Основы теории резания и РИ

Особенности процесса сверления, параметры режимов резания, геометрия среза.

Специальность:
«Машиностроение»
Кафедра «ТОМиС»

Автор: асс.проф. Берг А.С.



ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Сверла. Классификация сверл
2. Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла;
3. Элементы режима резания и среза;
4. Силы, действующие на сверло;
5. Влияние различных факторов на осевую силу и момент;
6. Влияние различных факторов на скорость резания.

Сверление является основным способом получения глухих и сквозных цилиндрических отверстий в сплошном материале заготовки.

Рассверливание - вид обработки, предназначенный для увеличения диаметра ранее просверленного отверстия спиральным сверлом большего диаметра.

Для получения отверстий более высокой точности и чистоты поверхности после сверления на том же станке выполняются зенкерование и развертывание.

Зенкерование – обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости.

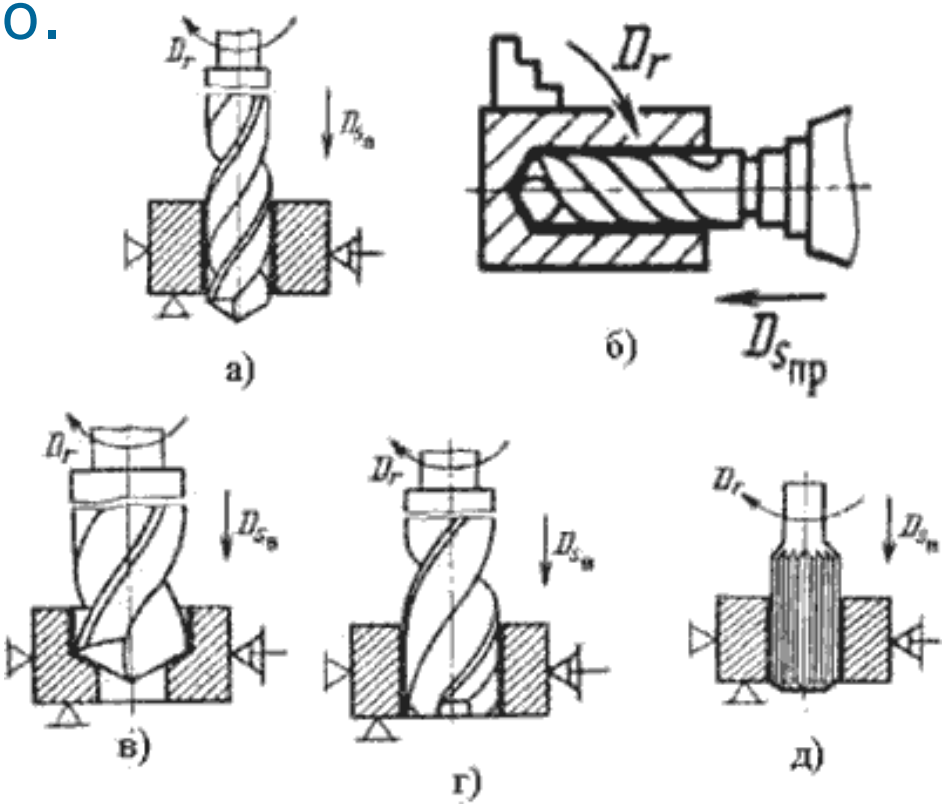
Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой в целях получения высокой точности и низкой шероховатости.

Самыми распространенными инструментами для обработки отверстий являются:

- сверла,
- зенкеры,
- развертки.

Различают две основные разновидности процесса резания при сверлении сверление при вращающемся инструменте и сверление при вращающемся изделии.

На сверлильных станках сверло совершает вращательное (главное) движение и продольное (движение подачи) вдоль оси отверстия, заготовка неподвижна, при работе на других станках вращательное (главное движение) совершает обрабатываемая деталь, а поступательное движение вдоль оси отверстия (движение подачи) совершает сверло.



- Диаметры просверленных отверстий всегда больше диаметра сверла, которым они обработаны. Разность диаметров сверла и просверленного им отверстия называют разбивкой отверстия.
- Для стандартных сверл диаметром 10...20 мм разбивка составляет 0,15...0,25 мм. Причиной разбивки отверстий являются недостаточная точность заточки сверл и несоосность сверла и шпинделя сверлильного станка.

- Процесс резания при сверлении протекает так же, как и при точении, но с некоторыми особенностями.

Процесс резания при сверлении происходит в более тяжелых условиях, чем при точении.



Особенности, отрицательно влияющие на протекание процесса стружкообразования при сверлении:

а) уменьшение переднего угла в различных точках режущих кромок по мере приближения рассматриваемой точки к оси сверла;

б) неблагоприятные условия резания у поперечной кромки (так как угол резания здесь больше 90°);

в) отсутствие заднего угла у ленточек сверла, что создает большое трение об обработанную поверхность.

- г) затруднения в удалении стружки и подводе СОЖ, возрастающие с увеличением глубины сверления.
- д) трудно конструктивно обеспечить достаточную жесткость сверл (особенно малого диаметра).

1. Сверла. Классификация сверл

- *Сверло* – осевой режущий инструмент для обработки отверстий в сплошном материале и увеличения диаметра имеющегося отверстия.

Сверла изготовляют цельной и сварной конструкции из:

- углеродистой ,
- легированной,
- быстрорежущей сталей,
- а также оснащают твердыми сплавами.

По конструкции и назначению сверла делят на:

- спиральные
- перовые,
- центровочные,
- сверла для глубокого сверления,
- специальные.

К группе специальных относятся:

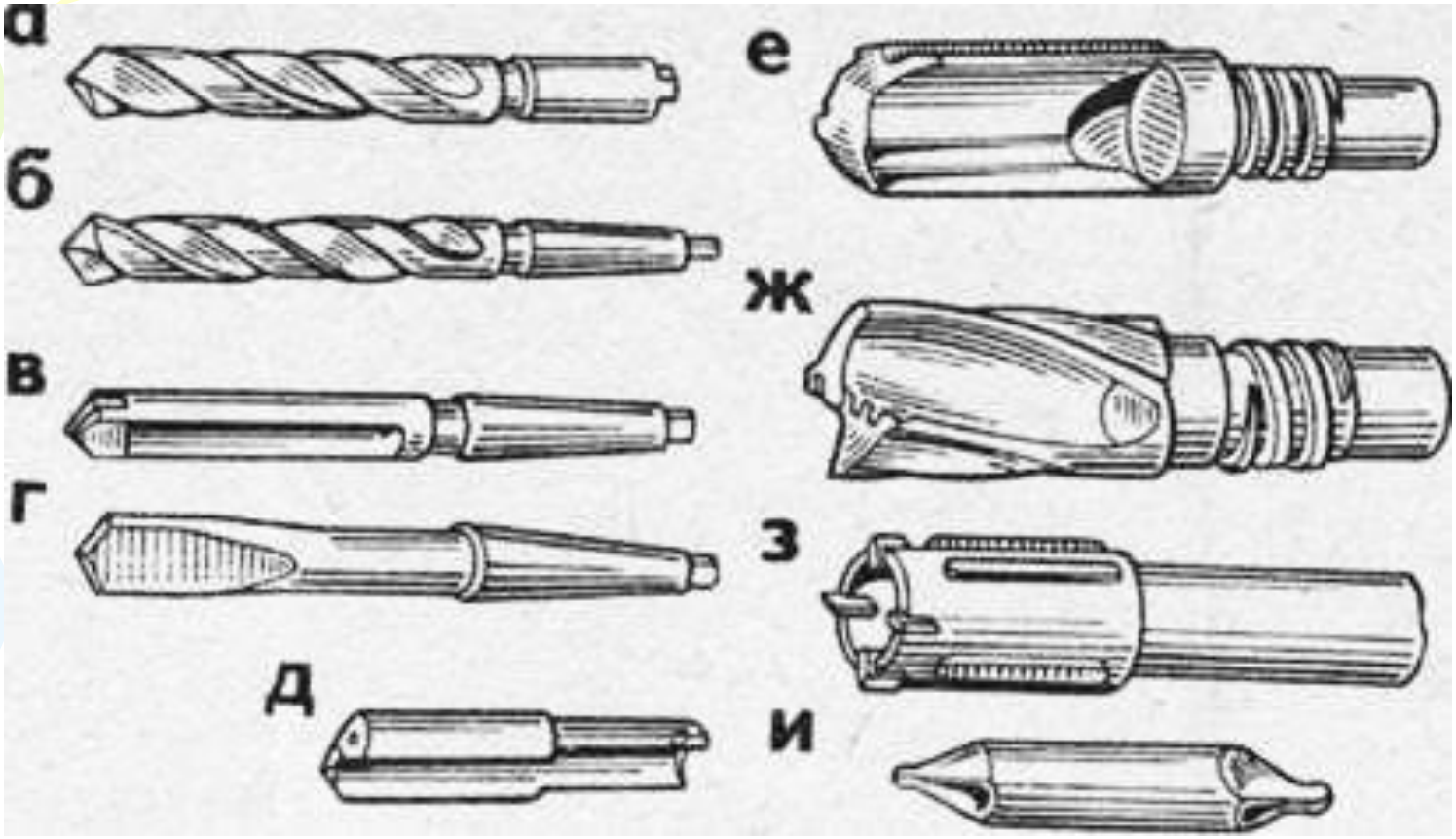
- кольцевые,
- эжекторные.

По форме хвостовика:

- с коническим хвостовиком,
- с цилиндрическим хвостовиком.

По длине:

- нормальные,
- укороченные,
- длинные.



Разновидности сверл: а, б — спиральные, в — с прямыми канавками, г — перовое, д — ружейное, е — однокромочное с внутренним отводом стружки для глубокого сверления, ж — двухкромочное для глубокого сверления, з — для кольцевого сверления, и - центровочное

2 Конструктивные и геометрические параметры спирального сверла

Спиральные сверла используются для обработки отверстий диаметром до 80 мм, обеспечивают точность, соответствующую 11…12 квалитету, и шероховатость Rz=40…160 мкм.

Спиральное (более точно винтовое) сверло, применяется для отверстий:

- не требующих дополнительной обработки;
- под зенкерование;
- под развертывание;
- под нарезание резьбы метчиком.

- Спиральные сверла из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком изготавливают диаметром от 1 до 20 мм. В зависимости от длины рабочей части сверла делят на короткую (ГОСТ 4010 - 77), среднюю (ГОСТ 10902 - 77) и длинную (ГОСТ 886 - 77 и ГОСТ 12122 -77) серии.
- Сверла с коническим хвостовиком изготавливают диаметром от 6 до 80 мм (ГОСТ 10903 - 77), удлиненные (ГОСТ 2092 - 77) и длинные (ГОСТ 12121 - 77).
- Мелкоразмерные сверла диаметром от 0,1 до 1,5 мм для увеличения прочности изготавливают с утолщенным цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 8034 - 76).

- Быстрорежущие сверла диаметром свыше 6 - 8 мм делают сварными, хвостовики у этих сверл, а также хвостовики и корпуса у сверл, оснащенных твердым сплавом, изготавливают из стали 45, 40Х, кроме того, для корпусов сверл, оснащенных твердым сплавом, применяют сталь 9ХС и быстрорежущие стали.

- Спиральные сверла изготовляются из углеродистой инструментальной стали У10А, легированной стали, хромокремнистой 9ХС, быстрорежущей Р6М5.

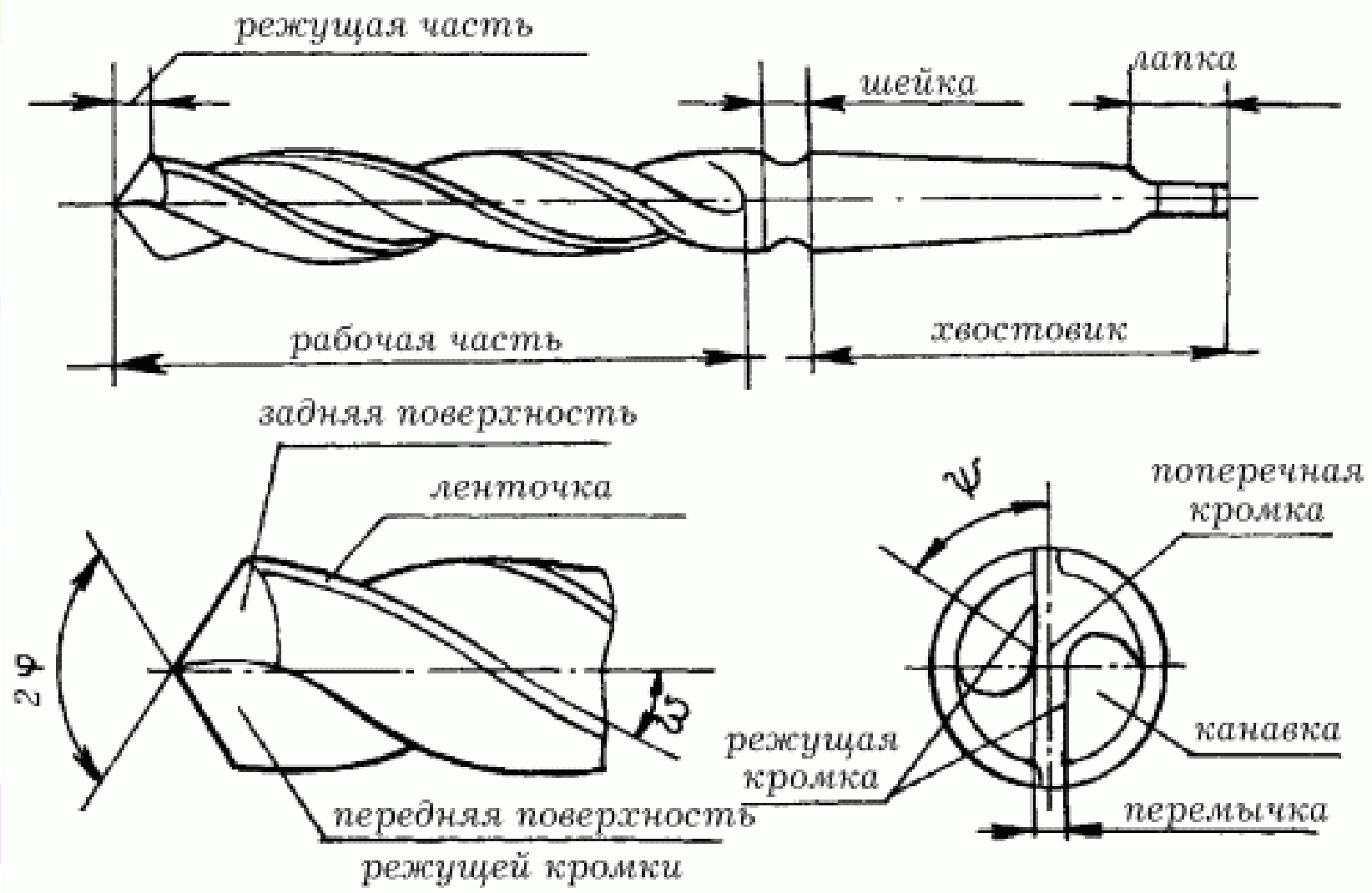


Рисунок 1 - Конструкция спирального сверла

Конструктивные параметры сверла

У спирального сверла различают следующие части (рисунок 1):

- рабочая часть,
- режущая часть,
- направляющая часть,
- соединительная часть (шейка),
- хвостовая часть.

Рабочая часть - часть сверла, снабженная двумя спиральными (точнее, винтовыми) канавками; рабочая часть включает в себя режущую и направляющую части сверла.

Длина рабочей части l_0 сверла зависит от глубины сверления и запаса на переточку

$$l_0 \geq l + 3D \text{ (l – глубина отверстия).}$$

Режущая часть - часть сверла, заточенная на конус и несущая режущие кромки.

Направляющая часть - часть сверла, которая обеспечивает направление сверла в процессе резания.

Хвостовик - часть сверла, служащая для его закрепления и передачи крутящего момента от шпинделя.

Для сверл :

D до 10-12 мм – цилиндрические хвостовики,

D > 12 мм – конические хвостовики.

Шейка сверла соединяет рабочую часть и хвостовик и служит для выхода абразивного круга в процессе шлифования сверла при его изготовлении. На шейке обычно проставляется марка материала сверла.

Лапка - у сверл с коническим хвостовиком служит упором при выбивании сверла из отверстия шпинделя.

Основные элементы спирального сверла:

- Передняя поверхность
- Задняя поверхность
- Режущая кромка
- Ленточка
- Поперечная кромка
- Диаметр сердцевины d_c

Передняя поверхность - винтовая поверхность канавки, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность - поверхность, обращенная к поверхности резания.

Режущая кромка - линия, образованная пересечением передней и задней поверхностей; главных режущих кромок у сверла две.

Ленточка - узкая полоска на цилиндрической поверхности сверла, расположенная вдоль винтовой канавки; обеспечивает сверлу направление при резании. Ширина ленточки f должна быть минимальной и выбирается в зависимости от диаметра сверла.

$$f = 0{,}3\ldots2{,}6 \text{ мм.}$$

Поперечная кромка - линия, образованная в результате пересечения обеих задних поверхностей.

Диаметр сердцевины d_c влияет на прочность и жесткость сверла и на величину поперечной кромки.

Оптимальный $d_{c\ опт}$ обеспечивает максимальную стойкость сверла

$$d_{c\ опт} = (0{,}12\ldots0{,}2)D.$$

Геометрические параметры спирального сверла

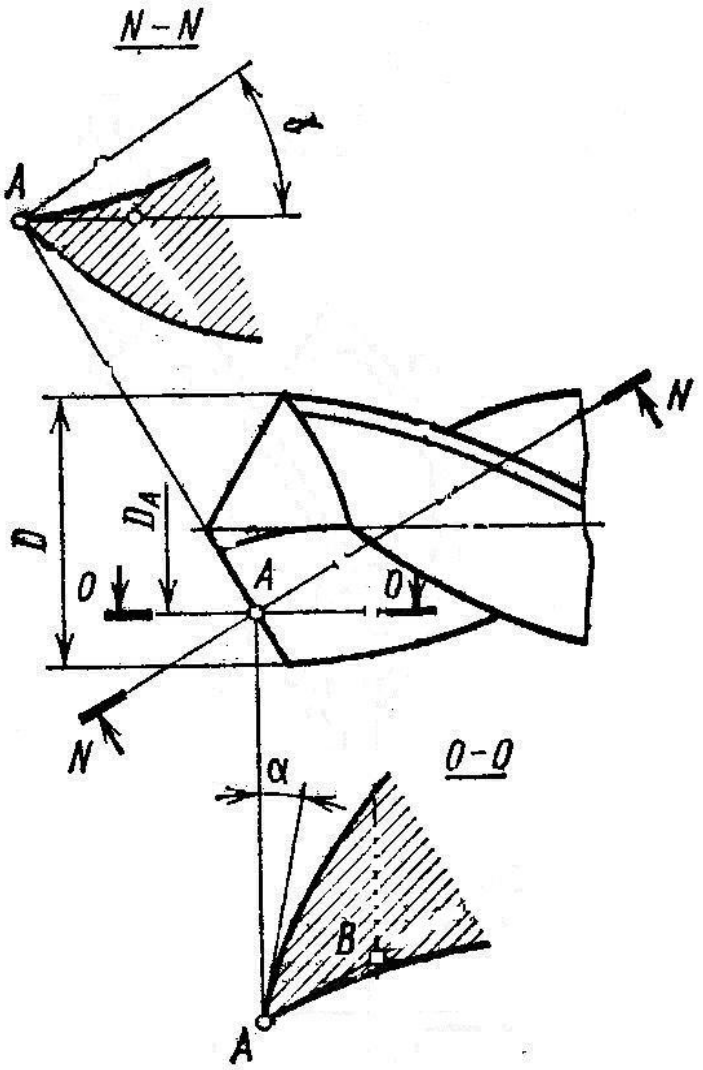


Рисунок 2 - Геометрия спирального сверла

Передний угол γ – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла (к поверхности резания).

В каждой точке режущей кромки передний угол является величиной переменной. Он может быть определен по формуле

$$tg\gamma_x = \frac{r_x}{R}\frac{tg\omega}{\sin\varphi},$$

где r_x - радиус окружности на которой расположена, рассматриваемая точка,

R – радиус сверла,

ω – угол наклона винтовой канавки,

φ – половина угла при вершине сверла.

Наибольшее значение γ на периферии, где в плоскости параллельной оси сверла А-А он равен углу наклона винтовой канавки ω.

Наименьшее значение γ – у вершины сверла. На поперечной кромке угол γ имеет отрицательное значение, что создает угол резания больше 90° , и тяжелые условия резания, металл не режется а скоблится.

Большой передний угол уменьшает угол заострения, что приводит к более быстрому нагреву этой части сверла, а следовательно, и к наибольшему износу.

Изменение переднего угла сверла вдоль всей длины режущей кромки можно видеть из графического построения.

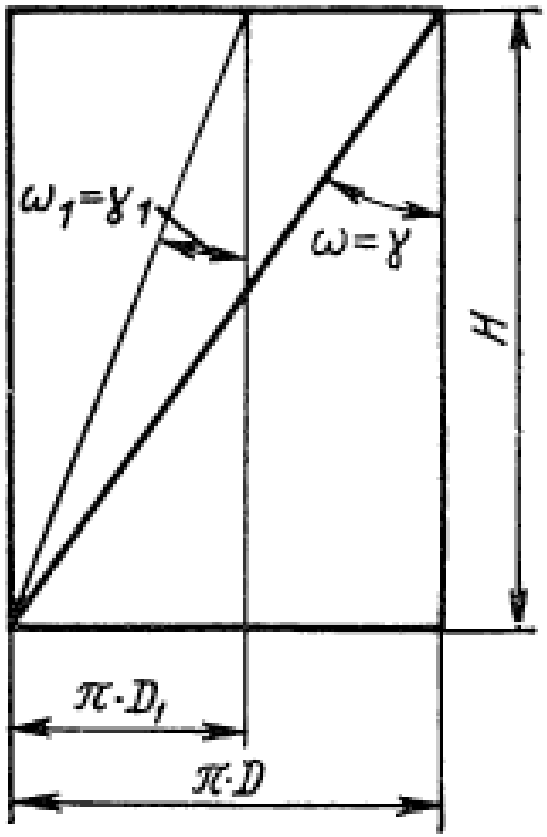


Рисунок 3 – Изменение переднего угла сверла вдоль режущей кромки

Винтовая линия при развертывании на плоскость представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника, одним катетом которого является *шаг винтовой канавки H*, а другим – *длина окружности* того диаметра, на котором образована винтовая линия πD.

Так как шаг винтовой канавки *H* одинаков в любом осевом сечении, то рассматривая винтовую канавку на цилиндре диаметром $D_1 < D$, видим что угол $\omega_1 < \omega$, а так как в осевом сечении передний угол равен углу наклона винтовой канавки ω, то и $\gamma_1 < \gamma$, т.е. по мере приближения точки режущей кромки к оси сверла передний угол уменьшается.

Главным задним углом сверла α называется угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла (и плоскостью резания).

Задний угол, так же как и передний, изменяется по величине в разных точках режущей кромки. В точках, расположенных ближе к наружной поверхности сверла, он меньше, в точках, расположенных ближе к центру, больше. Задний угол образуется при заточке заборного конуса и на периферии сверла равен приблизительно 8-12°, а в центре 20-25°.

Для точки, находящейся на периферии сверла, задний угол в нормальной плоскости Б-Б может быть определен по формуле

$$tg_{\alpha н} = tg\alpha \cdot \sin\varphi$$

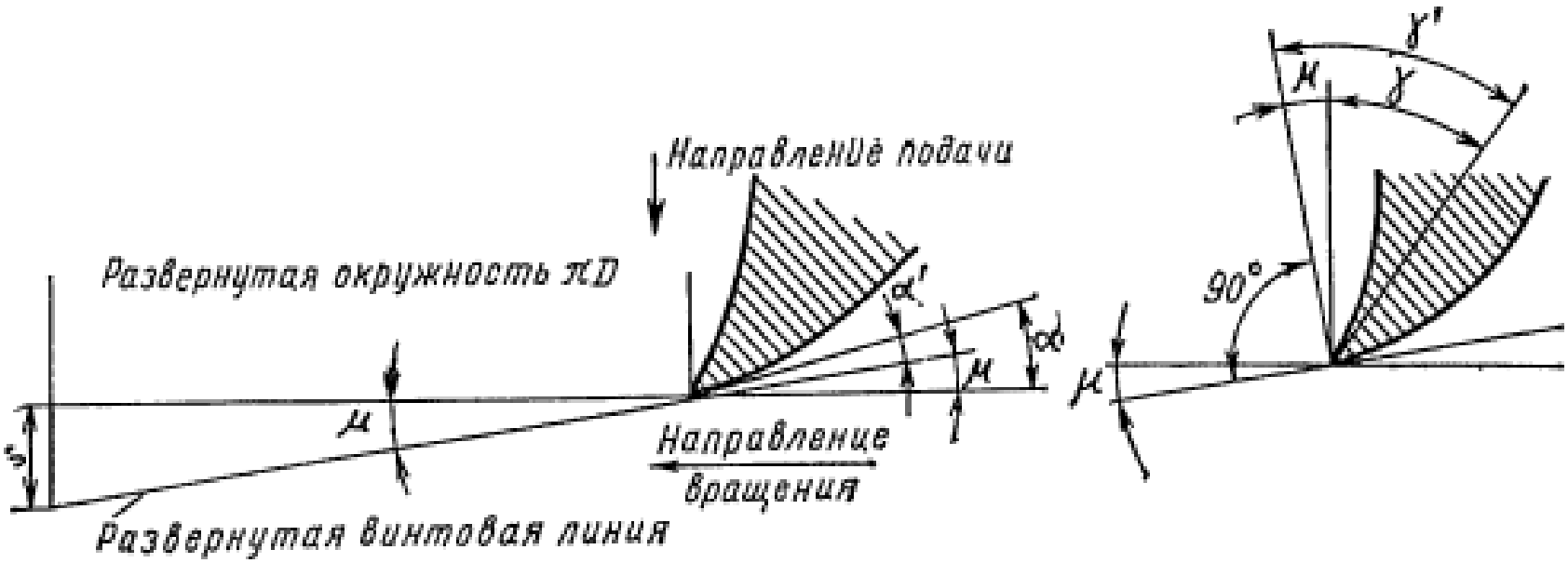


Рисунок 4 – Углы режущих кромок сверла в процессе резания

Действительное значение заднего угла α' во время работы иное по сравнению с тем углом, который получен при заточке и измеренный в статическом состоянии. Он меньше на некоторую величину μ:

$$\alpha' = \alpha - \mu,$$

где $$\operatorname{tg} \mu = S/\pi D$$

Чем меньше диаметр окружности, на которой находится рассматриваемая точка режущей кромки, и чем больше подача S, тем больше угол μ и меньше действительный задний угол α'.

Действительный передний угол в процессе резания γ' соответственно будет больше угла γ, измеренного после заточки в статическом состоянии:

$$\gamma' = \gamma + \mu$$

Угол при вершине 2φ образуют две главные режущие кромки на режущей части (рисунок 2),

Для разных материалов он должен быть различным : для более твердых- больше, для более мягких- меньше.

У сверл из инструментальных сталей при обработке конструкционных материалов обычно равен 116^0-118^0.

Угол наклона поперечной кромки ψ измеряется между проекциями поперечной и главных режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла; при правильной заточке сверла угол .

$$\psi = 50 \div 55^0$$

Угол наклона винтовой канавки ω заключен между осью сверла и касательной к винтовой линии по наружному диаметру сверла.

$$\operatorname{tg} \omega = \pi D / H$$

где H – шаг винтовой канавки.

3 Элементы режима резания и среза

- В процессе сверления различают следующие элементы резания: скорость резания, глубина резания, подача, толщина и ширина стружки.

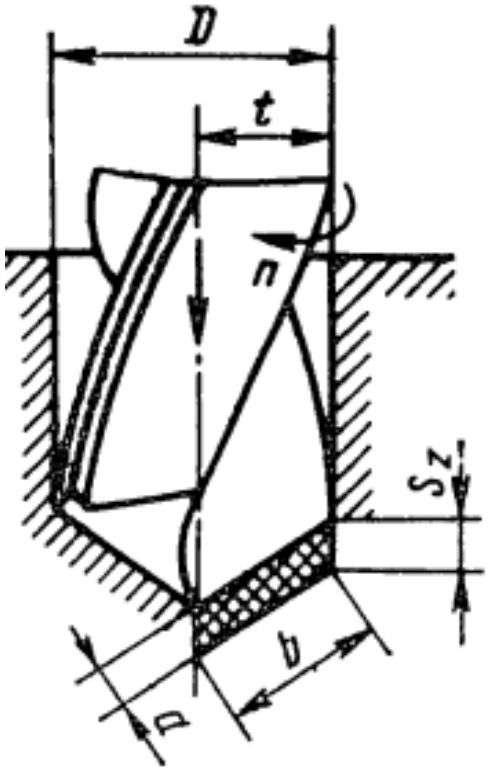


Рисунок 5 - Элементы резания при сверлении

Главное рабочее движение сверла (вращательное) характеризуется скоростью резания.

Скорость резания для различных точек режущей кромки сверла различна: на периферии сверла скорость резания наибольшая, а по мере приближения к оси сверла она уменьшается и в центре равна нулю.

За скорость резания принимается окружная скорость точки, наиболее удаленной от оси сверла, рассчитанная по диаметру сверла:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, м/мин,$$

где D – диаметр сверла в мм;

n –частота вращения сверла в об/мин.

Подача — величина перемещения сверла вдоль оси за один его оборот (или за один оборот заготовки, если она вращается, а сверло только перемещается). (S_0, мм/об).

У сверла две главные режущие кромки; подача, приходящаяся на каждую из них,

$$S_z = \frac{S_0}{2}, мм/зуб.$$

Как и при токарной обработке, подачу можно измерять и в миллиметрах за 1 мин (минутная подача):

$$S_м = S_0 n$$

- Глубина резания при сверлении определяется диаметром сверла:

$$t = \frac{D}{2}$$

- а при рассверливании отверстия диаметром d:

$$t = \frac{D - d}{2}$$

Толщина среза a измеряется в направлении, перпендикулярном к режущей кромке:

$$a = s_z \sin\varphi = S_0 /2 \cdot \sin\varphi \text{ мм.}$$

Ширина среза b измеряется вдоль режущей кромки и равна ее длине:

$$b = D/2 \sin\varphi \text{ мм.}$$

Площадь поперечного сечения среза, приходящаяся на одну режущую кромку,

$$f_z = ab = s/2 \cdot \sin\varphi \cdot D/2 \sin\varphi = D \cdot s/4 \text{ мм}^2$$

Общая площадь поперечного сечения среза, приходящаяся на обе режущие кромки,

$$f = 2f_z = 2\ D \cdot s/4 = D \cdot s/2 \text{ мм}^2.$$

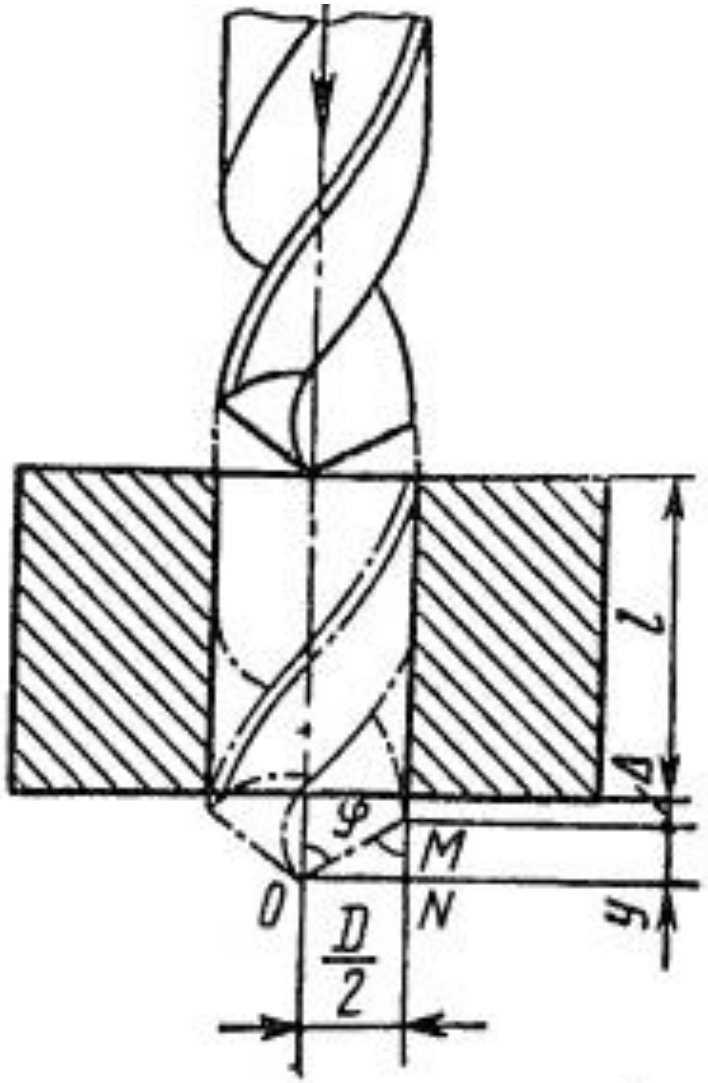


Рисунок 6 - Элементы пути, проходимого сверлом при сквозном (на выход) сверлении

Машинное время при сверлении и рассверливании

$$T_M = L/ns = (l+y+\Delta)/ns \text{ мин}$$

где L — полный путь, проходимый сверлом в направлении подачи, в мм;

l — глубина сверления в мм (глубина отверстия);

Δ — величина перебега (1—2 мм);

n — частота вращения сверла в об/мин;

s — подача в мм/об;

y — величина врезания в мм;

$y = D/2\ ctg\varphi$ (из треугольника OMN);

Для обычных сверл одинарной заточки при угле 2φ = 116 - 118°

$$y = 0{,}3/D;$$

Для сверл с двойной заточкой

$$y = 0{,}4/D;$$

при рассверливании $y = t \cdot ctg\varphi$.

4 Силы, действующие на сверло

- В отличие от точения при сверлении участвуют не одна, а три (две главные и одна поперечная) режущие кромки, которые в совокупности определяют силовую нагрузку на сверло. Кроме этого при сверлении имеет место трение ленточек сверла о стенки обработанного отверстия, что оказывает влияние на крутящий момент

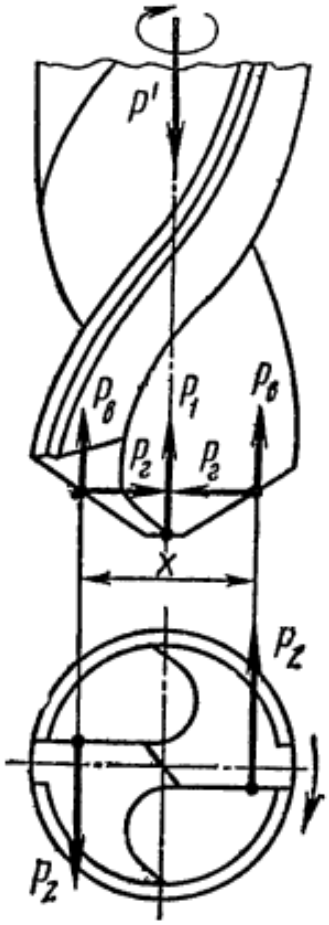


Рисунок 7 – Силы, действующие на сверло

На все элементы сверла при резании действуют некоторые силы сопротивления стружкообразованию. Разложим равнодействующую силу сопротивления на каждой режущей кромке на силы в трех взаимно перпендикулярных направлениях: P_z, $P_в$ и $P_г$.

Горизонтальные силы $P_г$, действующие на обеих режущих кромках, можно считать взаимно уравновешенными.

Силы $P_в$, направленные вверх, препятствуют проникновению сверла в глубину заготовки. В этом же направлении действует и сила P_1 на поперечной кромке. Кроме того, продвижению сверла препятствуют силы трения на ленточках сверла (в результате трения об обработанную поверхность отверстия) и силы трения от сходящей стружки $P_т$.

Для проникновения сверла в обрабатываемую заготовку к сверлу от станка должна быть приложена такая сила P', которая могла бы преодолеть сумму сил сопротивления, действующих вдоль оси сверла:

$$P' \geq 2(2P_в + P_1 + P_т).$$

Суммарная сила от указанных сил сопротивления в осевом направлении сверла называется *осевой силой P (или усилием подачи).*

Силы сопротивления проникновению сверла $P_в$, возникающие на режущих кромках, составляют около 40% общего сопротивления (или силы P); силы сопротивления, возникающие на поперечной кромке (P_1), составляют 57% и силы от трения $P_т$ — около 3%.

Силы, препятствующие продвижению сверла в материал, преодолеваются механизмом подачи сверлильного станка, который и рассчитывается по максимальной осевой силе P.

При эксплуатации станка с заданными условиями сверления необходимо, чтобы сумма сил сопротивления, действующих вдоль оси сверла, или осевая сила P, была меньше или, в крайнем случае, равна наибольшей силе Pmax, допускаемой механизмом подачи станка (во избежание поломки слабого звена механизма подачи), т. е.

$$P \leq P_{max}$$

Сила P_z создает момент сопротивления

$$M_{ср} = P_z \cdot x.$$

Суммарный момент от сил сопротивления резанию складывается из момента от сил P_z, момента от сил скобления и трения на поперечной кромке $M_{п.к}$, момента от сил трения на ленточках $M_л$ и момента от сил трения стружки о сверло и обработанную поверхность $M_с$, т, е.

$$M = M_{с.р} + M_{п.к.} + M_л + M_с.$$

Измерения показывают, что 80% общего момента сопротивления резанию приходится на долю режущих кромок, 8% — на поперечную кромку и 12% — на трение стружки о сверло и стенки отверстия и сверла своими ленточками об обработанную поверхность ($M_л + M_с$).

Для осуществления процесса резания необходимо, чтобы

$$M_{вр} \geq M$$

- Для осуществления процесса резания к инструменту должны быть приложены сила подачи Ро, превосходящая силы сопротивления материала осевому перемещению сверла, и крутящий момент Мкр, необходимый для преодоления момента сопротивления М и для обеспечения главного вращательного движения шпинделя и сверла.

5 Влияние различных факторов на осевую силу и момент

$$P = C_p D^{z_p} s^{y_p} K_p \text{ кгс};$$

$$M = C_м D^{z_м} s^{y_м} K_м \text{ кгс·мм};$$

где $C_р$ и $C_м$ — коэффициенты, характеризующие материал и условия его обработки;

D —диаметр сверла в мм;

s — подача в мм/об;

$z_р$; $z_м$; $y_м$; $y_р$— показатели степеней;

$К_р$ и $К_м$ — общие поправочные коэффициенты на измененные условия обработки.

На возникающие при сверлении осевую силу и суммарный момент сопротивления резанию влияют следующие *основные факторы*:

1) обрабатываемый металл;
2) диаметр сверла и подача;
3) геометрические элементы сверла;
4) смазочно-охлаждающие жидкости;
5) глубина сверления;
6) износ сверла.

Угол наклона винтовой канавки ω влияет на параметры P и *M* постольку, поскольку он влияет на передний угол сверла γ.

Чем больше угол ω, тем больше передний угол в каждой точке режущей кромки сверла, тем меньше деформация срезаемого слоя, а следовательно, меньше осевая сила P и момент от сил сопротивления *M*.

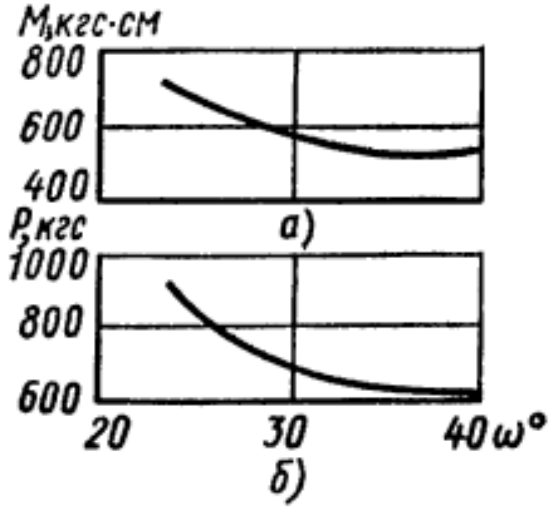


Рисунок 8- Влияние наклона винтовой канавки ω сверла на момент (а) и осевую силу (б)

При уменьшении *угла при вершине сверла 2φ* увеличиваются горизонтальные силы $P_г$ и уменьшаются вертикальные силы $P_в$, что и приводит к уменьшению осевой силы *P;* при увеличении же угла 2φ при вершине сверла увеличивается и осевая сила *P*.

Увеличение или уменьшение силы P_z приводит к соответствующему увеличению или уменьшению момента от сил сопротивления резанию.

При увеличении угла 2φ осевая сила P увеличивается, а момент от сил сопротивления резанию M уменьшается.

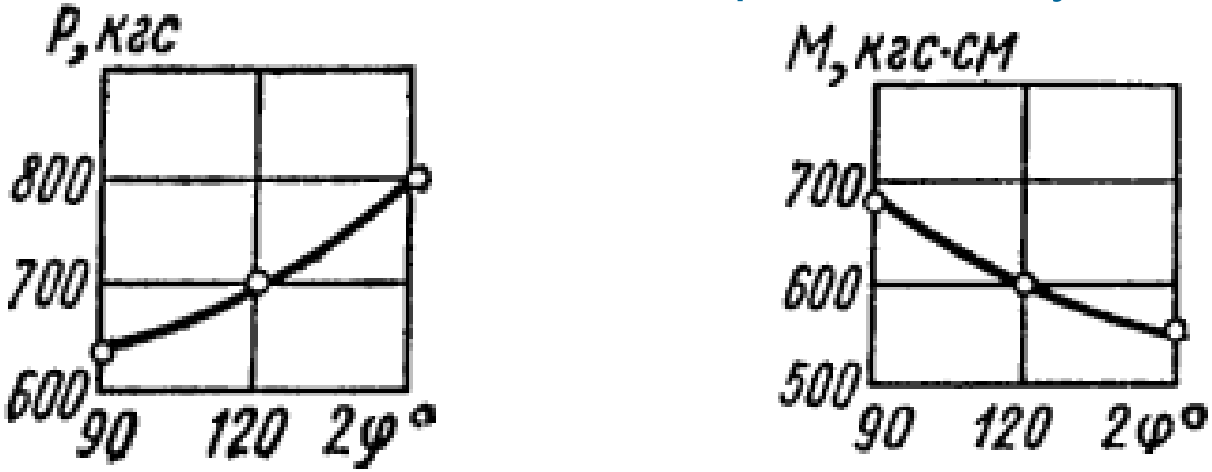


Рисунок 8 – Влияние угла при вершине сверла 2φ на осевую силу и момент

Чем больше *длина поперечной кромки*, тем большим будет момент от сил сопротивления резанию и особенно осевая сила. Для уменьшения *P* и *M* подтачивают перемычку, благодаря чему уменьшается как длина поперечной кромки, так и угол резания в точках режущей кромки, близко расположенных к оси сверла; осевая сила *P* при такой подточке уменьшается на 30—35% (по сравнению со сверлом, не имеющим подточки).

У сверл со срезанной поперечной кромкой углы резания еще более благоприятны; такая заточка способствует снижению силы *P* до *4* раз и повышению стойкости сверла.

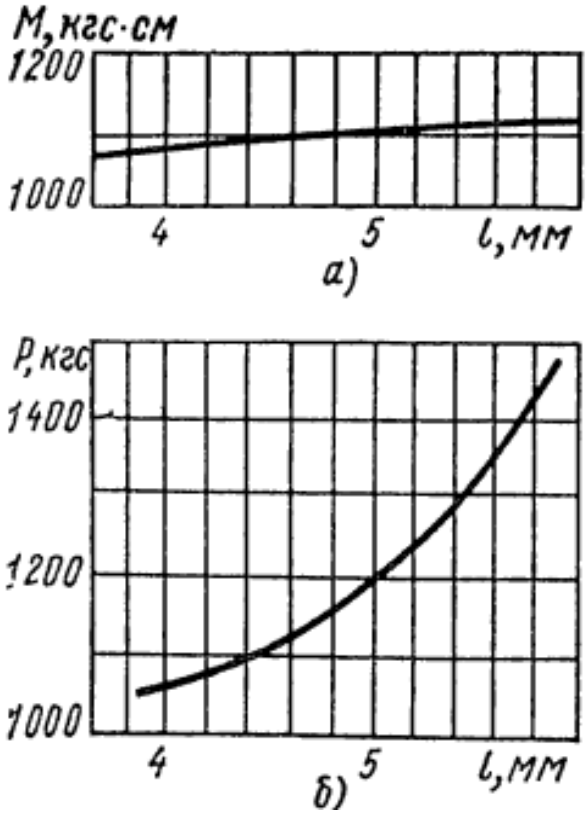


Рисунок 9 –Влияние длины поперечной кромки на на момент (а) и осевую силу (б)

Мощность, затрачиваемая на резание, будет складываться из мощности, затрачиваемой на вращение, и мощности, затрачиваемой на движение подачи, т. е.

$$N_{рез} = N_{вр} + N_{под}$$

Мощность, затрачиваемая на вращение,

$$N_{вр} = M \cdot n / 975000 \text{ кВт},$$

где M — момент от сил сопротивления резанию в кгс-мм;

n — частота вращения сверла в об/мин.

Мощность, затрачиваемая на подачу сверла,

$$N_{под} = Psn / 60 \cdot 1000 \cdot 102 \text{ кВт}$$

где P — осевая сила в кгс.

$$N_{рез} = N_{вр} = M \cdot n / 975000 \text{ кВт}$$

$$N_{дв} = N_{рез} / 1,3\eta_{ст}$$

$\eta_{ст}$ _к.п.д. станка

6 Влияние различных факторов на скорость резания

На скорость резания при сверлении влияют следующие ***основные факторы***:

- стойкость режущего инструмента,
- физико-механические свойства обрабатываемого металла,
- материал режущей части сверла,
- диаметр сверла,
- подача,
- глубина сверления,
- форма заточки сверла,
- смазочно-охлаждающие жидкости.

Стойкость режущего инструмента.

Чем больше скорость резания, тем больше тепловыделение, интенсивнее износ, скорее затупится сверло, меньшую стойкость оно будет иметь. Скорость резания зависит от стойкости сверла:

$$v = A/T^m$$

где m - показатель относительной стойкости при работе сверлами.

При работе *сверлами из быстрорежущей стали*:

- *m* = 0,2 при обработке сталей;
- *m* = 0,125 при обработке чугунов.

При работе сверлами с пластинками из твердых сплавов (ВК8)

- *m* = 0,2 при резании чугунов.

Для сверл D = 5 ÷ 60 мм из быстрорежущих сталей:

- T = 15 ÷ 110 мин при обработке стали ,
- T = 20 ÷ 170 мин при обработке чугуна.

Для сверл, оснащенных твердым сплавом ВК8

- T — 40 ÷ 80 мин при обработке серого чугуна.

Физико-механические свойства обрабатываемого металла.

Чем выше механические свойства обрабатываемого металла, тем меньше скорость резания, допускаемая сверлом (при одной и той же стойкости). В зависимости от предела прочности стали при растяжении скорость резания, допускаемая сверлами из быстрорежущей стали (при одной и той же стойкости)

$$\upsilon = \frac{C_1}{\sigma_B^{\chi}}.$$

При сверлении заготовок *из автоматных сталей* показатель степени x = 1,05;

При сверлении *углеродистых сталей:*

- с $\sigma_в$ < 55 кгс/мм^2 величина x = - 0,9;
- при $\sigma_в \geq 55$ кгс/мм^2 величина x = 0,9;

При сверлении хромистых, никелевых, хромоникелевых, хромомолибденовых, инструментальных быстрорежущих и других легированных незакаленных сталей x = 0,9.

Для сверла, оснащенного твердым сплавом ВК8, при обработке серого чугуна скорость резания зависит от твердости чугуна:

$$\upsilon = \frac{C_2}{HB^{0,7}}.$$

Материал режущей части сверла.

Сверла из инструментальных углеродистых сталей допускают скорости резания в 2 раза меньшие, чем сверла из быстрорежущих сталей Р18 и Р9; сверла с пластинками из твердых сплавов — в 2—3 раза большие. Сверла из легированной стали 9ХС допускают меньшую скорость резания, чем сверла из стали Р18 (коэффициент уменьшения 0,6).

Диаметр сверла.

С увеличением диаметра сверла (при прочих одинаковых условиях) скорость резания, допускаемая сверлом, повышается.

Это объясняется тем, что при увеличении диаметра сверла, несмотря на увеличение площади поперечного сечения среза и увеличение работы, затрачиваемой на резание, отвод теплоты от поверхностей сверла в его тело и в заготовку более интенсивен, что снижает тепловую напряженность на поверхностях трения сверла и повышает его стойкость.

Подача.

С увеличением подачи увеличивается термодинамическая нагруженность сверла, что снижает его стойкость (или скорость резания при одинаковой стойкости).

Глубина сверления.

С увеличением глубины сверления условия работы сверла становятся более тяжелыми; это приводит к большему нагреву сверла и к снижению его стойкости (в большей степени для сверл меньших диаметров). Поэтому при сверлении на глубину более *3D* скорость резания необходимо снижать, что учитывается поправочным коэффициентом K_{lv} :

Глубина отверстия до	3D	*4D*	5*D*	6*D*	8*D* 10D
Коэффициент K_{lv} ……	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

- **Форма заточки.** Формы заточек сверл выбирают в зависимости от свойств обрабатываемых материалов и диаметра сверла.
- Для повышения стойкости сверла и производительности обработки производят двойную заточку сверла под углами 2φ = 116...118° и 2φ 0 = 70...90°.
- Двойная заточка под углом $2\varphi_0 = 70°$ позволяет повысить скорость резания в среднем на 15—20% при сверлении стали (по сравнению с одинарной заточкой) и на 30% при сверлении чугуна; стойкость сверл (при одной и той же скорости резания) повышается в 2—3,5 раза.

Повышение скорости резания, допускаемой сверлом, объясняется тем, что режущая кромка становится длиннее, стружка у кромки, образованной дополнительной заточкой, будет тоньше, а уголок (в место перехода от режущих кромок к ленточкам), являющийся наиболее слабым местом сверла,— более массивным. Это повышает прочность уголка и снижает термодинамическую нагрузку на единицу длины режущей кромки.

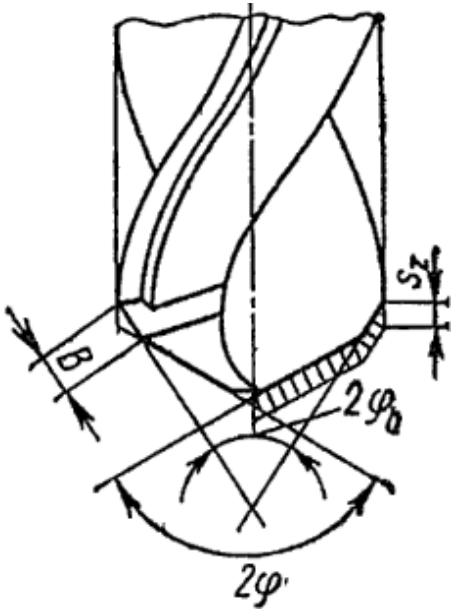
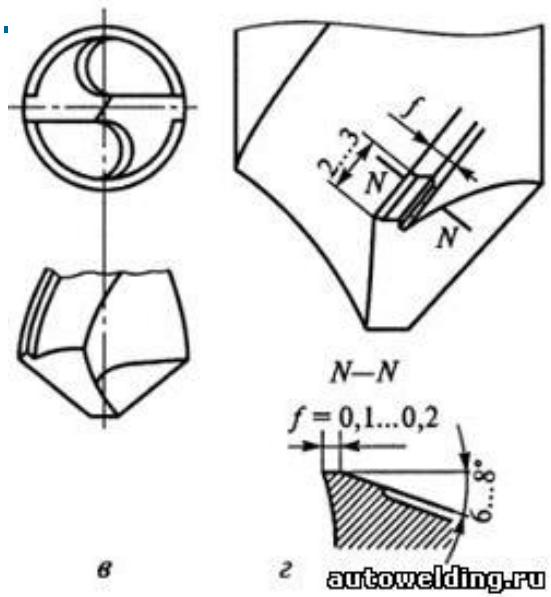


Рисунок 10 - Двойная заточка сверла

- Подточка поперечной кромки (рис. в) и ленточки сверла (рис. г) облегчает процесс сверления отверстий. Подточка поперечной кромки снижает осевую силу, а подточка ленточки уменьшает трение ленточек о стенки отверстия и повышает стойкость сверл.
- При подточке длина поперечной кромки уменьшается до 50 %. Обычно производится подточка сверл диаметром более 12 мм, а также после каждой переточки сверла.



в - подточка поперечного лезвия и ленточки; г - подточка ленточки: f - ширина ленточки

Смазочно-охлаждающие жидкости.

При сверлении применяются *следующие жидкости*:

- при обработке сталей — эмульсии и компаундированные масла (для легированных сталей);
- при обработке ковкого чугуна — эмульсии;
- при обработке серого чугуна — керосин (чаще всухую);
- при обработке алюминия — эмульсия, керосин (чаще всухую);
- при обработке бронзы — эмульсия (чаще всухую).

Особенно эффективен подвод жидкости в зону резания под давлением 15 кгс/мм2. При такой интенсивной подаче жидкости стружка получается дробленой и полностью вымывается из отверстия. Значительное снижение температуры резания при этом приводит к повышению стойкости сверл из быстрорежущей стали Р9 до 10 раз, что обеспечивает возможность соответствующего повышения элементов режима резания и снижения машинного времени в 2 раза.

Контрольные вопросы:

1. Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла;
2. Элементы режима резания и среза при сверлении;
3. Анализ сил, возникающих при сверлении, крутящий момент;
4. Влияние различных факторов на осевую силу и момент;
5. Влияние различных факторов на скорость резания.