

## ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ.

**Сверление** — вид механической обработки материалов резанием, при котором с помощью специального вращающегося режущего инструмента (сверла) получают отверстия различного диаметра и глубины, или многогранные отверстия различного сечения и глубины.

Сверлильные станки используются для сверления отверстий в сплошном материале, рассверливании отверстий, зенкерования, развёртывания, нарезания внутренних резьб мерным инструментом. Станки сверлильной группы бывают :

- Настольные, применяются для обработки мелких деталей в единичном и мелкосерийном производстве.
- Вертикально-сверлильные станки, применяются в единичном, мелко- и среднесерийном производстве. При условии выполнения на станке одной операции и оснащении их специальными приспособлениями станки используются в крупносерийном и массовом производстве.
- Радиально-сверлильные станки, применяются в серийном производстве для обработки отверстий в крупногабаритных деталях.
- Координатно-сверлильные станки, оснащаются 6-шпиндельной поворотной головкой и системой ЧПУ.
- Агрегатные станки, komponуются из нормализованных узлов: силовых головок, шпиндельных коробок, специальных базовых элементов. В зависимости от компоновки силовые головки могут располагаться в различных плоскостях. Силовые головки имеют самостоятельные привода главного движения и подачи. Шпиндельные коробки бывают одно- и многошпиндельные. Многошпиндельные, в свою очередь, бывают с постоянным межцентровым расстоянием между осями шпинделей и раздвижные, которые позволяют перестраивать расположение шпинделей. Область применения агрегатных станков – крупносерийное и массовое производство.
- Горизонтально-сверлильные станки, предназначены для сверления глубоких отверстий в сплошном материале.

Для работы на сверлильных станках используются :

- **Свёрла спиральные** диаметром от 0,2 до 70мм. Более мелкие отверстия обрабатываются другими методами, например, лазером. **Сверление отверстий большого диаметра проводится в несколько этапов. Вначале сверлят отверстие диаметром 0,25d , а затем рассверливают нужным диаметром. При диаметре отверстия более 30мм выполняют сверление, рассверливание и зенкерование.**
- **Зенкеры**, используются после сверла, позволяют повысить точность обработанного отверстия на 1 ступень. Зенкеры выполняются сплошными и насадными.
- **Развёртки**, используются для получения точных отверстий, обычно используются после зенкерования.

- **Комбинированный** инструмент, позволяет объединить различные виды обработки, например, сверление и рассверливание, сверление и зенкование, зенкование и развёртывание, сверление и снятие фаски.
- **Цековки** для обработки фасок и плоскостей на бобышках. Могут быть сплошные и насадные. Обработка плоскостей с верхним и нижним расположением.
- **Свёрла для глубокого сверления**, используются на горизонтально-сверлильных станках. При работе такими свёрлами инструмент совершает только поступательное движение подачи, а вращается заготовка. Сверление выполняется с применением направляющего кондуктора или по предварительно засверленному отверстию. Для охлаждения и отвода стружки через отверстие в теле сверла подводится охлаждающая жидкость под большим давлением.
- **Кольцевые свёрла**, применяются при сверлении в сплошном материале отверстий большого диаметра. При этом высверленная сердцевина может служить заготовкой для изготовления другой детали.

### **Геометрия и конструкция свёрл.**

**Перовое сверло** представляет наиболее старую и простую форму инструмента, применяемую, однако, и в настоящее время ввиду легкости изготовления и дешевизны.

Достоинства перовых сверл: простота конструкции, легкость изготовления, стойкость при обработке специальных, очень вязких сталей. Недостатки: быстрая потеря размера с износом инструмента, плохой отвод стружки и неустойчивое направление сверла, отчего просверливаемые отверстия уводятся в сторону и получаются с неровными стенками и неточными по диаметру. Боковые параллельные ребра лучше направляют сверло в отверстие, причем специальная выточка на передней поверхности вдоль режущих кромок дает возможность уменьшить угол резания до  $60-70^\circ$  и тем облегчить работу сверла. Во избежание заедания сверла в просверливаемом отверстии рекомендуется заточить боковые ребра сверла слегка на конус так, чтобы диаметр  $d'$  был меньше диаметра  $d$  примерно на  $0,05-0,1$  мм. Для облегчения отвода стружки кромки при больших диаметрах сверла ( $d > 25$  мм) снабжаются канавками, которые дают возможность снимать стружку не сразу по всей длине режущей кромки, а частями, и тем уменьшать сопротивление резанию.

Но для всех этих сверл характерны весьма существенные недостатки, заключающиеся, главным образом, в их малой производительности, недостаточной точности работы, необходимости частых перековок и т. д. Поэтому в машиностроении применяются преимущественно винтовые сверла, более сложные по форме и дорогие, но работающие значительно производительнее и точнее по сравнению с перовыми.

**Винтовое (спиральное) сверло** изготавливается обычно из круглых прутков инструментальной стали фрезерованием двух винтовых канавок специального профиля, расположенных по окружности под углом  $180^\circ$

относительно друг друга или из полосы необходимой толщины путём скручивания её в спираль.

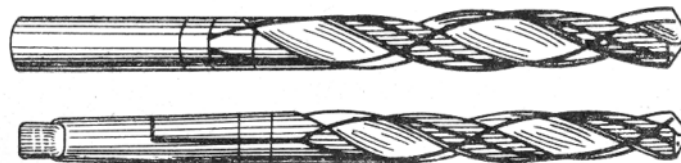
В зависимости от размера сверла они выполняются с коническим и цилиндрическим хвостовиком. Свёрла с цилиндрическим хвостовиком закрепляются в сверлильном патроне, который вставляется в шпиндель станка. Свёрла с коническим хвостовиком вставляются непосредственно в шпиндель станка. Отверстие в шпинделе сверлильного станка и хвостовик сверла и сверлильного патрона имеют конус Морзе №0÷№6.

Рабочая часть сверла изготавливается с углом при вершине  $2\phi = 90^\circ \div 130^\circ$ . Величина угла зависит от свойств обрабатываемого материала. Меньшие значения применимы для обработки хрупких материалов, большие для вязких. Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия на винтовой цилиндрической поверхности обрабатывается узкая ленточка для направления сверла в отверстие.

Свёрла для глубокого сверления предназначены для изготовления в сплошном материале отверстий, у которых длина значительно превышает диаметр.

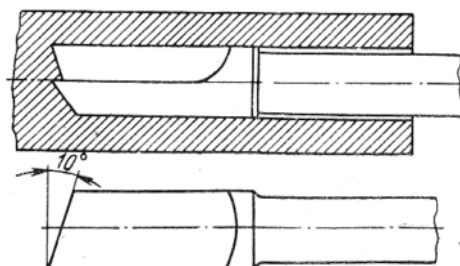
Сверление глубоких отверстий связано с большими трудностями по отводу стружки и подводу охлаждающей жидкости. Кроме того, для получения точных отверстий необходимо правильное направление сверла и хорошее уравнивание сил резания.

Для изготовления глубоких отверстий диаметром до 30 мм. успешно применяются винтовые или прямые сверла, снабженные специальными каналами для подвода жидкости (рис. 163). Жидкость подводится под большим давлением (до 20-30 ат) и служит как для охлаждения сверла, так и для отвода стружки. Давление подводимой жидкости должно быть тем больше, чем меньше диаметр отверстия и больше его глубина.



**Винтовое сверло для глубокого сверления**

Наиболее простые по форме - пушечные сверла.



**Пушечное сверло**

Характерная особенность их состоит в том, что они обычно не вра-

щаются, а имеют осевое движение, т. е. работают как токарные резцы для расточки, а вращается обрабатываемая деталь. Для уменьшения трения между стенками отверстия и сверлом последнее делается со слабым обратным конусом (0,5 мм на 100 мм длины). Иногда на передней грани затачивается «забор» для облегчения процесса резания. Вследствие большого трения и неблагоприятных углов резания (обычно  $\phi = 90^\circ$ ) работают с небольшими подачами (0,01 + 0,08 мм/об) и скоростями резания ( $V = 10 + 18$  м/мин). Скорости заметно увеличиваются при работе сверлами с напаянными пластинками твердого сплава.

Обычно пушечные сверла работают с кондуктором или в предварительно надсверленном отверстии. Стенки обрабатываемого канала получаются достаточно чистыми и точными благодаря хорошему направлению сверла.

Считают, что сверление ружейным сверлом равнозначно обычному сверлению с последующим растачиванием и развертыванием, при этом возможно получение отверстия по 2-му классу точности с чистотой не ниже 7-го класса. При сверлении закаленной стали Н RC 45-50 достигалась шероховатость поверхности в 0,1-0,3 м

На рис. 166 изображено перовое сверло диаметром 64 мм, которым можно сделать весьма глубокое отверстие (до 10 м). Стержень сверла - цельнотянутая труба с вваренной на конце головкой; в прорези головки закреплена нажимным винтом пластинка из быстрорежущей стали толщиной 8 мм. На поверхности трубы наплавлены из стеллита выступы, отшлифованные по диаметру отверстия и предназначенные для направления инструмента. Жидкость для охлаждения поступает изнутри трубы через отверстия, просверленные в головке, непосредственно на режущие кромки. Образующаяся при сверлении стружка удаляется через пространство между стенками отверстия и стержнем сверла. Недостатками таких сверл являются наличие перемычки, увод сверла, затрудненный вывод стружки.

Когда необходимо по оси предмета вырезать часть материала для испытания физико-механических свойств или если по соображениям экономичности и производительности считают нецелесообразным весь удаляемый материал обращать в стружку, применяют специальные полые режущие головки с несколькими одновременно работающими резцами. Эти головки крепятся в борштанге с помощью многозаходной ленточной резьбы, уменьшающей возможность их заклинивания. У кольцевых головок большого диаметра ( $d > 200$  мм) предусмотрены гнезда для крепления дополнительных резцов 1, предназначенных для расточки отверстий. В этом случае сокращается цикл обработки детали за счет совмещения операций сверления и расточки.

Основные резцы 2 из стали Р 18 своими цилиндрическими Хвостовиками вставляются в гнезда, расположенные на торце корпуса, и закрепляются клиньями 3. Для свободного выхода стружки на корпусе головки имеются вырезы. Охлаждающая жидкость подводится изнутри, а отводится вместе со стружкой по наружным каналам.

При глубоком сверлении в последнее время успешно работают с прерывистой подачей, способствующей хорошему дроблению стружки и легкому удалению ее из отверстия

Для рассверливания готовых отверстий, полученных отливкой или отковкой, грубых, неточных, с большими неравномерными припусками, подчас с твердой коркой на поверхности, обычные сверла непригодны или малопроизводительны: неравномерное давление на две режущие кромки способствует уходу инструмента. В этом случае отверстия рассверливаются зенкерами, имеющими в отличие от сверл не две, а три и четыре режущие кромки с направляющими ленточками, обеспечивающими лучшее направление инструмента в отверстиях. Правда, широкие ленточки зенкеров (0,8-2,0 мм) вызывают налипание стружек, но уменьшают вибрации. Отверстия после сверла также обрабатываются зенкерами, чтобы получить более чистые поверхности и точные размеры.

Так как зенкеры лишь растачивают уже готовые отверстия, то они не имеют поперечной режущей кромки и снимают сравнительно небольшой слой металла (в среднем 0,3-3,0 мм). Поэтому их винтовые канавки менее глубоки, что делает тело зенкера более прочным.

По аналогии с резцами режущая кромка может иметь отрицательный или положительный угол наклона  $f$ . Как и при точении, наблюдения показали преимущество положительного угла ( $\lambda = 10+15^\circ$ ), что особенно справедливо для зенкеров, оснащенных твердым сплавом.

В массовом и крупносерийном производстве иногда применяют для обработки цилиндрических и конических отверстий комбинированный инструмент, состоящий из двух зенкеров, или сверла и зенкера, или сверла, зенкера и развертки.

Зенкеры применяются для окончательной обработки отверстий 9÷10квалитетов точности и для предварительной обработки отверстий под развертывание по 7÷8квалитетам точности, в соответствии с чем устанавливается наружный диаметр зенкера с учетом необходимого припуска для развертывания.

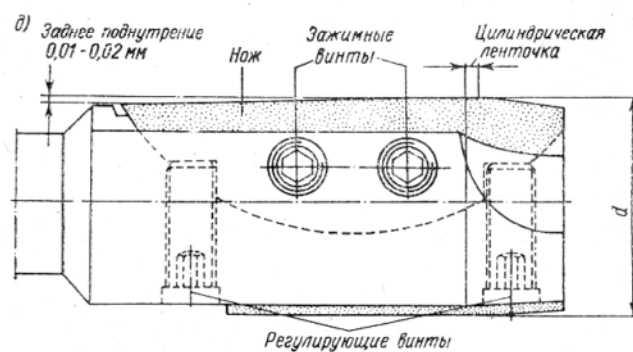
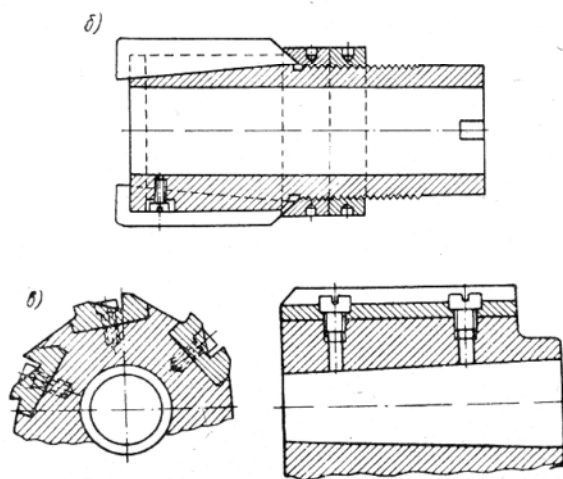
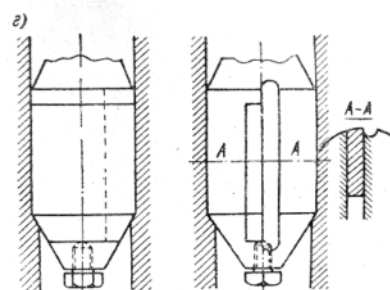
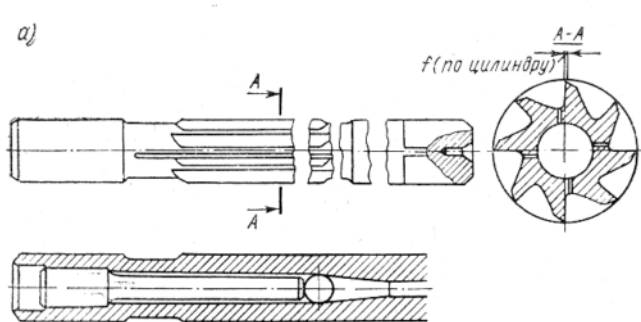
**Развертки.** Развертки предназначены для изготовления точных отверстий. В отличие от зенкеров они имеют большее число режущих кромок ( $n = 6+18$ ) и снимают очень тонкий слой металла ( $t = 0,05+0,2$  мм), что дает возможность получить совсем гладкое отверстие и точно по заданному допуску; это часто достигается рядом последовательных проходов несколькими развертками.

Размер получаемого отверстия несколько отличается от диаметра развертки в силу так называемой разбивки, которая зависит от размера инструмента, степени его затупления, способа закрепления, качества материала изделия, припуска под развертку, а также от состояния станка и искусства рабочего, если развертывание происходит вручную. Разбивка может быть положительной и отрицательной (в случае обработки материалов, склонных к упругому последействию).

Обыкновенные цилиндрические развертки имеют тот недостаток, что

после одной-двух заточек теряют свой размер. При изготовлении большого количества отверстий точно одинакового размера применяют регулируемые развертки. Они имеют внутри просверленное слегка на конус отверстие, куда вгоняется шарик или стержень с коническим концом. При перемещении последних вдоль отверстия диаметр развертки может изменяться на 0,25-1 мм; для облегчения регулировки на развертке через два-три зуба прорезаны долевые щели.

На других развертках увеличение диаметра достигается сдвигом вставных ножей в прорезях по коническим направляющим. Ножи сзади закрепляются гайкой и контргайкой, спереди - клиньями с винтами. Нередко вставные ножи на задней стенке паза имеют рифления, что значительно усиливает жесткость крепления ножей.



Регулируемые развёртки: а-раздвижная с шариком; б-со вставными ножами; в-с привинченными ножами; г-однозубая развёртка

Для чистовой и точной отделки отверстий хороши также однозубые развертки. В направляющем стальном корпусе, закаленном с поверхности и шлифованном, винтом на торце закрепляется нож, который выступает обычно не более чем на 0,02 мм над цилиндрической поверхностью корпуса и шлифуется на размер вместе с ним. Стружка снимается частью ножа, расположенной на приемном конусе, а остальная часть ножа предохраняет корпус от зажима. После некоторого износа лезвия ножа возможна его перестановка.

Более совершенная конструкция регулируемой однозубой развертки. При обработке отверстий в труднообрабатываемых материалах применяют цельные твердосплавные развертки небольшого диаметра.

Точные конические отверстия получаются обработкой цилиндрических отверстий коническими развертками. Применяют последовательно обычно три развертки, так как приходится снимать большое количество металла. Первая обдирочная развертка со ступенчатыми зубьями дает грубую коническую поверхность с винтовыми бороздками, вторая, с прерывистой режущей кромкой для размельчения стружки, срезает бороздки, и третья, отделочная развертка, дает гладкую поверхность.

Число зубьев развертки (6-18) зависит от ее диаметра. С увеличением числа зубьев стенки отверстий получаются более чистыми, но инструмент обходится дороже при изготовлении и заточке.

Считают, что хорошо работают развертки с неравномерным шагом зубьев. В подобных развертках для удобства измерения их диаметра желательно иметь по крайней мере два зуба, расположенные диаметрально противоположно, что легко достигается при чётном числе зубьев.

### **ГЕОМЕТРИЯ И КОНСТРУКЦИИ МЕТЧИКОВ**

Резьба в отверстиях небольшого диаметра ( $d < 75$  мм) проще и быстрее нарезается метчиками (если не учитывать того, что в последнее время проще и быстрее получить ее накаткой). Метчик представляет собой винт, у которого для образования режущих кромок сделано несколько продольных канавок. Число канавок колеблется от двух до шести в зависимости от диаметра метчика.

Канавки могут быть прямыми, расположенными вдоль оси метчика, или винтовыми - правыми (поднимаются слева направо) и левыми (поднимаются справа налево). Винтовые канавки у метчиков делаются с большим шагом, а направление их рекомендуется такое, чтобы стружка отводилась вперед у сквозных отверстий и в обратную сторону - у глухих отверстий. Этого можно достигнуть и при работе метчиком с прямыми канавками заточкой рабочего конуса метчика с положительными или отрицательными углами наклона режущих кромок.

Конструкции метчиков различаются между собой в зависимости от назначения и могут быть разбиты на три основные группы: гаечные метчики, нарезающие гайку на станке за один проход и не имеющие обратного хода; ручные метчики, нарезающие резьбу в два или три приема и имеющие обратный ход; маточные метчики, нарезающие резьбу в инструменте (плашках).

Г а е ч н ы е м е т ч и к и имеют рабочую коническую часть и цилиндрическую калибрующую. Чем длиннее приемный рабочий конус, тем спокойнее работает метчик и чище получается нарезка, но больше длится процесс нарезания резьбы. В этом отношении хорошие результаты показали тандем-метчики, имеющие две заборные и две калибрующие части.

**Ручные метчики**, применяемые для работы в комплектах из двух или трех метчиков (слесарных), нарезают резьбу в два или три приема. По конструкции резьбовой части метчики бывают двух типов. Разница между ними заключается в способах срезания стружки зубьями; у первого типа первые два метчика из комплекта снимают стружку всем своим контуром, в то время как первые два метчика второго типа комплекта работают только передней режущей кромкой. Третий метчик у обоих типов одинаков. В первом случае все три метчика набора имеют различные диаметры, и только последний (чистовой) обеспечивает окончательный размер. Во втором случае, наоборот, все три метчика имеют одинаковый диаметр с полным профилем нарезки, при этом значительно различаются длины приемных конусов. Этот тип метчиков применяется значительно чаще. Снятие затылка у ручных метчиков производится только на конической части, чтобы сохранить хорошее направление метчика в отверстии и при вывертывании стружка не защемлялась между затылочной поверхностью и стенками отверстия.

При нарезании резьбы в легированных и жаропрочных сталях с повышенной вязкостью и прочностью рекомендуется для крупных метчиков затылование по профилю на всей длине рабочей части второго и третьего метчиков комплекта, причем величина падения затылка составляет примерно 0,04-0,05 мм. У таких метчиков снижается крутящий момент и резьба получается более чистой и точной. С этой же целью рекомендуется обратный конус по наружному диаметру и по профилю резьбы порядка 0,05 - 1 мм на всей длине калибрующей части.

**Маточные метчики** - это чистовые метчики. Канавки у них небольшого объема, так как снимается небольшая стружка, угол поднутрения  $\gamma$  отсутствует (углы резания  $\delta = 90^\circ$ );

Затылок пера не снимается ни в конусной, ни в цилиндрической части. Число канавок обычно 6÷10, причем рекомендуется у маточных метчиков канавки направлять по винтовой линии под прямым углом к направлению нарезки; это улучшает работу метчика.

Оригинальны конструкции **метчиков без канавок**, но со специально заточенной заборной частью. При нарезании резьбы в сквозных отверстиях стружка отводится вперед, а в глухих отверстиях - назад через внутреннюю полость метчика, для чего метчик затачивается с отрицательным углом наклона режущей кромки.

Метчики со вставными резьбовыми гребёнками простые, регулируемые и самовыключающиеся имеют ряд преимуществ.

### **Методы обработки отверстий**

■ **Сверление по разметке**, операция слесарная, в месте сверления выполняется накернивание, лунка от керна служит направлением для сверла. По разметке могут изготавливаться центровые отверстия в валах. Метод сверления по разметке характерен для единичного и мелкосерийного производства. Отличается невысокой точностью. Для повышения точности иногда по керновому углублению выполняют засверливание центровочными сверлами.



- ***Сверление по координатам***, выполняется на координатных станках короткими жёсткими свёрлами. Применяется при сверлении большого количества отверстий в корпусных деталях в мелко- и среднесерийном производстве.

- ***Совместное сверление***, применяется для обработки отверстий в двух сопрягаемых деталях.

- ***Сверление в кондукторах***. Область использования – крупносерийное и массовое производство.

**Установка и закрепление заготовок при сверлении.**

В единичном и мелкосерийном производстве при выполнении операции сверления заготовки различной конфигурации устанавливаются непосредственно на столе станка и закрепляются прихватами. Для предохранения стола станка при выходе сверла под заготовку подкладываются мерные подкладки. Сверление выполняется по разметке.

Заготовки небольших размеров могут закрепляться в тисках, установленных на столе сверлильного станка. Для обработки небольших партий заготовок тиски могут оснащаться накладками на губки тисков, которые позволяют более точно базировать заготовку. Для облегчения и ускорения операции установки тиски могут снабжаться пневмоприводом.

Заготовки цилиндрической формы устанавливаются на призмы и закрепляются прихватами. Сверление выполняется по разметке.

В конструкции деталей могут быть отверстия, параллельные установочной плоскости или расположенные под углом. В этом случае заготовка крепится на угольнике. При этом угольник может иметь одну поворотную грань.

При сверлении отверстий на торцовых поверхностях цилиндрических заготовок небольшой длины, например, фланцев или крышек подшипников удобно использовать 3х кулачковый патрон, закреплённый на столе сверлильного станка.

Столы радиально-сверлильных станков имеют Т-образные пазы, как на верхней плоскости, так и на боковых поверхностях стола. Это позволяет закреплять заготовки различной формы в зависимости от места расположения обрабатываемого отверстия. Полость внутри стола может использоваться для установки пневмо- или гидропривода приспособления, устанавливаемого на столе станка.

В крупносерийном и массовом производстве для повышения точности обработки применяются **кондукторные приспособления**. В таких приспособлениях производится точное базирование и закрепление заготовок. Для точного ориентирования и направления инструмента при сверлении служат кондукторные втулки.

Кондукторные втулки чаще всего выполняются сменными, что позволяет выполнять сверление свёрлами разного диаметра.

Кондукторные втулки устанавливаются **с зазором** над обрабатываемой поверхностью. Величина зазора колеблется в пределах  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  диаметра сверления. Это обеспечивает лучший отвод стружки. При **сверлении вязких мате-**

риалов и при работе свёрлами малого диаметра рекомендуется не оставлять зазор. В первом случае стружка может навиваться на сверло в имеющемся зазоре, а во втором – удаление сверла от обрабатываемой поверхности вызывает необходимость увеличения его длины, что приводит к снижению жёсткости инструмента.

При сверлении нескольких отверстий на одной поверхности место расположения их определено конструкцией кондукторной плиты и точностью изготовления отверстий под кондукторные втулки.

При необходимости сверления отверстий на цилиндрических поверхностях применяются кондукторные втулки со срезанным концом, предохраняющие от увода сверла при засверливании по криволинейной поверхности.

В некоторых приспособлениях для закрепления некрупных деталей роль зажима может играть кондукторная втулка. В этом случае она должна иметь центрирующий цилиндрический пояс.

***Применение кондукторных приспособлений позволяет использовать сравнительно недорогие вертикально-сверлильные станки в крупносерийном и массовом производстве при условии выполнения на нём одной операции.***

Для сверления отверстий в частично обработанных заготовках применяются накладные кондукторы. Они могут центрироваться по отверстию или по другим обработанным с достаточной точностью поверхностям.

Разновидностью накладных кондукторов являются зеркальные кондукторы. Они применяются для сверления отверстий в сопрягаемых деталях. Кондукторные плиты таких кондукторов имеют посадочные поверхности, которыми они базируются в одной и другой заготовках.

Для повышения точности обработки в единичном и мелкосерийном производстве используются универсальные переналаживаемые кондукторные приспособления.

Для закрепления малогабаритных заготовок часто используются скальчатые кондукторы, у которых кондукторная плита перемещается по скалкам и закрепляет заготовку, одновременно устанавливая кондукторную втулку на место сверления.

*Привести схемы обработки в кондукторных приспособлениях.*

***Технологические требования к обрабатываемым отверстиям..***

При конструировании деталей необходимо избегать труднодоступных мест, обработка которых может потребовать изготовления специальных приспособлений.

По возможности избегать подрезки внутренних торцев.

Избегать точных глухих отверстий, так как обработка таких отверстий требует применения специальных донных развёрток.

Не проектировать выход сверла на наклонную поверхность. При невозможности обойтись без такого элемента применять специальные подкладки.