

задней бабки. У станков, предназначенных для обработки заготовок большого диаметра, передняя бабка изготавливается отдельно от суппорта станка.

Карусельные станки имеют более широкое применение, так как у них планшайба расположена и вращается в горизонтальной плоскости вниз, что позволяет легко закреплять и выверять заготовки.

Токарные полуавтоматы и автоматы с каждым годом находят все большее применение в машиностроении. Полуавтоматы — станки, у которых все рабочие движения автоматизированы, а ручную выполняют только пуск и остановка станка, установка заготовки и снятие детали. Автоматами называют такие станки, на которых после их наладки и настройки все операции выполняются автоматически, без участия рабочего, который лишь периодически загружает материалы (заготовки, прутки).

Токарные полуавтоматы и автоматы подразделяются на одношпиндельные и многошпиндельные, последние имеют от двух до восьми шпинделей и более. Токарные полуавтоматы применяются для обработки главным образом штучных заготовок (поковок, отливок), а на автоматах из прутков проката изготавливают крепежные детали (болты, винты, гайки, втулки, валики и т. д.).

*Контрольные вопросы и задания.* 1. Назовите основные узлы токарно-винторезного станка и поясните их назначение. 2. Какие узлы и механизмы обеспечивают главное движение и какие — подачу? 3. Пользуясь структурной формулой, определите максимальную и минимальную частоты вращения шпинделя. 4. Назовите признаки, по которым классифицируют токарные резцы.

## **Глава 6. СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ И РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА НИХ**

### **§ 1. ПРОЦЕСС СВЕРЛЕНИЯ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ**

Сверление — это процесс образования отверстий в сплошном металле режущими инструментами (сверлами). По конструкции сверла подразделяются на спиральные, перовые, центровочные, для глубокого сверления и др.

Главное движение при сверлении вращательное, а движение подачи — поступательное. Оба движения могут сообщаться детали и инструменту в различных ком-

бинациях. При сверлении на сверлильных станках оба движения осуществляет инструмент.

Элементами режима резания при сверлении являются глубина резания  $t$  (мм), подача  $S$  (мм/об), скорость резания  $v$  (м/мин).

Глубина резания при сверлении отверстий в сплошном материале составляет половину диаметра сверла

$$t = D_1/2,$$

где  $D_1$  — диаметр сверла, мм.

При рассверливании отверстий глубина резания

$$t = \frac{D_2 - D_1}{2},$$

где  $D_1$  и  $D_2$  — диаметр отверстий до и после рассверливания, мм.

**Подача** — перемещение сверла вдоль оси за один его оборот. Так как сверло имеет две главные режущие кромки, то подача  $S_z$  (мм/зуб), приходящаяся на каждую из них, определяется по формуле

$$S_z = S/2.$$

**Скорость резания** при сверлении — окружная скорость вращения наиболее удаленной точки режущей кромки от оси сверла. Скорость резания определяют по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

где  $D$  — наружный диаметр сверла, мм;  $n$  — частота вращения сверла, об/мин.

Если рассматривать процесс стружкообразования при сверлении на небольшом участке режущего лезвия, то он будет подчиняться тем же закономерностям и сопровождаться теми же явлениями, что и при точении: упругие и пластические деформации, тепловыделение, наростообразование, упрочнение, износ инструмента возникают по тем же причинам.

Особенностью сверления является то, что процесс резания протекает в более сложных и тяжелых условиях, чем при точении, а сверло имеет менее благоприятную геометрию рабочей части.

В процессе резания при сверлении затруднен отвод стружки. При ее удалении происходит трение стружки о поверхность канавок сверла, а также трение сверла о

поверхность отверстия. В результате повышаются деформация стружки и тепловыделение. На увеличение деформации стружки также влияет изменение скорости резания вдоль режущего лезвия от максимального значения на периферии сверла до нулевого у оси. Дополнительная деформация и повышенное трение способствуют большому тепловыделению, а так как подвод охлаждающей жидкости в зону резания затруднен, то сверло работает в более тяжелых термических условиях, чем резец.

## § 2. ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Спиральное сверло — наиболее распространенный режущий инструмент при сверлении и рассверливании. Оно состоит из рабочей части I, шейки IV, хвостовика (конического или цилиндрического) V и лапки VI (рис. 104, а). У сверл с цилиндрическим хвостовиком лапки отсутствуют. Рабочую часть составляют режущая II и направляющая III части. Направляющая часть предохраняет сверло от увода в сторону и позволяет осуществлять его многократную переточку.

На всей этой части сверла имеются узкие ленточки, которые (рис. 104, б) служат для направления инстру-

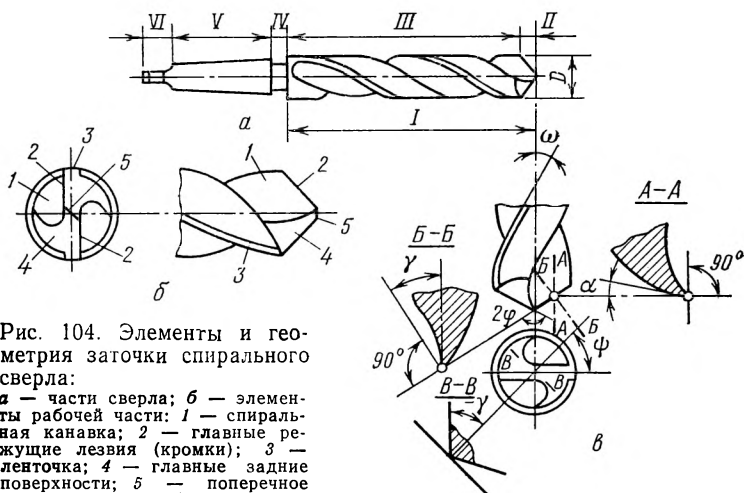


Рис. 104. Элементы и геометрия заточки спирального сверла:

а — части сверла; б — элементы рабочей части: 1 — спиральная канавка; 2 — главные режущие лезвия (кромки); 3 — ленточка; 4 — главные задние поверхности; 5 — поперечное лезвие (перемычка); а — геометрия режущей части

мента в отверстии. Ленточки снижают трение сверла об обработанную поверхность, так как уменьшается площадь соприкосновения инструмента с поверхностью отверстия. С этой же целью на направляющей части сверла делается обратный конус.

Режущая часть совершает основную работу резания и имеет два винтовых зуба, которые соединяются сердцевинной. Винтовые канавки служат для отвода стружки, а дно каждой канавки является передней поверхностью. На конце сверла (на торцах зубьев) затачиваются две конусные поверхности, которые являются главными задними поверхностями инструмента. Пересечение передних и главных задних поверхностей дают две главные режущие кромки, которые и выполняют основную работу резания. Вспомогательными режущими кромками сверла являются винтовые кромки направляющих ленточек. Главные задние поверхности, пересекаясь друг с другом, образуют поперечную режущую кромку (перемычку), которая врезается в металл и центрирует сверло при работе.

Геометрия режущей части спирального сверла представлена на рисунке 104, в. Передний угол  $\gamma$  измеряется в плоскости Б—Б, нормальной к главной режущей кромке. Это угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. В каждой точке режущей кромки передний угол является величиной переменной, наибольшее значение угол  $\gamma$  имеет на периферии сверла, где он практически равен углу наклона винтовой канавки  $\omega$ , а наименьшее — у вершины сверла. На поперечной режущей кромке (перемычке) угол имеет отрицательное значение, что создает угол резания больше  $90^\circ$ , а следовательно, и тяжелые условия работы.

Задний угол  $\alpha$  — угол между касательными к задней поверхности в рассматриваемой точке и касательной к окружности ее вращения вокруг оси сверла. Этот угол рассматривается в плоскости А—А, параллельной оси сверла. Задний угол  $\alpha$  затачивают переменным: большим у оси сверла ( $20...27^\circ$ ) и меньшим у периферии ( $8...14^\circ$ ).

Угол наклона винтовой канавки  $\omega$  измеряют между касательной к винтовой поверхности и образующей цилиндра. Он обычно равен  $18...30^\circ$ .

Угол наклона поперечной режущей кромки  $\phi$  изме-

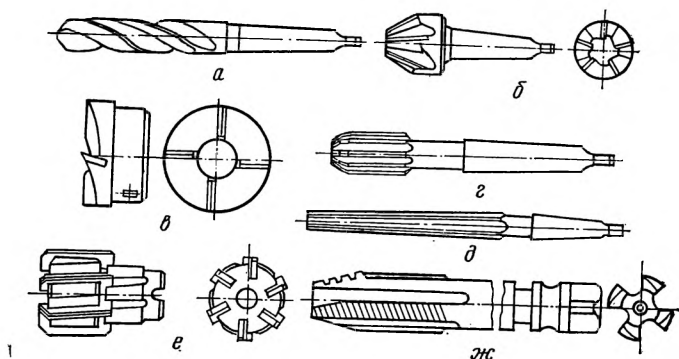


Рис. 105. Инструменты для обработки отверстий на сверлильных станках

ряют между проекциями главной и поперечной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. У стандартных сверл  $\psi = 50...55^\circ$ .

Угол при вершине сверла  $2\phi$  измеряют между главными режущими кромками. Он имеет различную величину в зависимости от обрабатываемого материала ( $80^\circ$  для мрамора и других хрупких материалов,  $140^\circ$  для алюминия, баббита и других мягких материалов,  $116...120^\circ$  для стали и чугуна).

**Зенкерами** обрабатывают предварительно просверленные отверстия, а также отверстия в литых и штампованных заготовках. Зенкер (рис. 105, а) имеет те же части и элементы, что и сверло, но в отличие от последнего он может иметь три и более зубьев, а следовательно, такое же число режущих кромок. У зенкера нет поперечной кромки, что повышает его прочность и жесткость. По типу крепления зенкеры различают хвостовые (рис. 105, а и б) и насадные (рис. 105, в).

**Развертками** (рис. 105, г...е) окончательно обрабатывают отверстия после растачивания или зенкерования. Они имеют те же режущие элементы, что и сверло, но изготавливаются с числом зубьев от 6 до 12 с прямыми или винтовыми канавками. По типу крепления развертки, так же как зенкеры, различают хвостовые и насадные.

**Машинными и ручными метчиками** (рис. 105, ж) нарезают резьбу в отверстиях на сверлильных станках.

Они имеют режущую (заборную) часть, которая выполняет основную работу резания, калибрующую часть, окончательно формирующую профиль резьбы.

### § 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ К СВЕРЛИЛЬНЫМ СТАНКАМ

При обработке на сверлильных станках применяют различные приспособления (рис. 106) для установки и закрепления заготовок на столе станка.

**Машинные тиски** (рис. 106, а) чаще всего применяют для закрепления заготовок. При сверлении сквозных отверстий заготовку устанавливают в тисках на подкладках, чтобы обеспечить свободный выход сверла из отверстия.

**Простые** (рис. 106, б) и **универсальные угольники** используют при сверлении параллельных отверстий или отверстий, расположенных под углом к установочной плоскости. На **призмах** (рис. 106, в) устанавливают заготовки цилиндрической формы при сверлении в них отверстий. Закрепляют заготовки прижимными планками, прихватывая болтами. Крупные заготовки устанавливают на столе (рис. 106, г) станка и закрепляют прижимными планками и болтами.

**Кондукторы** применяют при сверлении без разметки одного или нескольких точно расположенных отверстий в деталях, обрабатываемых большими партиями. Направляющие втулки, установленные в плите кондуктора, обеспечивают определенное положение режущего инструмента относительно обрабатываемой детали.

**Универсальные трехкулачковые патроны** (рис. 107, а) служат для крепления режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком. Патрон с вставленным инструментом затягивают вручную или с помощью ключа (для

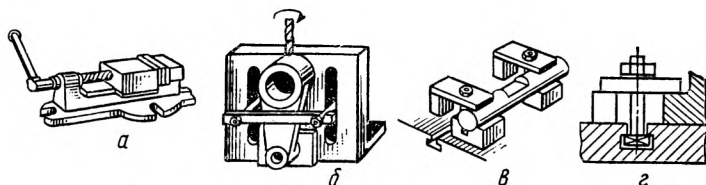
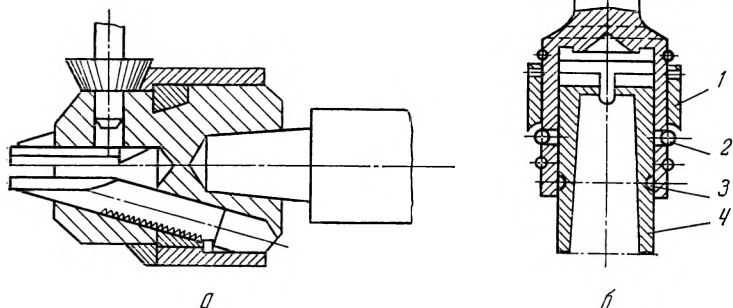


Рис. 106. Приспособления для установки заготовок на столе сверлильного станка:

а — машинные тиски; б — угольники; в — призмы; г — стол

**Рис. 107. Патроны:**

**а** — универсальный трехкулачковый; **б** — быстросменный



усиления зажима). Эти патроны применяют, когда обработка ведется одним инструментом.

**Быстросменные патроны** (рис. 107, б) применяют в тех случаях, когда приходится часто менять инструменты в процессе работы. Эти патроны позволяют заменять режущий инструмент без выключения шпинделя станка. Инструмент закрепляют в сменной втулке 4 и вставляют в центральное отверстие корпуса патрона. При этом шарики 2 попадают в лунки 3 втулки и удерживаются опущенной вниз муфтой 1. При смене инструмента муфта поднимается, шарики вытесняются из лунок и втулка с инструментом вынимается. Пружинные кольца ограничивают перемещение муфты 1 вверх и вниз.

**Предохранительные патроны**, которые могут передавать строго ограниченный крутящий момент, применяют на сверлильных станках при нарезании резьбы для предупреждения поломки метчиков в глухих отверстиях.

**Переходные конические втулки** применяют для закрепления режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток) с коническим хвостовиком, когда конус хвостовика инструмента меньше конуса отверстия шпинделя станка.

Конические хвостовики инструментов и конические отверстия в шпинделях сверлильных и других станков имеют форму конуса Морзе. Номера конусов: 0, 1, 2, 3, 4, 5 и 6. Каждому номеру соответствуют определенные размеры конуса. Номера переходных втулок выбирают по размерам конусов режущих инструментов. В коническом отверстии шпинделя хвостовик удерживается силой трения, возникающей между поверхностями. Лапка хвостовика входит в паз шпинделя и предохраняет хвостовик от проворачивания, служит для передачи крутящего момента.

Оправки применяют на сверлильных и расточных станках для установки и закрепления резцов, специального инструмента, а также в качестве удлинителей.

#### **§ 4. ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК**

Сверлильные станки подразделяются на универсальные (общего назначения) и специализированные. Вертикально-сверлильные станки составляют основную часть (90%) парка сверлильных станков и широко применяются в ремонтных мастерских, на ремонтных и машиностроительных заводах. Наиболее крупные станки этого типа позволяют сверлить отверстия диаметром 75 мм, а вертикально-сверлильный станок модели 2Н135А — диаметром до 35 мм.

На рисунке 108 показаны контуры и кинематическая схема одношпиндельного вертикально-сверлильного станка модели 2Н135А. На фундаментной плите крепится станина станка, в ее верхней части расположен корпус, в котором смонтированы коробка скоростей, коробка подач и шпиндельный вал, а также механизм перемещения корпуса по вертикальным направляющим станины. Заготовку и приспособления устанавливают на столе, который может передвигаться по вертикальным направляющим станины и устанавливаться на необходимой высоте.

Главное движение передается шпинделю от электродвигателя мощностью 4,5 кВт с частотой вращения 1440 об/мин через коробку скоростей по следующей кинематической схеме. Движение с вала I на вал II передается через зубчатые колеса 28 и 40, находящиеся в постоянном зацеплении (28/40). С вала II вращение передается на вал III при переключении тройного блока 25—30—35 с передаточными отношениями 25/35, 30/30,



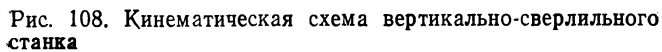


Рис. 108. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка

35/25. Движение с вала *III* на вал *IV* передается при переключении блока 35—42 и зацеплений зубчатых колес: 35 с 35 или 15 с 42 (35/35 или 15/42). Вал *IV* получает ( $3 \cdot 2 = 6$ ) шесть различных частот вращения. Далее вращение передается с вала *IV* на шпиндельный вал *VI* при переключении блока 15—50, установленного на валу *V*, и зацеплении его с зубчатыми колесами вала *IV* и шпиндельного вала *VI* с передаточными отношениями 25/50·15/60, 25/50·50/25. Шпиндельный вал получает ( $3 \cdot 2 \cdot 2$ ) двенадцать различных частот вращения — от 32 до 1410 об/мин.

Частоту вращения шпинделя для каждой ступени можно определить с помощью структурной формулы

$$1440 \cdot \frac{28}{40} \cdot \left| \begin{array}{c|c|c|c} \frac{25}{35} & \frac{35}{35} & \frac{25}{50} & \frac{15}{60} \\ \hline \frac{30}{30} & \frac{15}{42} & \frac{25}{50} & \frac{50}{25} \\ \hline \frac{35}{25} & & & \end{array} \right| = n_{\text{шп.}}$$

Движение подачи осуществляется от гильзы (в которой скользит шпиндель) через зубчатые передачи, находящиеся в постоянном зацеплении (30/53·17/48), на вал *IX* коробки подачи. С вала *IX* при помощи тройного блока 46-31-20 на вал *X* передаются три различные частоты вращения (46/16, 31/31, 20/42). Вал *XI* при переключении блока 26-31-36 (36/26, 31/31 и 26/36) получает с вала *X* ( $3 \cdot 3$ ) девять различных частот вращения. Валы *XI* и *XII* соединяются между собой электромагнитной муфтой *M* при осуществлении механической подачи. От вала *XII* вращение передается реечному колесу 13, находящемуся в зацеплении с рейкой гильзы шпинделя, через червячную пару 1—60 (1/60), и осуществляется вертикальная подача шпинделя.

Для ускоренной подачи шпинделя движение на вал *XII* передается от электродвигателя быстрых холостых ходов ( $N=0,4$  кВт,  $n=2000$  об/мин) через зубчатые колеса 31/31 и коническую пару 23—44. В этом случае вал *XII* отключается от вала *XI* муфтой *M*.

Ручное перемещение шпинделя (ручная подача) осуществляется вращением штурвала, сидящего на валу *XVII*. Глубину сверления контролируют с помощью лим-

ба, движение на который передается через зубчатые колеса 20—47.

Подъем и опускание стола производят вручную поворотом рукоятки на валу XV через коническую пару 20—60 и винт с гайкой.

Перед началом работы выбирают приспособление для закрепления заготовки и вспомогательный инструмент для установки и закрепления режущего инструмента. Затем устанавливают при помощи рукояток соответствующие частоту вращения шпинделя и подачу.

### § 5. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

На сверлильных станках выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, зенкование, цекование, развертывание, нарезание резьбы и обработку сложных отверстий в заготовках массой до 25 кг.

Сверление (рис. 109, а) чаще всего производят спиральными сверлами, которые закрепляют во вспомогательных инструментах (патронах, переходных втулках и др.) и устанавливают в шпинделе станка. Главное движение и подачу при сверлении осуществляет сверло. Заготовку устанавливают и закрепляют неподвижно на столе станка в соответствующем приспособлении. В зависимости от точности обработки сверление можно выполнять по разметке или с помощью специального приспособления (кондуктора), использование которого сокращает время на установку заготовки и устраняет разметку.

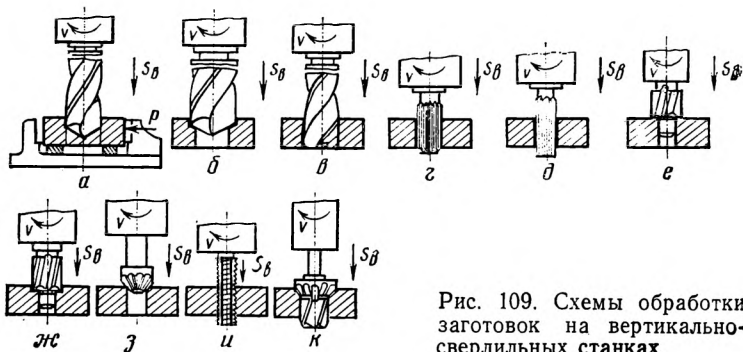


Рис. 109. Схемы обработки заготовок на вертикально-сверлильных станках

Перед сверлением необходимо проверить установку сверла и надежность крепления детали. Если не соблюдать этих правил, то отверстие может получиться неправильной формы и неверно расположенным.

Чтобы избежать поломки сверла и повреждения отверстия при сверлении сквозных отверстий, необходимо уменьшать подачу в момент выхода инструмента. При сверлении глубоких отверстий для удаления стружки из канавок сверла его следует периодически выводить из отверстия, не останавливая станок.

**Рассверливанием** получают отверстия диаметром свыше 30 мм. Сначала сверлят отверстие диаметром до 15 мм, затем рассверливают его до требуемого размера другим сверлом (рис. 109, б).

Отверстие после сверления и рассверливания получается 11...12-го качества и с шероховатостью обработанной поверхности 3...4-го класса.

На сверлильных станках отверстия можно растачивать резцами, которые закрепляют в специальной оправке, а затем устанавливают ее в шпиндель станка.

**Зенкерование** (рис. 109, в) в основном является промежуточной операцией между сверлением и развертыванием. Припуск под зенкерование зависит от диаметра зенкера и изменяется в пределах 0,5...3 мм. Для зенкеров, оснащенных режущими элементами из твердых сплавов, припуск берется 0,5...1,5 мм. Для обработки отверстий в заготовках с предварительно отлитым или прошитым отверстием следует применять зенкерование, а не рассверливание, так как наличие 3...4 зубьев у зенкера делает его более точным и производительным инструментом.

Зенкерованием обрабатывают отверстия до 10...11-го качества и 4...5-го класса шероховатости поверхности.

**Развертывание** (рис. 109, г и д) — процесс окончательной обработки отверстия после растачивания или зенкерования. Его разделяют на черновое (припуск 0,15...0,5 мм) и чистовое (припуск 0,05...0,2). Отверстия получают 7...9-го качества и с шероховатостью обработанной поверхности 7...9-го класса. Для повышения точности размера отверстия припуск снимается последовательно двумя или тремя развертками.

**Зенкованием** получают в отверстиях цилиндрические (рис. 109, ж) и конические (рис. 109, з и к) углубления под головки болтов, винтов, заклепок и других деталей.

Режущими инструментами при зенковании служат зенкеры, называемые также зенковками.

**Цекование** (рис. 109, *е*) — обработка торцевой поверхности отверстия торцевым зенкером (цековкой) для достижения перпендикулярности плоской торцевой поверхности отверстия к его оси.

Зенковки и цековки изготовляют с направляющими цапфами, закрепленными в торце инструмента. Направляющая цапфа при зенковании обеспечивает получение соосности обрабатываемого и ранее полученного отверстия, а при цековании — перпендикулярность торцевой поверхности к оси отверстия.

**Нарезание резьбы** (рис. 109, *и*) в отверстиях на сверлильных станках выполняют машинными и гаечными метчиками. Конструкция этих инструментов подобна конструкции ручных метчиков (незначительно отличаются некоторые элементы заточки), но у машинных метчиков изменен хвостовик. На нем есть кольцевая выточка для установки инструмента в быстросменном патроне. У гаечных метчиков хвостовик удлинен. При нарезании резьбы гайки навинчиваются на метчик одна за другой и выходят на хвостовик, после чего метчик вынимают и готовые гайки сбрасывают.

Машинные метчики для нарезания резьбы в стальных деталях изготовляют двухкомплектными; в чугунных деталях резьбу нарезают одним метчиком.

После получения резьбы для вывинчивания метчика нужно включить обратное вращение шпинделя. Для этой же цели применяют реверсивный патрон. При нарезании резьбы в сквозных отверстиях метчик проходит сквозь него и падает, а затем снова вставляется в патрон.

Обработка сложных поверхностей отверстий выполняется комбинированными режущими инструментами, позволяющими повысить производительность, улучшить качество обработки и устранить опасность несовпадения осей инструмента и отверстия. На рисунке 109, *к* показана обработка цилиндрической и конической поверхностей комбинированным зенкером.

## **§ 6. СТАНКИ СВЕРЛИЛЬНОЙ И РАСТОЧНОЙ ГРУПП**

Радиально-сверлильные станки предназначены для обработки отверстий в тяжелых и громоздких заготовках (блоки, корпуса и т. п.), установка и пере-