приспособления показан на фиг. 125в.

Какие же выводы мы сделаем? Организовать работу можно по-разному, в зависимости от числа деталей и от характера самой работы.

Первый способ (в ремонтном цехе) — это обычная работа, когда изготавливается одна, две, три детали (единичное производство).

Здесь все операции соединены вместе, способ этот называют укрупненным. Вся работа делается на обычном токарном станке, с небольшим количеством перестановок детали. Зато много раз приходится переставлять резцы и измерять деталь.

Второй способ (цех запчастей) — это разукрупнение, расчленение операций. Этим способом пользуются многие передовые токари и добиваются хороших результатов. Для него надо, чтобы количество деталей было не очень мало (серийное производство).



Фиг. 126 б. Лимб продольной подачи

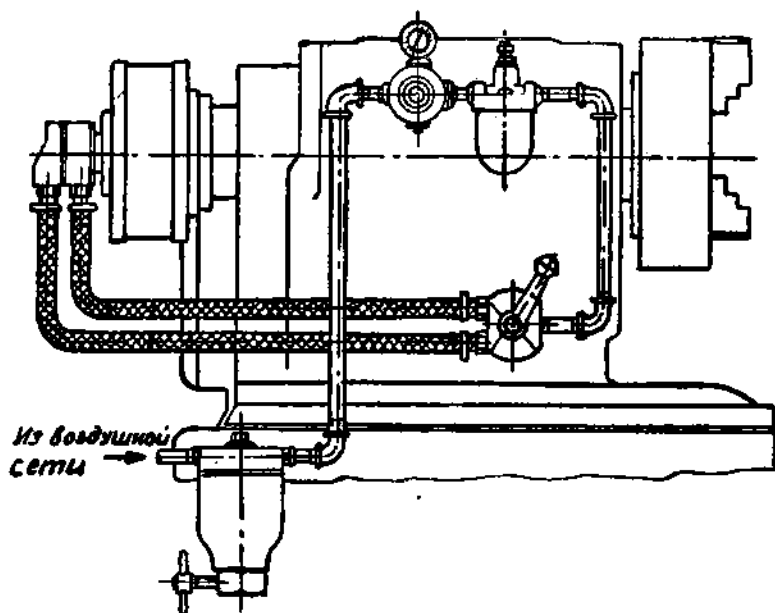
Если деталей еще больше, то от этого способа переходим к способу, которым работают в третьем цехе (массовое производство). Здесь обработку не только расчленили на части, но и каждую отдельную часть выполняют на отдельном станке.

Это еще более расчлененный дифференцированный способ.

Можно сделать еще шаг вперед — механизировать и частично автоматизировать работу. Станок оснащают сменными упорами, револьверными головками, копирными устройствами и лимбами. Операции опять соединяются. Это тоже укрупненный способ, но более совершенный, **концентрированный** (концентрация — сосре-

доточение обработки). Он может применяться в серийном, в массовом, а иногда и в единичном производствах.

Каждый токарь должен стремиться работать самым произво-



Фиг. 126 в. Пневмопатрон

дительным способом. Наименее производителен простой укрупненный способ. Разукрупнение операций сразу дает повышение выработки. Еще лучше, если можно провести концентрацию операций на базе механизации и автоматизации.

## ГЛАВА II. ОБРАБОТКА ВТУЛОК, ФЛАНЦЕВ, ШЕСТЕРЕН

Детали, у которых обрабатываются отверстия и наружная поверхность, встречаются в практике токаря еще чаще, чем валы. У втулок, подшипников, гильз и т. п. длина детали примерно равна ее диаметру. У дисков, фланцев, колес, шкивов, маховиков, колец диаметр намного больше длины. У вала с отверстием, наоборот, длина много больше диаметра. Это как бы длинная втулка.

Для всех этих деталей характерно одно: их надо обработать изнутри и снаружи, т. е. сделать отверстие, обточить сверху и с торцов.

Главное условие, которое должен выполнить токарь, это обеспечить концентричность наружных и внутренних поверхностей обработки и перпендикулярность к ним торцов.

### ДВА СПОСОБА ОБРАБОТКИ

Как же обеспечить, чтобы у всех цилиндрических поверхностей — наружных и внутренних была одна ось?

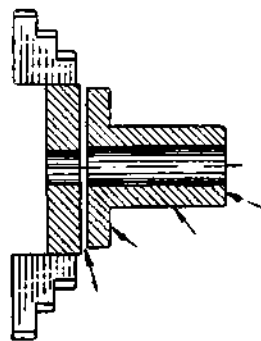
Самый простой способ — это обработать все поверхности с одной установки.

На фиг. 127а показана обточка чугунной втулки, отлитой с большим фланцем. Заготовка отлита с некоторым избытком материала по длине, который потом отрезают.

Допустим, созданы все условия: шпиндель нормально вращается, патрон хорошо центрирует, выверен и отбалансирован, заготовка имеет одинаковую толщину припуска, материал однородный. Тогда концентричность будет достигнута.

Но, к сожалению, далеко не все детали можно обрабатывать с одной установки. Так, как мы говорили, можно вытачивать детали из прутка, или заготовки с припуском на отрезку, да и то только в том случае, если у отрезанной стороны торец не должен быть чисто обработан.

Чаще всего форма детали требует ее

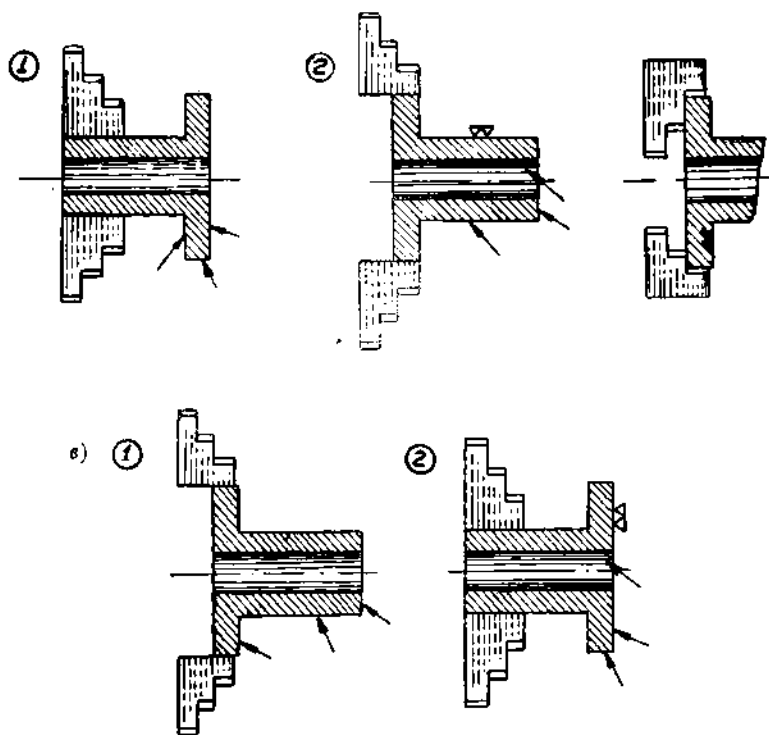


Фиг. 127 а. Обработка втулки с одной установки



перестановки. Приходится деталь обрабатывать сначала с одной, а потом с другой стороны. Значит, нужно самое меньшее две установки, а иногда и больше. Как же обеспечить concentricity?

На практике применяют два способа: сначала обрабатывают наружную поверхность, а потом внутреннюю — это будет работа



Фиг. 127 б, в. Обработка втулки с двух установок (от наружной базовой поверхности):

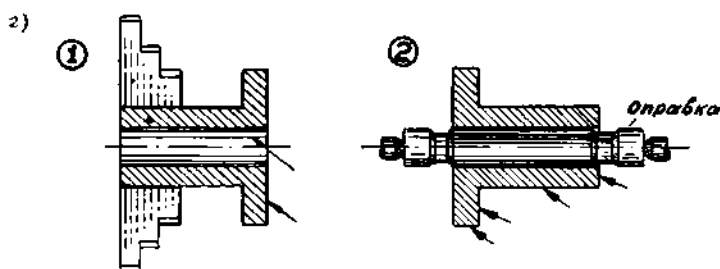
б — обработка посадочной втулки; в — обработка опорной втулки

от наружной поверхности. При другом способе сначала делают отверстие, а затем обтачивают деталь поверху. Это будет работа от отверстия.

При первом способе предварительно обтачивают менее важную поверхность. В следующей, главной установке деталь зажимают в кулачках патрона за обработанную наружную поверхность и проводят обточку всех основных поверхностей детали за одну установку. Наша втулка может быть обработана так, как показано на фиг. 127 б, в.

При другом способе (работа от отверстия) сначала изготовляют начисто отверстия, а потом пользуются отверстием для крепления детали, насаживая ее на оправку (фиг. 127г).

Какой же из этих методов более удобный?



Фиг. 127 г. Обработка втулки с двух установок (от базового отверстия)

Оправка ускоряет работу. Установить деталь на оправке обычно проще, чем в патроне. Пока одна деталь обрабатывается на станке, другую деталь токарь насаживает на оправку. Кроме того на оправку можно насадить несколько одинаковых деталей и обточить их сразу.

## ОПРАВКИ

Наиболее удобны консольные шпиндельные оправки (см. фиг. 128 г, д). Такая оправка устанавливается не в центрах, а крепится одним концом в конусном отверстии шпинделя или прикреплается к планшайбе, навернутой на резьбу шпинделя.

Преимущества этих оправок — небольшие затраты времени на установку, закрепление и снятие детали. Можно не только обтачивать деталь поверху, но и подрезать у нее торец. Благодаря постоянному положению детали на оправке можно применять при обточке упоры и лимбы.

На практике используется много различных оправок. Уметь подобрать оправку должен каждый токарь.

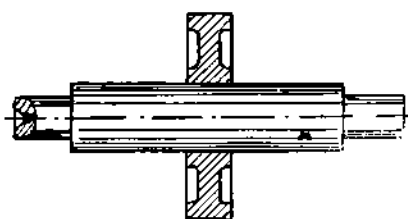
Самые простые — это жесткие конусные оправки (фиг. 128а). Гладко обточенный валик оправки делается с очень малой конусностью (обычно 1/2000).

Надев деталь, ударяют оправку большим конусом о деревянную подкладку. Деталь заклинивается. Ее удерживает теперь сила трения.

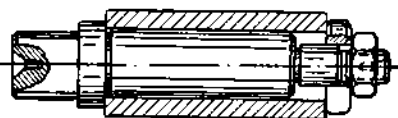
Для очень больших отверстий оправки делают сварными.

Эти оправки хорошо центрируют, но слабо держат, поэтому

они не годятся для обдирочного и чернового точения. Их применяют для чистовой обработки. Негодны они также для работы с настройкой по упорам. В зависимости от силы запрессовки деталь на оправке сдвигается больше или меньше вдоль оси.



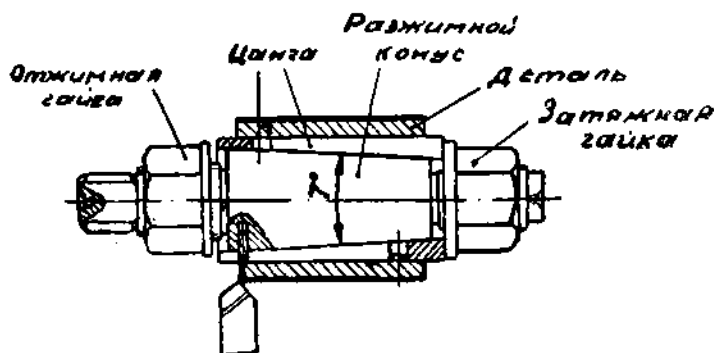
Фиг. 128 а. Конусная оправка



Фиг. 128 б. Цилиндрическая оправка с затяжной гайкой

Чтобы этого не было, делают оправки с буртиком и затяжной гайкой (фиг. 128б). Деталь свободно надевается на оправку. После этого гайку затягивают.

Применяются оправки и с прессовой посадкой деталей. У такой оправки есть направляющая часть под прессовую посадку. Деталь надвигается на нее давлением пресса. Получается натяг,

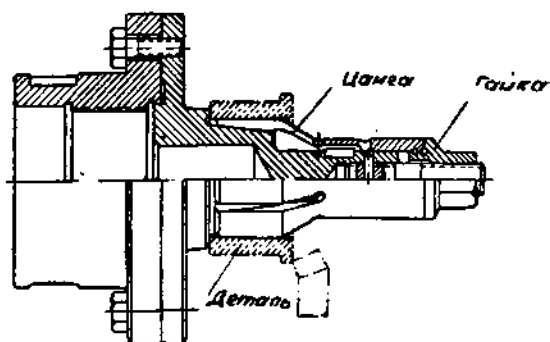


Фиг. 128 в. Цанговая оправка

который удерживает деталь от проворачивания. Такие оправки удобны тем, что на них можно подрезать торцы детали. Для этого между рабочей и направляющей частями сделана выемка для выхода резца (см. на фиг. 127г). Весьма распространены цанговые оправки. Основные части такой оправки — разжимной конус и цанга (пружинящая втулка). Цанга имеет несколько продольных прорезей. Она закалена и поэтому пружинит.

Цангу надевают на разжимной конус оправки. А затем ее вво-

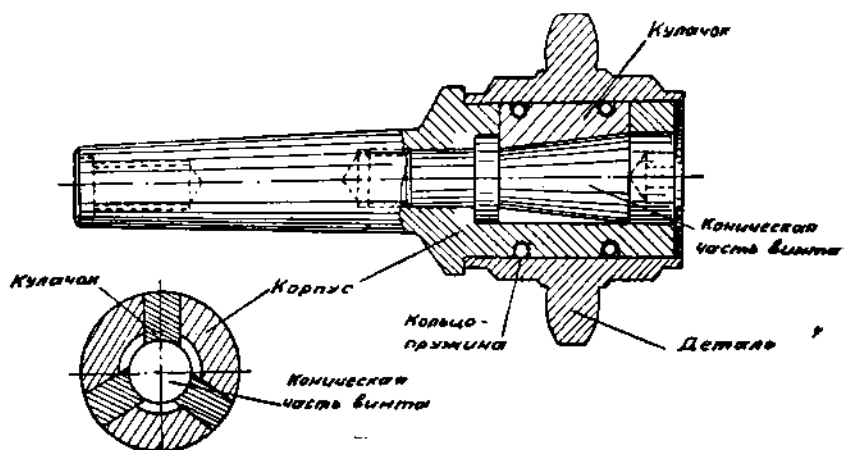
дят в отверстие детали. Если теперь затягивать правую гайку оправки (фиг. 128в), то она будет надвигать цангу на разжимной конус. Цанга будет расширяться и зажмет деталь изнутри.



Фиг. 128 г. Шпиндельная цанговая оправка

Левая гайка служит для того, чтобы вытолкнуть цангу. Навинчивая ее на оправку, мы заставим цангу сойти с конуса оправки и освободить деталь.

На следующем рисунке (фиг. 128г) показана оправка жесткой конструкции. У нее длинная, хорошо пружинящая цанга. Деталь



Фиг. 128 д. Шпиндельная кулачковая оправка

зажимается близко от шпинделя, что обеспечивает жесткость крепления. Деталь упирается в бурт. Это позволяет делать точную подрезку торцов по усрам.

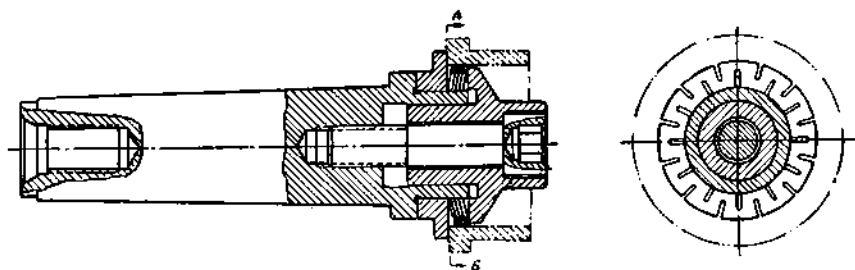
Простая и удобная оправка представлена на фигуре 128д. Это тоже шпиндельная оправка, но не цанговая, а раздвижная, кулач-

надежность крепления, сколько точность центрирования, быстрота зажима, сокращение времени на установку и снятие детали. Такие оправки созданы.

На фиг. 129 а показана роликовая самозажимная оправка. Она состоит из корпуса, передняя часть которого имеет форму трехгранника. На него насажена втулка, имеющая три паза. В них находятся закаленные шлифованные ролики. Наружный диаметр втулки сделан по размеру диаметра отверстия детали.

Перед установкой детали надо повернуть втулку против часовой стрелки и надеть на нее деталь. После этого пружина, помещенная в круговом пазу корпуса оправки, повернет втулку по часовой стрелке. Плоскости трехгранника будут давить на ролики и заставят их выдвигаться в пазах втулки. Деталь, надетая на втулку, будет роликами заклинена.

Усилие зажима будет увеличиваться под действием сил резания. Для того, чтобы снять деталь, надо снова повернуть втулку



Фиг. 129 б. Оправка с тарельчатыми пружинами

против часовой стрелки. Ролики задвинутся в пазы, и деталь будет свободна. На фиг. 129 б изображена оправка с тарельчатыми пружинами. При завинчивании болта тарелки сплющиваются, наружный диаметр их увеличивается, и обрабатываемая деталь зажимается. Имеется много других конструкций оправок — с гидропластом, с чашечными мембранами, с резиной.

## ОБРАБОТКА СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ. РАЗУКРУПНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ

Вспомним, что говорилось вначале: основное правило — изготовлять деталь с отверстием и точными наружными поверхностями в 2—3 установках, а еще лучше с одной установкой.

Но что при этом получается?

Обработку с одной-двух установок всю деталь — это значит, не снимая ее со станка, выполнить все переходы. Тут может потребоваться такое количество инструментов, что их невозможно будет закрепить все в резцедержателе.

Работать по упорам трудно, так как слишком много уступов. Необходимо все время переключать скорости шпинделя и величину подачи. Иначе придется все проходы делать с одним и тем же числом оборотов. А это невыгодно. Пришлось бы все поверхности обрабатывать, равняясь на переход с наименьшей скоростью резания.

Значит, если мы хотим работать производительно и снимать стружку на наибольших скоростях и подачах, приходится все время менять настройку станка.

Но самое неприятное впереди!

Подводя резец, надо каждый раз «нащупать» размер, взять пробную стружку, промерить деталь и только после этого начинать точить. Надо вести все время измерение. Запомнить большое количество размеров трудно. Хочешь — не хочешь, а приходится поминутно смотреть на чертеж. Подсчитали, что на все вспомогательные работы уходит до 60—70% времени.

Не один передовой токарь задумывался над тем, как ускорить обработку. Выход был в разукрупнении операций, в том, чтобы вести обработку по переходам: точить у всех деталей сначала одну поверхность, затем, перенастроив станок, другую и т. д.

Но тогда увеличится количество установок! Как же быть с правилом: обрабатывать все с 1—2 установок? Как добиться точности, концентричности?

Да кроме того, большое количество установок вызовет большие затраты времени на установку, на крепление, на снятие деталей со станка. Как быть с этим?

Вот какие вопросы возникали перед теми, чья пытливая мысль искала новых путей...

И они рискнули — токарь Павел Быков с Московского завода шлифовальных станков, токарь Давыдов с Тульского машиностроительного завода и многие другие.

Во-первых, надо было хорошо продумывать расчленение обработки. Во-вторых, нужно было отладить станок и приспособления так, чтобы и при многократных установках точность не терялась.

В-третьих, надо было отработать движения рук и корпуса, чтобы многочисленные перестановки деталей не отнимали много времени.\*

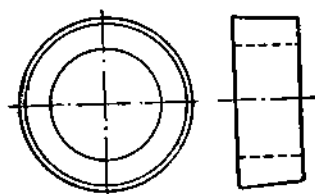
Вот, к примеру, как передовой токарь Давыдов построил процесс обработки седла клапана насоса (фиг. 130). По старой заводской технологии вся обработка велась с 2 установок. Давыдов стал обрабатывать седло в 4 установки.

Что же он выгадал?

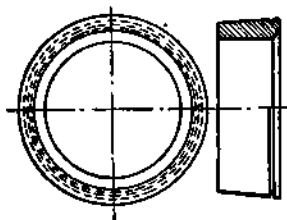
Станок и инструмент настраиваются теперь не для каждой детали, а на партию деталей.

---

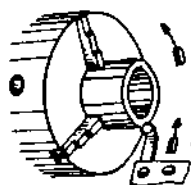
\* Сравните с тем, что говорилось о разукрупнении операций на обработке валов.



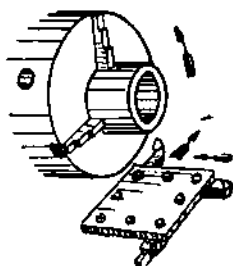
Заготовка седла клапана



Седло клапана насоса



1-я операция  
а) Подрезка торца; б) расточка отверстия; в) расточка гнезда под углом  $25^\circ$



2-я операция  
а) Подрезка второго торца; б) обточка наружного конуса; в) выточка канавки; г) обточка буртика

Старый процесс

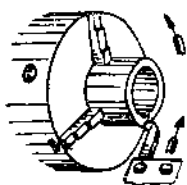
Фиг. 130. Разукрупнение операций. Опыт работы передового токаря Давыдова.

Сократились во много раз измерения. Диаметр детали определяется величиной вылета резца. Его устанавливают только для первой детали. Остальные детали, не переставляя резца, точат без замеров. Стали применять упоры.

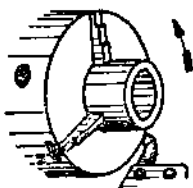
Что касается затраты времени на установку деталей, то оно даже уменьшилось. Благодаря применению оправки крепление детали делается во время точения. Надо только иметь две оправки: пока одна на станке, на другую насаживается новая деталь.

Увеличились скорости резания и подачи. Для каждой операции они теперь разные. В итоге вместо 4 штук деталей, которые Давыдов делал раньше, он стал обрабатывать за смену 25 штук.

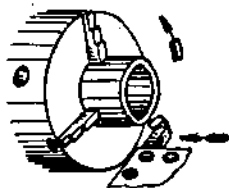
Еще дальше по пути разукрупнения операций пошел токарноватор Быков. Вместо двух-трех установок по заводской технологии он делает 8—9 установок. Зато, если раньше на каждую



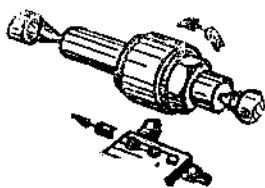
1-я операция  
а) Подрезка торца; б) расточка  
отверстия



2-я операция  
а) Подрезка второго торца



3-я операция  
а) Расточка гнезда под углом  $25^\circ$



4-я операция  
а) Обточка наружного конуса;  
б) обточка буртика; в) выточка  
канавки

### Обработка седла клапана

операцию приходилось 5—8 переходов, у него их на каждую операцию не более 1—2.

На фиг. 131 показано, как Быков обрабатывает сложный фланец. Фланец обтачивался в 3 операции (третья — нарезание резьбы). Не меняя третьей операции, Быков первые две разбил на семь операций.

Разукрупнение операций позволяет Быкову широко применять работу по упорам. При этом кроме упоров в продольном направлении (о них говорилось в главе «обработка валов») он применяет также упоры для поперечной подачи. Это помогает ему выдерживать не только точные длины, но и точные диаметры.

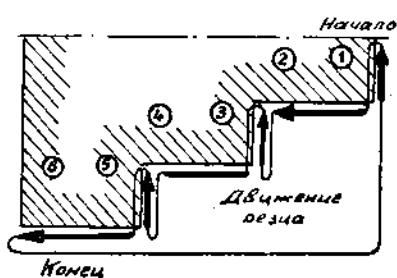
В результате по сравнению с обычным способом работы с промерами деталей в десятки раз сокращается число замеров. Изживается брак, детали получаются взаимозаменяемыми. Если при обработке с одной установки нескольких ступеней



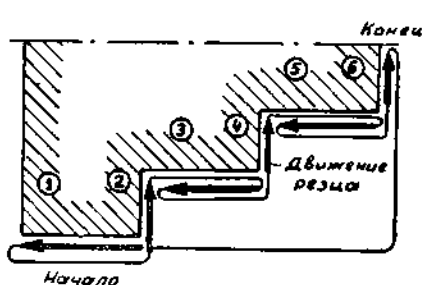
Каждый токарь знает, как медленно подается при этом супорт вперед или назад. То ли дело маховичок продольной подачи! За один оборот его можно далеко продвинуть супорт.

Нельзя ли работу рукоятки поперечной подачи передать маховичку? — думал Борткевич. — Сделать холостые хода не поперечными, а продольными? Оказывается, можно.

Борткевич построил свою работу так (фиг. 132 б). Сначала обточка последней ступени. Потом подача супорта назад, вправо



Фиг. 132 а. Обычный способ обтачивания ступенчатой детали

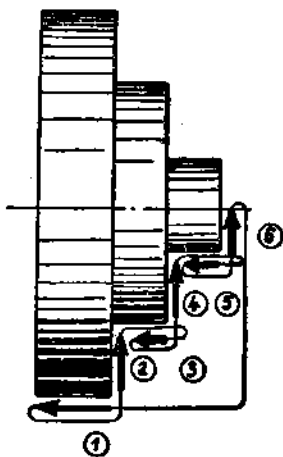


Фиг. 132 б. Обратный порядок движений резца при обтачивании ступенчатой детали

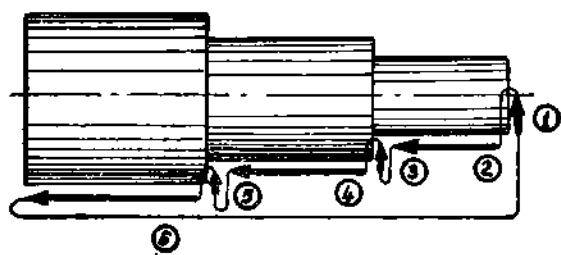
(холостой продольный ход). Затем подрезка торца. За ней отвод резца вправо — снова холостой продольный ход. Теперь обточка второй ступени и опять подача супорта вправо — третий холостой продольный ход. Опять подрезка уступа, обточка и снова подрезка.

Вместо двух поперечных холостых пробогов на каждую ступень — два продольных хода, на которые затрачивается меньше времени.

Да, мысль свежая! Этот способ полез-



Фиг. 132 в. На таких деталях Борткевич применяет обратный порядок обхода детали резцом.



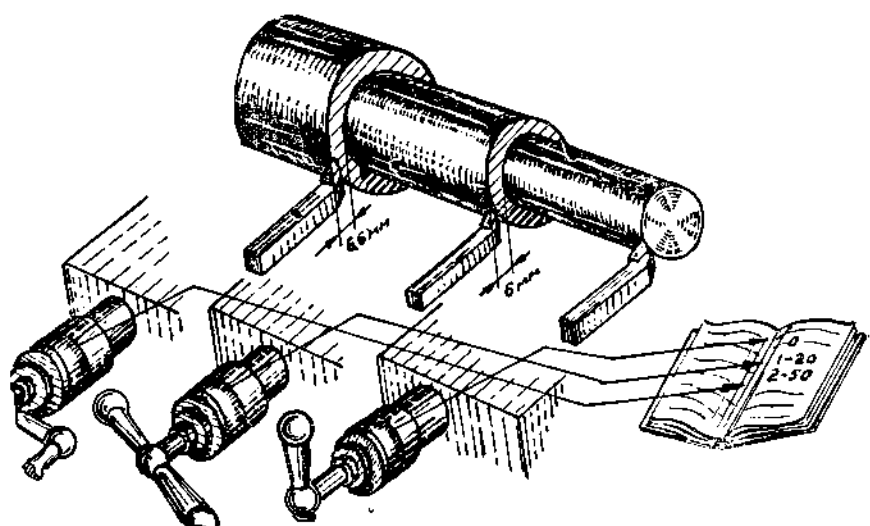
Фиг. 132 г. На таких деталях Борткевич применяет прямой порядок обхода детали резцом

но применять тогда, когда торцовые поверхности большие, диаметры больше длин (фиг. 132 в)\*.

Еще один прием применил Борткевич для сокращения вспомогательного времени.

При обточке многоступенчатой детали, если не пользоваться поперечными упорами, установку резца лучше всего вести по лимбу.

Но размеры уступов запомнить трудно и заглядывать в чертеж поминутно тоже неудобно. Борткевич стал записывать на



Фиг. 133. Подвод и отвод резца по лимбу

листке бумаги цифры делений на лимбе при обточке первой детали (фиг. 133). Следующую деталь он точит, не заглядывая в чертеж, и установка резца на размер идет быстро, почти автоматически.

Такой же лимб имеется на станке Борткевича на маховичке продольной подачи. Он пользуется им вместо продольных упоров и измерений длин.

### ЧТО ЖЕ ЛУЧШЕ?

Подобно Павлу Быкову, Борткевич замечательно владеет токарным мастерством. Как и Быков, он подлинный новатор — человек, который ищет и находит новые передовые способы работы.

\* Сравните фиг. 132 г, где показан случай, когда Борткевич сохраняет обычный способ, с приемами работы гг. Лакура и Воробьева (фиг. 123 а), и вы увидите, что здесь они пошли дальше Борткевича.

Но поиски высокой производительности идут у него по другому пути, чем у Быкова.

Здесь мы подходим к самому интересному в работе обоих прославленных токарей.

Что делает Быков, приступая к работе?

Он разделяет ее на ряд операций. Он разукрупняет. Вместо обычных 2—3 операций у него 7—9 операций. Каждую проводит он на наивысшей возможной скорости и подаче. Чтобы избежать промеров, пользуется упорами.

Две опасности подстерегали его — потеря точности и большая затрата времени на частую перестановку деталей. Тщательно заботясь о патроне, применяя расточенные кулачки и прочее, он избежал первой опасности. Ежедневной тренировкой довел время на перестановку и крепление деталей до самой малой величины.

По другому пути пошел Борткевич. Это путь укрупнения, соединения операций. Он обрабатывает деталь, не снимая ее со станка. Самое большое — одна перестановка (фиг. 134).

Он сжимает до предела время на установку и снятие детали. Его метод крепления детали прост. Его оправку критиковали, находя примитивной, но она дает нужную точность. Когда понадобилось усилить зажим, он поставил наряду с оправкой трехкулачковый патрон (см. фиг. 134). По теории выходило, что нельзя крепить одновременно по отверстию и по наружной поверхности. Он доказал, что отклонение ничтожно. Им можно пренебречь.

Он применяет резец, который может одновременно работать как подрезной и как проходной. Этим он свел перестановку резцов до минимума.

Он искал и нашел самые короткие пути обхода детали резцом. Он вывернул наизнанку обычный порядок: у него обратный маршрут резца (см. фиг. 132 б).

Как и Быков, он не промеряет детали во время обработки (кроме первой). Но он противник упоров. Они отнимают много драгоценного времени на настройку. Он воспользовался лимбами для поперечного и продольного резцов. По их показаниям он ведет обработку.

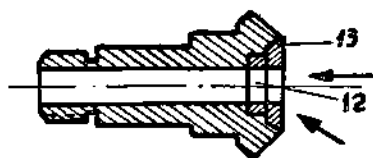
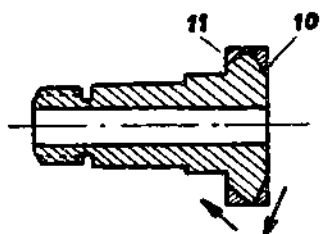
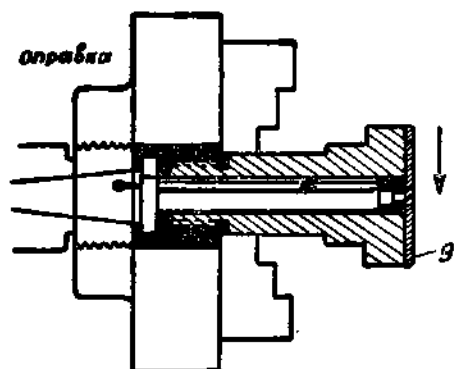
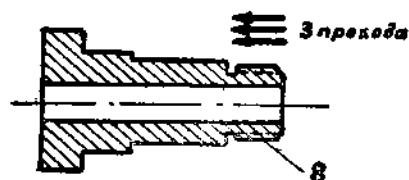
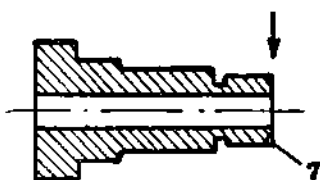
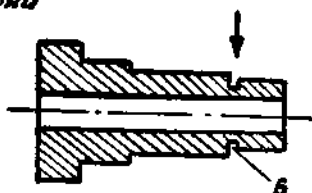
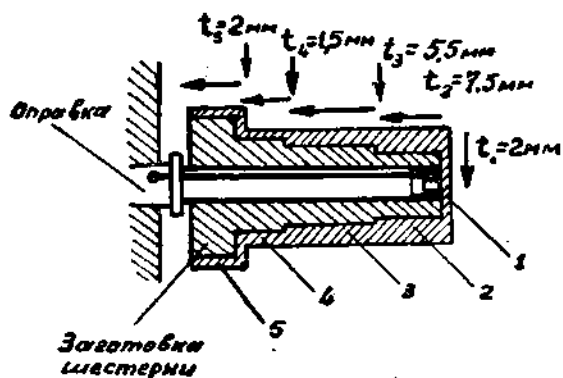
Как и Быков, он отработал свои движения и, трудясь ритмично, делает одну деталь за другой в равные промежутки времени.

Он работает на самых высоких оборотах станка, обычно не меняя числа оборотов во время обточки разных ступеней.

Теряет ли он на этом? Ведь Быков для каждого перехода устанавливает свой режим, меняя числа оборотов и подачу.

Борткевич рассуждает так: при современных, огромных скоростях резания время точения бывает часто очень мало, а перестановка рычагов на коробках скоростей и подач отнимает минуты и секунды. Теряя на первом, можно сэкономить на втором.

Кроме того короткие пробеги резец может делать с большой перегрузкой, с повышенной скоростью. Значит, можно найти та-



Фиг. 134. Укрупнение операций. Опыт работы Г. Борткевича. Обточка шестерни. Последовательность обработки указана цифрами, направление движения инструмента — стрелками.

кое число оборотов, которое даст высокие скорости почти для всех поверхностей. И Борткевич первый из токарей перешагнул за скорость резания 600—700 метров в минуту. А теперь и Быков работает на скоростях иной раз выше 3000 метров.

Вот два токаря — Быков и Борткевич. К одной цели они идут разными, зачастую прямо противоположными путями.

И оба одерживают победу. За образцы высокопроизводительной, скоростной работы Правительство обоим присвоило почетное звание лауреата Сталинской премии.

— А как же все-таки работать? — спросит молодой токарь. — Как Быков или как Борткевич? С укрупнением или разукрупнением операций?

И у Борткевича и у Быкова много сторонников. Одни высказываются за один метод, другие восхваляют второй. Но все же ответить можно так: при обработке крупных деталей с большим временем точения надо применять разукрупнение операций.\*. Работать «по-быковски» с настройкой станка по упорам, с переменной скоростей и подач.

На обработке мелких и средних деталей с небольшим временем обточки — работать, как Борткевич, — по лимбам, на наивысшем числе оборотов, с наименьшим числом перестановок детали.

Следует учитывать и величину обрабатываемой партии. Быков обычно обрабатывает партию из 20—50 деталей, Борткевич меньше — 10—15 штук.

Часто можно применять и тот и другой способ. Даже на одной и той же детали можно часть операций расчленить, а часть провести вместе, как подскажет обработка.

И Борткевич и Быков хорошо понимают особенности своих методов. На одном совещании, где московские токари слушали доклад своего ленинградского товарища Борткевича, москвич Павел Быков сказал:

— В своей работе я применяю методы, непохожие на методы Борткевича. Для обмена опытом, чтобы выяснить лучший способ работы, я вызываю Борткевича на соревнование. Будем обрабатывать сходные детали и сравнивать результаты. Я уверен, что это послужит на пользу нашему общему делу.

Борткевич принял вызов Павла Быкова. Спор двух методов, соревнование двух замечательных токарей продолжается.

---

\* На обработке очень крупных и тяжелых деталей приходится, однако, укрупнять операции, так как частая перестановка таких деталей невыгодна. Напротив, при обточке очень мелких деталей хорошо помогает работа по упорам.

### ГЛАВА III. ОБРАБОТКА МНОГООСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

У втулок и валов одно общее: у любой детали только одна ось вращения.

А есть детали многоосные. Приходится у них обрабатывать поверхности, оси которых не совпадают и не лежат на одной прямой.

Тут может быть несколько случаев. Если оси параллельны, то такие детали называются эксцентриковыми. К ним относятся и коленчатые валы. Шатунные и коренные шейки коленчатых валов параллельны, но не лежат на одной оси.

У других деталей типа крестовин и арматуры оси перпендикулярны либо пересекаются под разными углами.

Есть еще рычаги. Что такое рычаг с точки зрения токаря? Несколько втулок, соединенных стержнями. Стержни обычно не обрабатываются или обрабатываются с пониженной точностью.

Со всеми этими деталями токарю приходится встречаться на практике. Самое главное в их обработке — правильная установка на станке. Надо выдержать расстояние между осями, получить параллельность осей или нужный угол между ними. Достигается это разметкой и точной выверкой при креплении, либо установкой детали в специальном приспособлении.

Первое делается обычно при штучном изготовлении. Второе — в крупно-серийном и массовом производстве, т. е. когда изготавливается много одинаковых деталей.

#### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ ВТУЛКИ

Возьмем эксцентриковую втулку (фиг. 135 а). У нашей втулки фланец и отверстие имеют одну ось. А ступица втулки другую. Расстояние между обеими осями называется эксцентриситетом. Обычно обработка такой эксцентриковой детали делается в две установки.

Первая установка: втулка крепится в четырехкулачковом патроне за ступицу. Действуем по правилу: **вначале обрабатывать крупные диаметры.**

Поступать так надо из предосторожности. Если расточить сначала отверстие, а потом обработать фланец, то, обтачивая поверх-

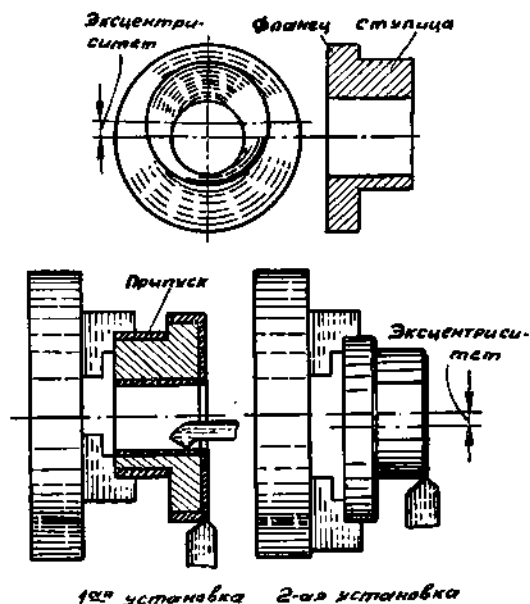
ность, отстоящую далеко от центра, легко деталь сбить с установки. Когда деталь уже обточена, исправить это трудно. Поэтому лучше поступать наоборот, переходя от больших диаметров к меньшим.

Итак, обтачиваем фланец поверху и с торца, а затем растачиваем и отделяем отверстие.

Потом деталь перевортываем и крепим за обработанный фланец. Тут кулачки патрона придется раздвинуть по-разному. Втулку надо установить со смещением против первой оси.

Подводим задний центр. Прикладываем линейку к отверстию и прикидываем смещение центра отверстия. Если установка правильная, можно взять небольшую стружку по краю ступицы и промерить смещение более точно.

Еще лучше, если есть индикатор. Прижимаем кнопку к обработанной поверхности отверстия. Медленно поворачиваем деталь. Стрелка индикатора качнется. Отверстие «бьет». Биение будет тем больше, чем больше эксцентриситет. Надо взять разницу двух



Фиг. 135 а. Обработка эксцентриковой втулки

крайних показаний индикатора. Она будет равна, если деталь установлена правильно, двойной величине эксцентриситета.

Убедившись, что деталь установлена верно, осторожно, чтобы не сбить установку, затягиваем кулачки патрона.

Можно поступить и иначе. Если деталей много, изготовить специальную оправку. После обработки фланца и отверстия посадить деталь на оправку и обточить ступицу втулки.

На фиг. 135 б показана простая шпиндельная оправка. Ее рабочая часть под посадку смещена против хвостовика на величину эксцентриситета.

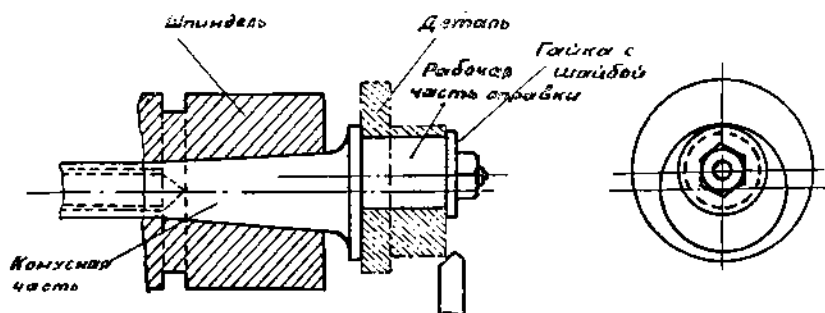
Еще проще изготовить конусную оправку для обточки в центрах. Центровые отверстия оправки сверлят по разметке со смещением на величину эксцентриситета (фиг. 135в).

Установка на оправке проста. Но беда в том, что оправку надо делать каждый раз новую. Что ни деталь, то новая оправка. Вот

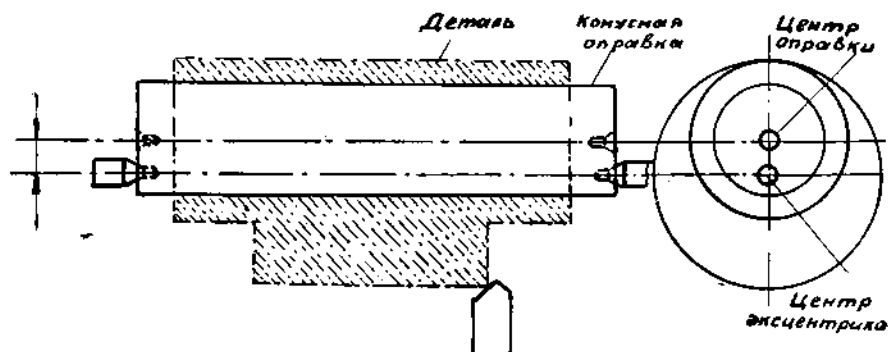
почему, если деталей надо изготовить немного и не требуется большой точности, нужно пользоваться трехкулачковым, самоцентрирующим патроном.

Жаль, что лишь немногие токари знают секрет настройки этого патрона для обточки эксцентриковых деталей.

И в самом деле — самоцентрирующий патрон устанавливает точно по центру. А тут надо, чтобы он сфальшивил, «соврал».



Фиг. 135 б. Шпиндельная оправка для обработки эксцентриковой втулки



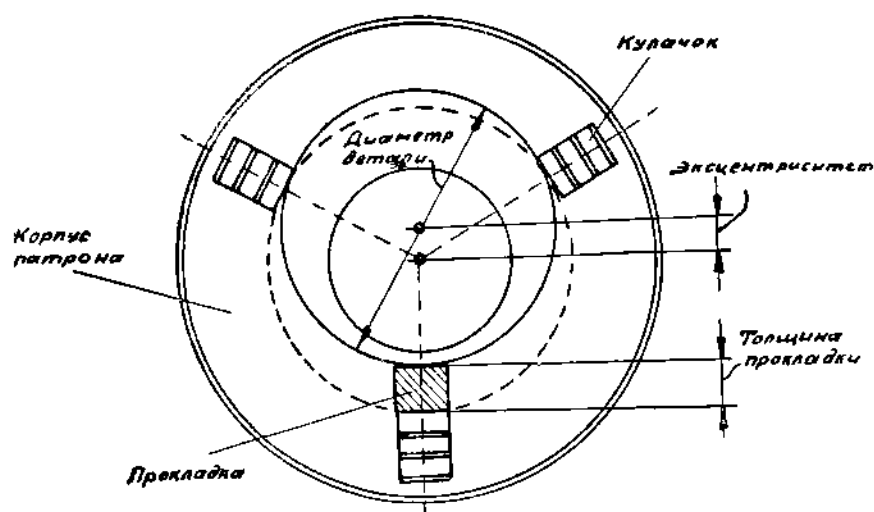
Фиг. 135 в. Центровая оправка для обработки эксцентриковой втулки

Да, «соврал», но так, чтобы получилось то, что нужно. Как же это сделать? Очень просто. Надо положить под один из кулачков патрона небольшую прокладку. Центр детали сместится (фиг. 135г). Толщину прокладки надо брать в зависимости от диаметра детали (в том месте, где крепят кулачки) и от величины эксцентриситета.

Вот табличка, которая показывает, во сколько раз толщина пластины должна быть больше эксцентриситета.



Во сколько раз диаметр детали больше эксцентриситета . .	200	100	50	25	20	12,5	10	8	7	5	3
Во сколько раз толщина прокладки должна быть больше эксцентриситета . . . . .	1,5	1,49	1,485	1,47	1,462	1,438	1,424	1,405	1,39	1,345	1,245



Фиг. 135 г. Обработка эксцентриковой детали в самоцентрирующем патроне

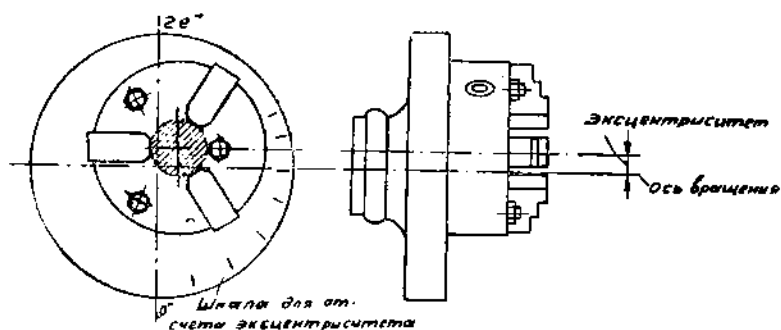
Например, диаметр детали 100 мм, а эксцентриситет — 5 мм, значит, диаметр больше эксцентриситета — в  $100 : 5 = 20$  раз.

Смотрим в табличку: прокладка должна быть больше эксцентриситета в 1,462 раза, т. е. иметь толщину  $5 \times 1,462 = 7,3$  мм.

Попросите строгальщика отстрогать такую пластинку, закладывая в патрон и точите. Получите нужный эксцентриситет.

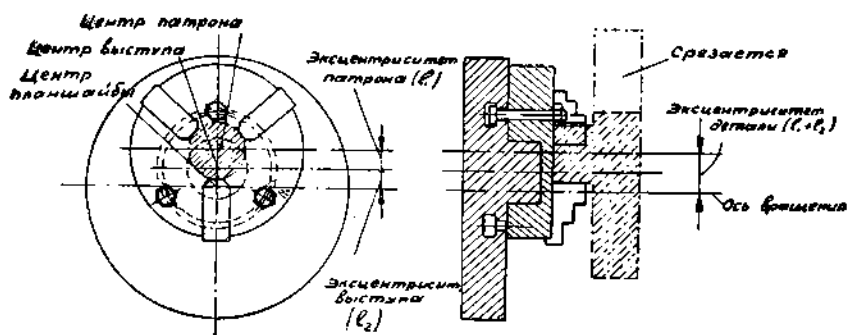
Есть и другие способы обрабатывать эксцентриковые детали. Не в две установки, а в одну. Правда, в двух позициях, зато не раскрепляя детали.

Для этого надо иметь специальное приспособление. Такое приспособление показано на фиг. 136 а. Оно годно для обработки разных деталей с различными эксцентриситетами. Таким образом, это приспособление универсальное, что особенно ценно.



Фиг. 136 а. Общий вид универсального приспособления для обточки эксцентриковых деталей

Планшайба навертывается на шпиндель станка. Она имеет спереди выступ, смещенный против центра (фиг. 136 б). На этот выступ насаживается корпус патрона. Кроме того, в планшайбе



Фиг. 136 б. Схема универсального приспособления для обточки эксцентриковых деталей (наибольший эксцентриситет)

сделан кольцевой паз. Центр его совпадает с центром выступа, т. е. смещен относительно оси шпинделя.

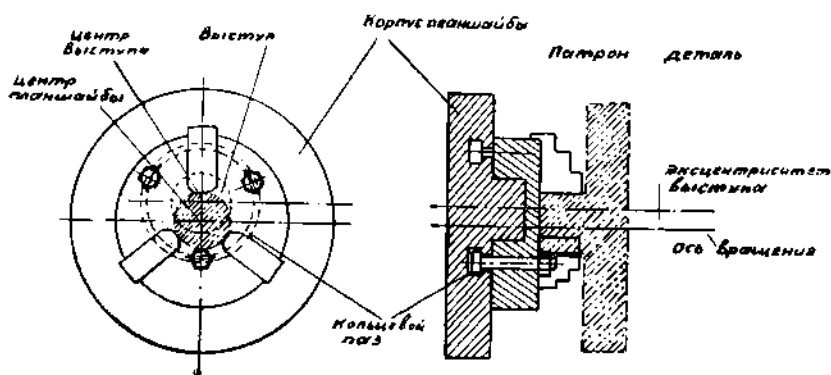
Выточка в корпусе патрона, которой он надевается на выступ планшайбы, в свою очередь, смещена против центра патрона. Обычно эксцентриситет выступа берется равным эксцентриситету выточки.

Три болта патрона заходят в кольцевой паз и, таким образом, крепят патрон к планшайбе. Корпус патрона можно поворачивать

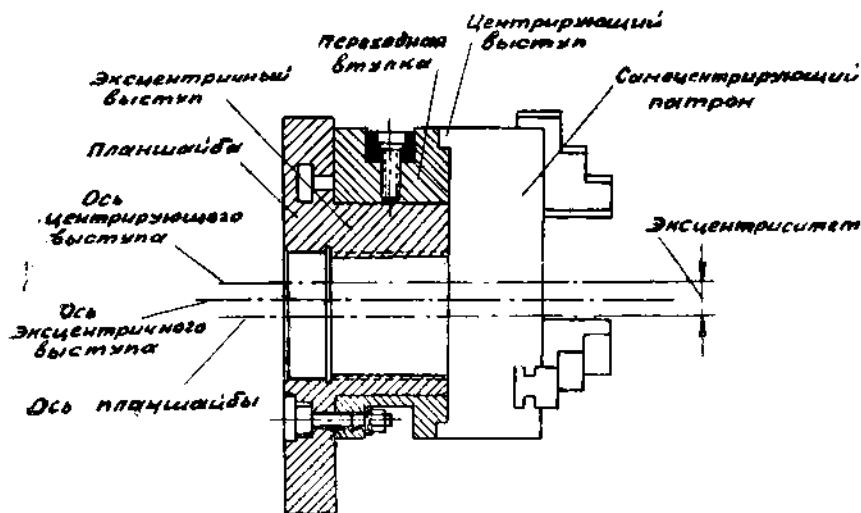
вокруг выступа планшайбы. Головки болтов перемещаются в это время в кольцевом пазу.

Что же получается, если поворачивать корпус патрона? На фиг. 136 в показан момент, когда центр патрона и шпинделя совпали. В этом положении патрон можно использовать, как обычный.

Но станем поворачивать патрон вокруг выступа. Центр патрона начнет отходить от оси шпинделя. Между ними появится эксцентриситет. Если теперь обтачивать деталь, ее поверхность будет эксцентрична по отношению ранее обточенной части. Самый боль-



Фиг. 136 в. Схема универсального приспособления для обточки эксцентриковых деталей (эксцентриситет отсутствует)



Фиг. 136 г. Превращение самоцентрирующего патрона в универсальный эксцентриковый патрон

шой эксцентриситет равен сумме эксцентриситетов выступа и выточки (см. фиг. 136 б).

На планшайбе нанесены риски—деления. Они показывают величину эксцентриситета при том или ином повороте корпуса. Значит, можно сразу, повернув корпус патрона до деления, настроить обточку на нужный эксцентриситет. Деталь не надо вынимать из кулачков патрона. Вся обработка идет с одной установки.

Можно упростить приспособление еще больше, если между планшайбой и патроном поместить переходную втулку (фиг. 136 г)

У планшайбы попрежнему имеется эксцентричный выступ. Втулка вращается на этом выступе. У втулки, в свою очередь, есть центрирующий выступ, смещенный относительно оси отверстия втулки.

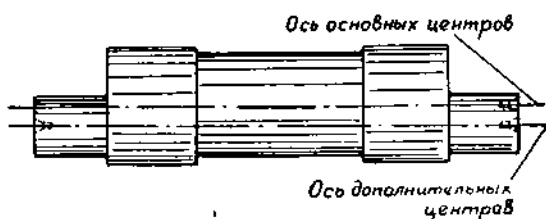
На этом выступе закрепляется обычный трехкулачковый патрон. Поворачивая втулку, можно менять эксцентриситет так же, как и у первого приспособления, от нуля и до суммы эксцентриситетов выступов планшайбы и втулки.

Это приспособление удобно тем, что не надо делать эксцентричную расточку в корпусе патрона, как в первом случае. На планшайбу со втулкой крепится обычный самоцентрирующий патрон без всякой переделки. А планшайбу и втулку нетрудно изготовить в любом цехе.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ВАЛОВ

Часто приходится обтачивать эксцентриковые валы. Один из них показан на фиг. 137а. Для изготовления вала надо брать заготовку по диаметру наибольшей шейки.

Заготовку центруют и обтачивают начерно эксцентриковые



Фиг. 137 а. Эксцентриковый вал

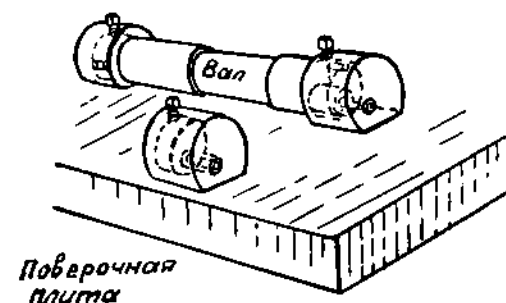
шейки. Затем вал переставляют на дополнительные центры, сдвинутые от прежних на величину эксцентриситета. Производят обточку тонких шеек. Потом в таком же порядке обтачивают вал начисто.

Главное в этой работе — правильное размещение центровых отверстий. Их сверлят по разметке или по кондуктору.

Для разметки вал устанавливают на разметочной плите на призму. После разметки главной оси отмеряют эксцентриситет и наносят дополнительные центры. Затем сверлят и зенкуют. После этого нужно проверить, правильно ли они нанесены.

Вал устанавливается на центрах токарного станка. Вращая вручную, подводим индикатор и измеряем размер эксцентриситета. Если получилась неточность, центровые отверстия надо подправить ручным шабером.

Если нужно разметить целую партию эксцентриковых валов одинакового размера, то заранее изготавливают кондукторы



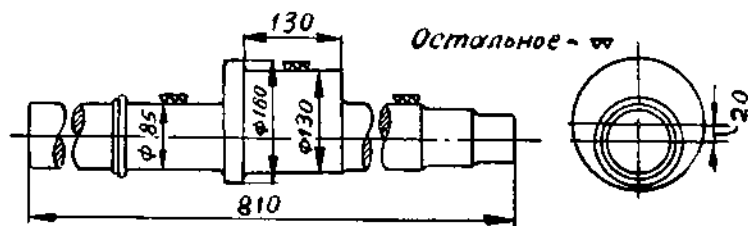
Фиг. 137 б. Кондукторы

(фиг. 137 б). Плоскими срезами кондукторы ставятся на разметочную плиту. Это обеспечивает совпадение осей обоих центровых отверстий. Концевые шейки вала заходят в отверстия кондуктора. Там они закрепляются винтами. Вал с насаженными на концах кондукторами передают на сверлильный станок.

Через сквозные отверстия в кондукторах торцы вала надсверливаются и раззенковываются. Получаются точные центровые отверстия, одинаковые у всех валов.

Простой, но точный способ изготовления больших эксцентриковых валов в единичном производстве (штучное изготовление) предложил токарь Л. Мехонцев.

Вал вытачивается из стальной болванки диаметром 180--



Фиг. 137 в. Эксцентриковый вал

200 мм. У заготовки намечаются центры и делаются предварительные центровые углубления (электродрелью или на расточном станке).

Первая токарная операция — обточка заготовки до диаметра 160 мм (диаметр эксцентриковой шейки), фиг. 137в. Вслед за

этим идет подготовка к нанесению основных центров. Для этого, остановив станок, токарь прогоняет супорт вдоль детали. Резец установлен строго по центру. Он чертит на поверхности вала осевую линию.

Затем подрезается торец. При этом резец не доводят до центра. Вокруг центрального отверстия остается небольшой припуск.

Токарь отрезает вал около самых кулачков патрона, оставляя припуск на подрезку. Потом перевертывает вал, ставит люнет и подрезает только что отрезанный конец. Острием чертилки, находящейся на уровне центра, проводит на торце вала центровую линию. Она соединяется с осевой линией, прочерченной раньше. Вал снова перевертываем. По рейсмусу проверяем установку его в патроне. Подрезаем припуск, оставленный около центра. На торце вала чертилкой наносим также центровую линию.

Теперь вал подготовлен для разметки новых центров. На обоих торцах токарь откладывает по центровым линиям расстояние между старыми и новыми, смещенными центрами (в нашем примере 20 мм). Места старых и новых центров накерниваем, засверливаем и зенкуем электродрелью. Вал имеет вид, показанный на фиг. 137 г.

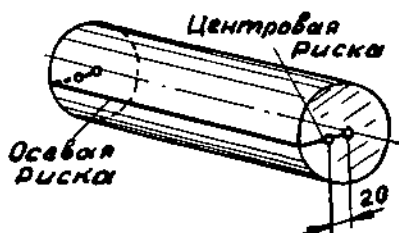
Обычно центровые углубления, сделанные на месте старых центров, в дальнейшем оказываются вне детали. Иначе говоря, их срезают при обточке концевых шеек вала (в нашем примере они остаются). Поэтому после того, как сделана разметка и засверлены центры, сначала обтачивают вал со старых центров.

Есть еще один довод в пользу такого порядка обработки: всегда надо вначале обтачивать большие диаметры, а потом переходить на меньшие. Так легче добиться точности. А самый большой диаметр вала 130 мм как раз обтачивается со старых центров.

Итак, обтачиваем сначала эксцентриковую шейку вала диаметра 130 мм. Резец подрезной. Одновременно с обточкой подрезаем торец (диаметр 160 мм).

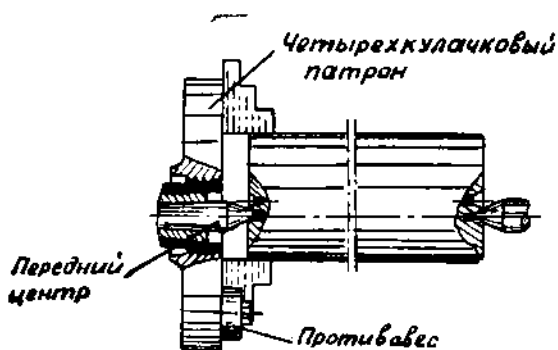
Вслед за обточкой идет полировка. Для полировки служит буковая колодка. Резцом прижимаем колодку к детали. Между деталью и колодкой закладывается наждачное полотно. Полотно поливается маслом. С помощью супорта даем колодке продольные ходы (подача 3—4 мм/об). Для полировки шейки вала диаметра 130 мм надо сделать пять—шесть продольных ходов. В это время деталь вращается с числом оборотов 200—250 в минуту.

Затем вал устанавливаем на новых, смещенных центрах. Теперь это уже основные центры, с которых надо обточить большую



Фиг. 137 г. Нанесение центров на торцах эксцентрикового вала

часть вала. Один конец вала ставим на передний центр. Осторожно зажимаем его в патроне, другой конец вала поджат задним центром (фиг. 137д). После перестановки на новые центры вал имеет с одной стороны очень большой припуск. Получается одно-сторонний срез стружки. Для того, чтобы уравновесить деталь,



Фиг. 137 д. Обточка вала на смещенных центрах

создать равномерное вращение, на планшайбе патрона закрепляем несколько противовесов. Затем, по мере того как срезается неравномерный припуск, противовесы снимаем.

Таким способом обтачиваем сначала одну половину вала, а затем вал перевертываем и обтачиваем его вторую половину. Последняя операция — полировка шеек (диаметров 85 и 70 мм). Для этого служат жимки, в которые закладывается наждачное полотно. Отполированный вал снимается со станка.

### ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ МНОГООСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Рассмотрим обработку некоторых других деталей, например, таких, как рычаг или шатун.

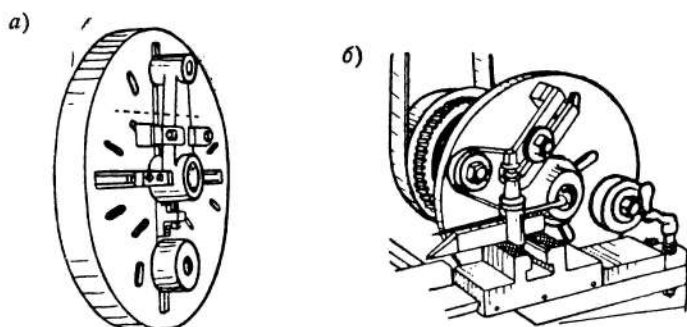
Расточку отверстия в головке шатуна или рычага можно делать в обычном четырехкулачковом патроне, у которого один из кулачков заменен специальным кулачком с пальцем. На этот палец насаживается малая головка шатуна с просверленным отверстием. Затем кулачок двигают по пазу патрона, пока центр головки шатуна не совпадет с центром патрона. После этого головку зажимают, подведя остальные 3 кулачка. Для того, чтобы снять обрабатываемый шатун, слегка ослабляют пару кулачков, не трогая специального кулачка с пальцем. Следующий шатун надевают на палец, прижимают к неотодвинутому кулачку и затягивают остальные два кулачка.

Этим приспособлением можно пользоваться и при небольшой партии деталей, так как настройка его очень проста.

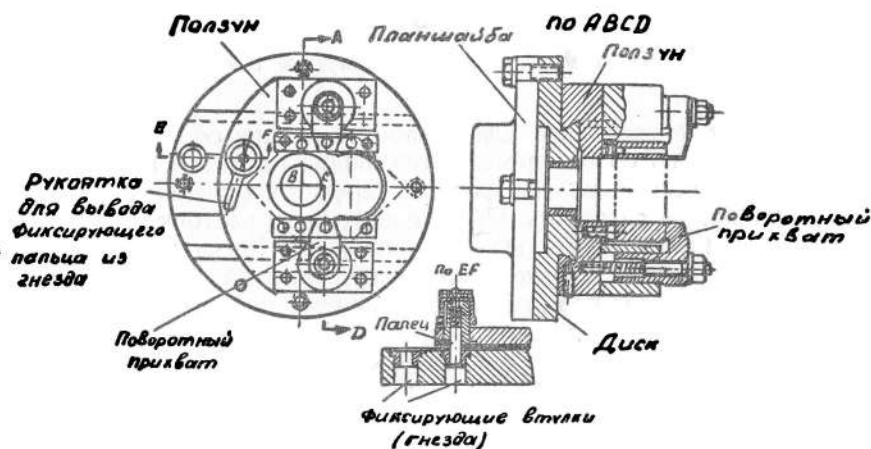
Разумеется, если надо изготовить одну-две детали, то обработка ведется по разметке без специальных приспособлений.

На фиг. 138 а показано крепление в этом случае рычага на планшайбе, а на фиг. 138 б выверка во время установки.

Часто приходится растачивать отверстия с параллельными



Фиг. 138 а. Крепление рычага на планшайбе; б. Проверка правильности установки рычага



Фиг. 139 а. Приспособление для расточки двух отверстий с параллельными осями

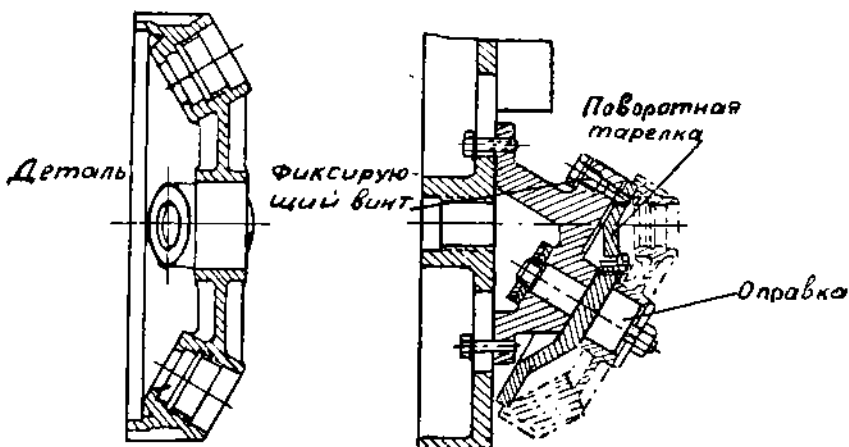
осями в корпусах коробчатой формы. На фиг. 139 а помещено характерное приспособление для расточки двух отверстий в корпусе насоса.

Диск приспособления крепится к планшайбе. Он имеет направляющую в виде ласточкиного хвоста. По направляющей может перемещаться ползун, на котором закрепляют деталь при помощи поворотных прихватов. В диске сделаны два фиксирующих отвер-



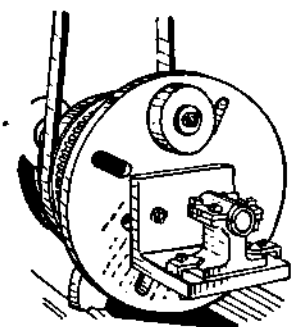
стия, а на ползуне имеется фиксирующий палец с пружинкой и рукояткой.

После расточки первого отверстия в детали фиксирующий палец при помощи рукоятки выводят из его гнезда. Ползун вместе с деталью перемещают, пока палец не заскочит во второе фиксирующее гнездо. Тогда растачивают второе отверстие.



Фиг. 139 б. Приспособление для расточки отверстий с пересекающимися осями

Другое приспособление для обработки детали со многими отверстиями, оси которых пересекаются, видно на фиг. 139 б. Приспособление состоит из поворотной тарелки с оправкой. На оправку насаживается деталь. После сверления и расточки каждого отверстия тарелку с деталью поворачивают. Здесь также есть фиксирующий палец. После каждого поворота тарелки на определенный угол палец под действием пружинки заскакивает в гнездо и не дает тарелке повернуться дальше. Для нового поворота палец надо оттянуть назад.



Фиг. 140. Обработка на угольнике

Чаще для деталей с перпендикулярными осями применяют простые угольники, закрепляемые на планшайбе. На фиг. 140 показана обработка подшипника, у которого надо расточить отверстие и подрезать торец. Деталь ставят простроганной опорной поверхностью на угольник. Такая установка обеспечивает получение перпендикулярности торца и опоры.

Подобным же образом обрабатывают патрубки, у которых колена составляют между собой прямой угол.

Сначала патрубков ставят одним из необработанных фланцев на угольник и обтачивают другой фланец. Потом деталь снимают, переворачивают и ставят на угольник обточенным фланцем. Затем обтачивают второй фланец.

Вот тут-то и уместна задача, которую мы когда-то задали: как на токарном станке сделать куб. Теперь ясно: куб многоосная деталь с тремя перпендикулярными осями. Надо торцевать его плоскости так же, как торцы фланцев — на угольниках. Но первую операцию надо делать в патроне. Сначала в патроне проторцевать заготовку с одной стороны, потом с другой. Получатся плоскости для установки на угольнике. Установив, надо проторцевать одну сторону, а затем, повернув на  $180^\circ$ , проторцевать противоположную сторону. Теперь у нас есть уже четыре грани. Снова перевертываем и ставим на угольник. Проторцевали последние две грани — и куб готов.

— А можно это сделать и в четырехкулачковом патроне, — скажет кто-нибудь. Конечно, можно. Но дело не в том, что можно, а как лучше! Правильно выбрать приспособление и инструмент, продумать приемы труда, взять от станка все, что можно, выполнить работу быстро и высококачественно — в этом и заключается токарное мастерство.

---

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ СТАЛИ

*Таблица «а»*

**Подачи при продольном черновом обтачивании быстрорежущими резцами**

Диаметр изделия в мм	Глубина резания в мм		
	3	4	6
До 18	0,1—0,3	0,2—0,4	
18—30	0,4—0,7	0,3—0,6	0,2—0,5
30—50	0,6—0,1	0,5—0,9	0,4—0,8
50—80	—	0,7—1,1	0,6—1,0
80—120	—	0,9—1,3	0,8—1,2
120—180	—	—	1,3—1,7
180—260	—	—	1,6—2,0

**Примечание.** В каждой колонке таблицы даны две цифры. Большую величину подачи надо брать для мягких материалов, меньшую — для твердых.

*Таблица «б»*

**Допускаемые сечения стружки по прочности резца в мм<sup>2</sup>  
(при вылете резца = 1,5 высоты)**

Обрабатываемый материал	Размеры резцов в мм				
	10 x 16	12 x 20	16 x 25	20 x 30	25 x 40
Углеродистая сталь	1,7—2	2,6—3	5—6	8—9	14—16
Твердая хромистая и хромоникелевая сталь	1,5	2,4	4,5	7	12,5

Допускаемая подача по прочности детали (на изгиб)

Диаметр изделия в мм	Глубина резания в мм			Среднее сечение стружки
	3	4	6	
20	0,1	—	—	0,3
30	0,18	0,13	—	0,5
50	0,35	0,25	0,15	1,0
80	0,58	0,42	0,24	1,5
100	0,8	0,55	0,33	2,0
150	1,4	0,95	0,55	3,5
200	2,0	1,5	0,9	5,5

Если деталь имеет длину меньше 10 диаметров, то величина подачи может быть увеличена (во столько-то раз).

Таблица «г»

Поправка в зависимости от длины детали (при работе в центрах)

Длина по отношению к диаметру	10	9	8	7	6	5
Увеличение подачи (по табл. «в»)	1	1,48	2,36	3,94	7,23	13,1

Например. Диаметр детали — 50 мм, длина — 350 мм, глубина резания — 4 мм.

Находим по таблице «в», что подача должна быть не больше 0,25 мм (а сечение — 1 мм<sup>2</sup>). Отношение длины к диаметру  $350 : 50 = 7$ , следовательно, по таблице «г» поправка: 3,94 (округл. 4). Наибольшая возможная подача  $0,25 \times 4 = 1$  мм/об. Сечение стружки — 4 мм<sup>2</sup>. Резец надо взять не меньше  $16 \times 25$  (по табл. «б»).

При обработке в патроне прочность крепления увеличивается, если деталь не слишком длинна, и уменьшается, если длина ее больше 3 диаметров. Величину подачи по табл. «в» надо умножить на следующую поправку.

Таблица «д»

Поправка в зависимости от длины изделия (при работе в патроне)

Длина по отношению к диаметру	1	2	3	4	5
Изменение подачи (по табл. «в»)	191	13,2	2,75	0,91	0,39

Все цифры в таблицах «в», «г» и «д» даны для обработки твердой углеродистой стали. При обработке иной стали величину подачи следует умножить на поправку: для мягкой стали — 1,2—1,3; для очень твердой стали — 0,9—0,85.

Таблица «е»

Скорости резания и мощности на резце в зависимости от глубины резания и подачи при наружном черновом точении

Углеродистая сталь мягкая (предел прочн. 45 кг/мм<sup>2</sup>)

Глубина резания в мм Подача в мм	3		4		6	
	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.
0,4	88,0	4,5	82,0	5,5	74,0	7,5
0,6	67,5	4,7	62,5	5,9	56,0	8,0
0,8	55,5	4,8	51,5	6,1	46,5	8,2
1,0	48,0	5,0	44,0	6,2	40,0	8,4
1,4	38,5	5,2	36,0	6,5	32,0	8,8

Например. При глубине резания 4 мм и подаче 1,0 мм скорость резания по таблице будет — 44,0 метра в минуту, а необходимая мощность 6,2 л. с.

Эти цифры даны для условий обработки мягкой углеродистой стали (марка стали 20) резцом из быстрорежущей стали марок Р9 и Р18 с главным углом в плане 45° и при работе с охлаждением.

При обработке других марок стали, а также применяя резцы с другими углами, надо величину скорости резания и мощности умножить на следующие поправки.

Таблица «ж»

Поправка на марку обрабатываемого металла

Сталь	Очень мягкая сталь (предел прочности 40 кг/мм <sup>2</sup> )	Сталь средней твердости (предел прочн. 60 кг/мм <sup>2</sup> )	Твердая сталь (предел прочности 70 кг/мм <sup>2</sup> )
Для скорости	1,2	0,65	0,5
Для мощности	1,15	0,71	0,59

Таблица «з»

Поправка на величину главного угла в плане

Главный угол	30°	45°	60°	75°	90°
Для скорости и мощности	1,3	1,0	0,85	0,75	0,65

При работе без охлаждения скорость резания и необходимая мощность уменьшаются — для мягкой стали на 15—20% (поправка 0,85—0,80); для твердой стали (предел прочн. 60 кг/мм<sup>2</sup> и выше) на 10—15% (поправка 0,9—0,85).

Скорость резания зависит и от размеров резца. Чем резец массивнее, больше, тем выше может быть скорость. Таблица «е» составлена для резца сечением 20 × 30. Если сечение резца больше или меньше, надо умножить скорость и мощность на поправку: для резцов сечением 10 × 16 — 0,9; 12 × 20 — 0,93; 16 × 25 — 0,97; 25 × 20 — 1,04.

Режимы резания для чистовой обточки рассчитываются так же, но несколько проще. Благодаря малым сечениям стружки давление резания небольшое. Поэтому проверять подачу по прочности станка, резца и детали, обычно, нет нужды.

Подача выбирается, исходя из качества поверхности.

Таблица «и»

**Подача при чистовом обтачивании стальных деталей**

Требуемая чистота		Подача при радиусе закругления вершины резца в мм		
Обознач.	Высота неровностей в микронах	0,5	1,0	2,0
▽▽4	20—40	0,3—0,5	0,45—0,6	0,55—0,7
▽▽5	10—20	0,2—0,35	0,25—0,45	0,3—0,55
▽▽6	6,3—10	0,1—0,2	0,12—0,39	0,15—0,4

Сразу после выбора подачи переходят к определению скорости резания. Для этого служат справочные таблицы. Одна из них приведена ниже.

Таблица «к»

**Скорости резания при чистовом продольном обтачивании быстрорежущими резцами марки Р9**

Углеродистая сталь твердая (предел прочности 75 кг/мм<sup>2</sup>) работа с охлаждением

Подача в мм \ Глубина резания в мм	1,0	1,5	2,0
0,10	107	97	—
0,15	93	85	79
0,2	85	77	71
0,25	79	71	66
0,3	70	63	59
0,4	—	52	49
0,6	—	—	37

Для сравнения приводим режимы резания при точении твердосплавными резцами с обычной геометрией и резцами Колесова.

Таблица «л»

Скорости резания и мощности при продольном точении резцами  
с пластинками твердого сплава T15K6

Углеродистая сталь выше средней твердости (предел прочности 60—70 кг/мм<sup>2</sup>)

Глубина резания $v_r$ , мм Подача в мм	2		3		4		6	
	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.
0,2	259	4,4	240	6,2	—	—	—	—
0,4	214	6,0	199	8,4	190	10,8	176	14,9
0,6	186	7,2	173	10	165	12,7	151	17,4
1,0	—	—	146	12,4	140	15,7	129	22,0
1,4	—	—	—	—	124	17,7	114	24,6

Таблица «м»

Скорости резания и мощности при продольном точении резцами Колесова  
с пластинками твердого сплава T15K6

Углеродистая сталь выше средней твердости (предел прочности 60—70 кг/мм<sup>2</sup>)

Глубина резания в мм Подача в мм	1		2		3		4	
	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.	Скор. м/мин	Мощн. л. с.
0,5	180	2,5	170	4,73	155	6,75	145	8,1
1,0	142	3,96	125	6,95	114	9,65	107	11,9
2,0	112	6,25	99	11,0	86	11,4	78	17,3
3,0	104	8,7	86	14,3	76	19,1	68	22,7

## ЛИТЕРАТУРА ПО ТОКАРНОМУ ДЕЛУ

### А. Пособия и руководства.

- Библиотека токаря-новатора, 11 выпусков, Машгиз, 1953.  
Научно-популярная библиотека рабочего-станочника, 9 выпусков, Машгиз, 1952.  
Оглоблин А. Н., Технология токарного дела, Машгиз, 1951.  
Ятченко С. В., Токарное дело, Сельхозгиз, 1951.  
Бруштейн Б. Е., Дементьев В. И., Токарное дело, Трудрезервиздат, 1955.  
Белецкий Д. Г., Памятка токаря-скоростника, Машгиз, 1950.  
Оглоблин А. Н., Справочник токаря, Машгиз, 1952.  
Вольский В. С., Гордон Х. И., Солодов И. Л., Токарь-скоростник, Машгиз, 1953.  
Загребский П. П., Токарь-лекальщик, Машгиз, 1948.

### Б. Передовой опыт токарей-новаторов.

- Скоростная обработка с большими подачами, Сборник статей, Ленинградское газетно-журн. изд-во, 1954.  
По методу токаря В. Колесова, Сборник статей, Профиздат, 1953.  
Силовое резание металлов, Сборник статей, Харьковское книжно-газетное изд-во, 1953.  
Силовое резание металлов, Сборник статей, Машгиз, 1953.  
Внедрение силового резания металлов, Оргтрансмаш, 1953.  
Силовое резание металлов на заводах Министерства транспортного и тяжелого машиностроения, Оргтрансмаш, 1953.  
Бурдынный Г. Ф., Высокопроизводительные приспособления к токарным станкам, Машгиз, 1954.  
Семицкий В. К и др., Инструменты и приспособления токаря-скоростника, Гостехиздат, 1953.  
Колесов В. А., Новые пути, Профиздат, 1952.  
Быков П. Б., Путь к счастью, Профиздат, 1951.  
Рабинович И. А., Методы работы токаря Павла Быкова, Машгиз, 1947.  
Диков Ю., В 70 раз быстрее, Профиздат, 1951.  
Диков Ю., Наш комплексный метод скоростной обработки металлов, Изд. «Правда», 1951.  
Герман Е. Д., Турян М. М., Скоростные методы работы токаря Борткевича, Металлургиздат, 1948.  
Борисов А. Методы работы токаря Борткевича, Ленвиздат, 1948.  
Семицкий В. К., Черновая обточка конических шестерен, приспособ-



ление для полуавтоматической обточки ступенчатых валов, Ленингр. дом научно-техн. пропаганды, 1954.

Семи́нский В. К., Комплексный метод скоростного резания, Профиздат, 1951.

Семи́нский В. К., Скоростное резание металлов, Машгиз, 1951.

Оли́мпиев И. С., Побегалов П. Н., Новатор-скоростник Василий Бирюков, Машгиз, 1949.

Догадов М., Мастер высоких скоростей В. М. Бирюков, Лениздат, 1950.

Белов И. Т., Участок скоростной обработки металлов, Московский рабочий, 1951.

Мехонцев Л. Я., Стахановский опыт — всем токарям, Машгиз, 1952.

Швырин М. В., Опыт работы токаря Давыдова, Трансжелдориздат, 1948.

Подвезько И. Ф., За высокую производительность, Машгиз, 1951.

Марков А., Опыт скоростного резания металлов, Московский рабочий, 1951.

Креузов П. Г., Как я выполнил пятилетний план за один год, Машгиз, 1951.

Невеженко Г. С., Мой опыт скоростной обработки металлов, Машгиз, 1952.

Дрокин В. Д., Мои методы скоростной обработки металлов, Машгиз, 1952.

Маргулис Д. К., Скоростное резание металлов на ЧТЗ, Челябгиз, 1951.

Листки новатора Ленинградского дома научно-технической пропаганды, журналы «Вестник машиностроения», «Станки и инструмент» и др. за 1948—1955 гг.

#### В. Специальная литература.

Долматовский Г. А., Справочник технолога, Машгиз, 1949.

Алексеев Г. А., Аршинов В. А., Резание металлов, Машгиз, 1953.

Горелов В. М., Обработка металлов резанием, Машгиз, 1950.

Гладилин А. И., Дубинин Н. П. и др., Технология металлов, Машгиз, 1952.

Даниелян А. М., Резание металлов и инструмент, Машгиз, 1950.

Заславский Л. М., Мозговой К. М., Допуски и предельные калибры, Машгиз, 1949.

Лесохин А. Ф., Допуски и технические измерения, Машгиз, 1951.

Зимин А. П., Игнатов А. В., Техминимум контролера-машиностроителя, Машгиз, 1951.

Ансеров М. А., Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков, Машгиз, 1948.

Азаров А. С., Автоматизация обработки на токарных станках, Машгиз, 1948.

Азаров А. С., Высокопроизводительная обработка валов в машиностроении, Машгиз, 1951.

Дерманчев С. К., Фасонные резцы, Машгиз, 1950.

Баранов В. М., Рациональное использование токарно-винторезного станка, 1947.

Министерство станкостроения СССР, Режимы резания металлов инструментами из быстрорежущей стали, Машгиз, 1950.

Режимы скоростного резания металлов, вып. 1, Машгиз, 1950.

## УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Актон, инж.— 231, 232.  
 Антонов, инж.— 64.  
 Афанасьев, токарь — 217.  
 Батищев, русский механик начала XVIII века — 9.  
 Бирюков, токарь, лауреат Сталинской премии — 63, 137, 153, 208, 209.  
 Борткевич, токарь, лауреат Сталинской премии — 49, 70, 130, 143; 144; 149;  
 208, 214, 215, 263—268.  
 Брикс, проф.— 50.  
 Быков, токарь, лауреат Сталинской премии — 48, 63, 70, 137, 165, 259—  
 263, 265, 266, 268.  
 Воробьев, токарь — 153, 240, 241, 265.  
 Говтвян, токарь — 160, 163.  
 Давыдов, токарь — 259—261.  
 Дамберг, токарь — 153.  
 Диков, токарь, лауреат Сталинской премии — 221, 222  
 Дмитриев, токарь — 217.  
 Затонский, токарь — 211.  
 Зворыкин, проф.— 50.  
 Зыкин, токарь — 34.  
 Ивановский, токарь — 218  
 Исаев, проф.— 50.  
 Калугин, токарь — 34.  
 Карасев, токарь — 34.  
 Каширин, проф.— 50.  
 Клычков, токарь — 75.  
 Колесов, токарь — 49, 67, 70, 91, 97, 98, 107, 134, 149—155, 158, 160, 162;  
 167, 202, 256.  
 Копытов, токарь — 155.  
 Космылин, токарь — 140.  
 Кривоухов, проф.— 50.  
 Кротов, токарь — 151.  
 Кузнецов, проф.— 50.  
 Кузовкин, мастер — 126, 128, 129.  
 Лакур, токарь — 150, 151, 153, 181, 182, 240, 241, 248, 265.  
 Ларин, проф.— 50.  
 Марков, токарь — 118, 119.  
 Мехонцев, токарь — 63, 74, 77, 125, 127, 217, 219, 276.  
 Модслей, английский механик конца XVIII века — 8.  
 Нартов, русский механик начала XVIII века — 7.  
 Пожников, токарь — 153, 154.  
 Ползунов, русский механик середины XVIII века — 8, 9.  
 Посохов, токарь — 106, 236, 237.  
 Прилипко, токарь — 106, 236, 237.  
 Розенберг, проф.— 50.  
 Рыжков, техник, токарь — 65, 66, 68, 70.  
 Сельцов, токарь — 153.  
 Семинский, токарь, лауреат Сталинской премии — 65, 79, 80, 101, 130, 137,  
 181, 182, 231, 233, 235, 236, 241—243, 248, 256, 257.  
 Смирнов, токарь — 153, 223, 224.  
 Смитон, англ. инженер — 9.  
 Тиме, проф.— 50, 52.  
 Уатт, английский инж.— 8.  
 Унанов, токарь — 153.  
 Усачев, механик — 50, 52.  
 Французов, токарь — 156—158.  
 Чикирев, токарь, лауреат Сталинской премии — 221, 222  
 Шумилин, токарь, лауреат Сталинской премии — 153.  
 Щеглов, токарь — 75.

## СОДЕРЖАНИЕ

От автора

3

### *Часть первая*

<b>Глава I. Токарный станок</b>	1	1	1	5
Далекie предки токарного станка				5
Станок Нартова				7
Современный токарный станок				10
От электродвигателя к шпинделю				13
Прямой и обратный ход				18
Регулировка шпинделя				22
Супорт				23
Коробка подач				31
Уход и смазка				32
<b>Глава II. Металл</b>				35
Чугун				35
Сталь				37
Прочность и ее измерение				37
Твердость				38
Марки и сорта стали				39
О чем говорят искры				42
Чугунные отливки				43
Цветные металлы и сплавы				45
Твердые сплавы				46
<b>Глава III. Инструмент</b>				50
Образование стружки				51
Усадка стружки				55
Геометрия резца				56
Борьба со стружкой				63
Гашение вибраций				65
Уничтожение шероховатостей				66
Должен ли резец быть острым?				67
Конструкция резцов				68
<b>Глава IV. Приспособления</b>				71
Установка в центрах				71
Хомутик и поводковая планшайба				76
Работа без хомутика				76
Установка в патронах				81
Поддержка задним центром				85
Установка в люнете				85
Установка на планшайбе				87
<b>Глава V. Режим резания</b>				89
Скорость резания				89
Глубина резания и подача				90

Объем стружки и производительность станка	92
«Широкие» и «толстые» стружки	94
Теплота и износ резцов	96
Еще раз о широких и толстых стружках	97
Режим резания	99
<b>Глава VI. Основные правила работы</b>	<b>104</b>
Установка резца	104
Подвод и отвод резца	108
Установка на размер	108
Быть бдительным в работе	113
Быть осторожным	115

## *Часть вторая*

<b>Глава I. Отрезание</b>	<b>117</b>
Отрезной резец	117
Установка резца	121
Как вести отрезку	124
Скоростное отрезание твердосплавными резцами	125
<b>Глава II. Подрезание</b>	<b>130</b>
Подрезной резец	130
Как вести подрезку	132
<b>Глава III. Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей</b>	<b>137</b>
Твердосплавные резцы для грубой и черновой обточки	137
Рождение скоростного резания	143
Неполадки при скоростном точении	147
Твердосплавные резцы для полустистового точения	148
Возникновение силового резания	151
Практика силового резания	154
Минералокерамические резцы	156
Работа быстрорежущими резцами	158
Чистовое точение	163
<b>Глава IV. Обработка отверстий</b>	<b>169</b>
Сверление	169
Геометрия сверла	170
Как вести сверление	175
Твердосплавные сверла для скоростного сверления	178
Растачивание	179
Твердосплавные расточные резцы	181
Как вести растачивание	183
Зенкерование и развертывание	184
Порядок обработки отверстий	185
<b>Глава V. Обточка конусных и фасонных деталей</b>	<b>187</b>
Конус	187
Обточка конуса поворотом супорта	189
Обточка конуса со сдвигом задней бабки	191
Обточка конусов с копирной линейкой	194
Фасонная обточка	195
Устройства, облегчающие фасонную обточку	199
Фасонные резцы	202
<b>Глава VI. Нарезание резьбы</b>	<b>204</b>
Резьбовой резец	207
Установка резца, настройка станка	209
Как вести нарезание треугольной резьбы	211
Нарезание трапециoidalной резьбы	216
Установка резца по углу подъема винтовой линии	218
Скоростное нарезание червяков и трапециoidalных резьб твердосплавными резцами	221

*Часть третья*

<b>Глава I. Обработка валов</b>	229
Гладкие валы	229
Скоростная настройка для обточки валов	231
Тонкие и длинные валы	234
Ступенчатые валы	237
Укрупнение и разделение операций	243
<b>Глава II. Обработка втулок, фланцев, шестерен</b>	251
Два способа обработки	251
Оправки	253
Последовательность обработки. «Ершовая технология»	256
Обработка сложных деталей, разукрупнение операций	258
Практика скоростной работы. Трудовые приемы Борткевича	263
Что же лучше?	265
<b>Глава III. Обработка многоосных деталей</b>	269
Изготовление эксцентриковой втулки	269
Изготовление эксцентриковых валов	275
Примеры обработки многоосных деталей	278
<b>Приложение</b>	282
<b>Литература по токарному делу</b>	287
<b>Указатель имен</b>	289



Думлер Сергей Августович.  
Мастерство токаря.

Редактор *Е. Б. Свет*. Художественный редактор *Г. А. Филагов*.  
Технический редактор *М. А. Выголова*. Корректор *Н. В. Канищева*.

Сдано в набор 29/VII-1955 г. Подписано к печати 2/XII-1955 г. Формат бумаги 60×92 1/16—18,25 физ. и усл. печ. л., 18,5 уч.-изд. л. Тираж 5000 экз. ФБ01781. Изд. № 1012.

Челябинское книжное издательство, г. Челябинск, ул. Воровского, 2, ком. 60.  
Челябинская областная типография, г. Челябинск, ул. Громова, 127. Заказ № 2637.  
Цена 7 руб. 75 коп.

