

Показатель точности $P = 1,8 \%$.

Если величина показателя точности исследований равна или меньше 5 %, считается, что точность исследований вполне достаточна, а полученные данные могут характеризовать средние значения замеров с достоверностью 95 %.

Вывод

При сверлении массивной древесины критическая глубина сверления всегда зависит от режима сверления. С изменением породы древесины, влажности, частоты вращения и диаметра сверла критическая глубина сверления изменяются. Для проведенных режимов сверления $t_{кр} = 2,4-8,73D$.

Библиографический список

1. Ивановский Е.Г. Резание древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 200 с.
2. Глебов И.Т., Амет Г. Удаление стружки при сверлении // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2015. С. 137–142.

УДК 674.023

И.Т. Глебов, А. Мартинон

(I.T. Glebov, A. Martinon)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: git5@yandex.ru

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

TRANSPORTATION OF SHAVING WHEN DRILLING WOOD

В статье показаны трудности удаления стружки при сверлении отверстий в древесине. Рассмотрена конструкция винтовых сверл, показана роль винтовой канавки сверла. Приведен вывод формулы для расчета предельно допустимой подачи на зуб при сверлении отверстий в древесине.

Difficulties of removal of shaving when drilling openings in wood are shown in article. The design of screw drills is considered, the role of a screw flute of a drill is shown. A formula conclusion for calculation of maximum permissible giving to tooth when drilling openings is given in wood.

Выполнение отверстий в древесине методом сверления широко применяется в производстве мебели, столярно-плотницком и катушечном производствах, в изготовлении строительных конструкций и др. Для сверления используются разнообразные сверла.

Трудности сверления связаны с удалением стружки из обрабатываемого отверстия. На некоторой глубине сверления объем образующейся стружки начинает превышать объем удаляемой из отверстия. Стружка начинает уплотняться, в стружечных канавках сверла образуются брикеты, и сверло заклинивает в отверстии. Затрудненный стружкоотвод приводит к отказам при сверлении, снижению производительности труда и частым поломкам сверл.

Обычно глубину отверстия связывают с его диаметром:

$$m = t/d_0,$$

где m – коэффициент отношения;
 t – глубина отверстия;
 d_0 – диаметр отверстия.

При обработке отверстий в металле $m = 3,5-5$. При обработке массивной древесины, по данным Е.Г. Ивановского [1], $m \leq 10$. Специальные исследования по этому вопросу при сверлении древесины не проводились.

При обработке глубоких отверстий с превышением коэффициента m сверление производят в несколько приемов. Чтобы предотвратить заклинивание сверло многократно поднимают из отверстия, очищают от стружки и снова опускают в отверстие и сверлят. При такой организации сверления и стружкоотвода можно избежать отказов станка, повысить производительность труда.

Элементы сверла

Для обработки древесины и древесных материалов часто используют спиральные сверла с конической заточкой (для продольного сверления) и спиральные сверла с центром и подрезателями (для поперечного сверления) [2]. Подрезатели расположены на периферии сверла и предназначены для перерезания волокон древесины. Центр представляет собой пирамидальный выступ в центральной режущей части сверла и предназначен для направления сверла.

Рабочая часть сверла (рис. 1) представляет собой сердцевину, вокруг которой расположены винтовые стружечные канавки, примыкающие к режущим кромкам. Толщина сердцевины равна $(0,3-0,4)D$, угол наклона спирали $\omega = 20-30^\circ$. Сердцевина утолщается к хвостовику на 1,4–1,8 мм на каждые 100 мм длины сверла (ГОСТ 22057-76).

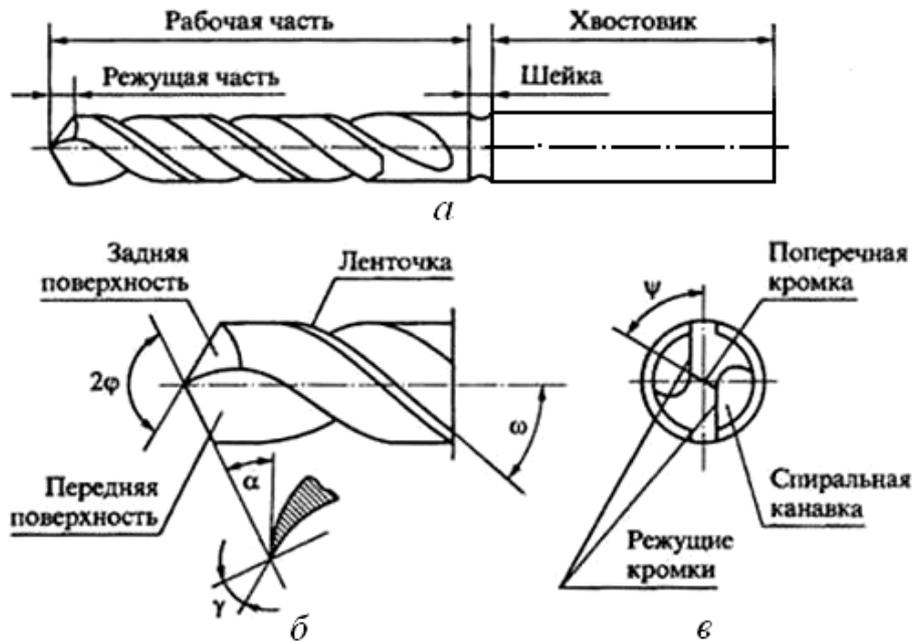


Рис. 1. Элементы спирального сверла:

- a – конструкция сверла; $б$ – конструкция рабочей части;
- $в$ – конструкция режущей части; 2ϕ – угол заточки вершины сверла;
- ω – угол наклона винтовой канавки; α – задний угол лезвия;
- γ – передний угол; ψ – угол наклона поперечной режущей кромки

К режущим кромкам на поверхности сверла примыкают узкие ленточки, направляющие сверло при работе с наименьшим сопротивлением трения в отверстии. *Винтовая канавка сверла* предназначена для удаления стружки из отверстия, образующейся при резании.

Шейка сверла – промежуточная часть между рабочей частью и хвостовиком. Хвостовик служит для закрепления сверла в патроне станка.

Рекомендуемые номинальные углы резания:

- задний угол $\alpha = 20\text{--}30^\circ$,
- угол заострения (заточки) $\beta = 20\text{--}25^\circ$,
- угол резания $\delta = 40\text{--}50^\circ$.

Передний угол на чертежах сверла не проставляют, так как положение и форму передней поверхности сверла определяет угол наклона винтовой канавки ω . Передняя поверхность лезвия сверла винтовая. Угол наклона винтовой канавки уменьшается при приближении к оси сверла, поэтому передний угол лезвия – величина переменная. Чем ближе рассматриваемая точка к оси сверла, тем меньше этот угол. На периферии сверла передний угол, замеренный в рабочей секущей плоскости, равен углу наклона винтовой канавки ω .

Винтовая канавка сверла предназначена для вывода стружки из просверленного отверстия. Она создает требуемый передний угол резания лезвия, позволяющий с наименьшим энергопотреблением срезать стружку. Чем больше объем винтовой канавки, тем проще отвести стружку из отверстия. Однако винтовая канавка ослабляет тело сверла, понижает его прочность.

Угол подъема винтовой канавки находится из соотношения:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{S},$$

где D – диаметр рабочей части сверла, мм;

S – шаг винтовой канавки, мм.

Увеличение угла наклона винтовой канавки ω приводит к увеличению рабочего пространства для размещения стружки, к увеличению переднего угла γ , к снижению угла резания δ , а это, в свою очередь, приводит к снижению сил и мощности резания. Увеличение угла ω от 22° до 30° приводит к уменьшению крутящего момента на 20–30 %

Транспортирование стружки

Рассмотрим схему транспортирования стружки из отверстия при сверлении (рис. 2).

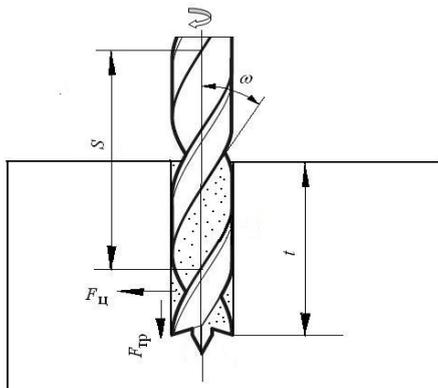


Рис. 2. Схема удаления стружки и конструкция сверла

При работе сверло заглубляется в древесину со скоростью подачи V_s . При заглублении на небольшую глубину dt сверло диаметром D срезает слой древесины

$$\text{объемом } dO = \frac{\pi D^2}{4} dt \text{ (см}^3\text{),}$$

$$\text{массой } dm = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{4} dt \text{ (кг),}$$

где ρ – плотность древесины, г/см³.

В каждую из двух винтовых канавок попадает половина указанной массы стружки, кг:

$$dm_0 = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{8} dt. \quad (1)$$

Стружка, попавшая в канавки, вращается вместе со сверлом и под действием центробежных сил $dF_{ц}$ прижимается к внутренней цилиндрической поверхности отверстия, Н:

$$dF_{ц} = \frac{dmV^2}{r}, \quad (2)$$

где V – максимальная окружная скорость вращения сверла, м/с;

r – радиус сверла, м.

$$V = \frac{\pi D n}{60000}, \quad (3)$$

где D – наружный диаметр сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

Заметим, что на периферии сверла окружная скорость вращения равна V , на средней цилиндрической поверхности (в точке на середине режущей кромки) – $0,5V$, а в точке режущей кромки, расположенной около центра, близка к нулю (рис. 3). По такой же закономерности изменяются и центробежные силы. В пространстве, расположенном в промежутке между периферией сверла и цилиндрической поверхностью с диаметром $D/2$, центробежные силы отбрасывают стружку к стенке отверстия. В пространстве внутреннего цилиндра, особенно около сердцевины, окружные скорости вращения сверла близки к нулю и центробежные силы небольшие по величине, неспособные преодолеть сопротивление трения, чтобы отбросить стружку к периферии. Здесь стружка только вращается вместе со сверлом.

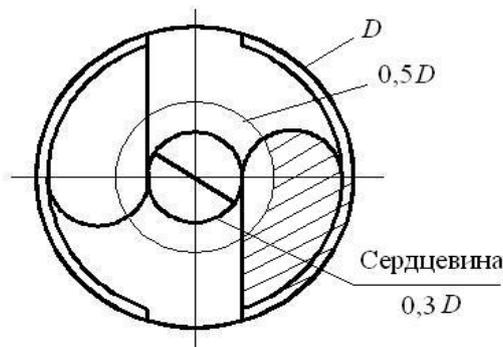


Рис. 3. Поперечное сечение спирального сверла

Найдем массу стружки, срезаемой в периферийной зоне между цилиндрическими поверхностями с диаметрами D и $0,5D$, кг:

$$dm_1 = 0,001 \frac{(\pi D^2 - \pi(0,5D)^2)\rho}{8} dt = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt. \quad (4)$$

Масса стружки между сердцевиной и цилиндрической поверхностью с диаметром $0,5D$, кг:

$$dm_2 = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt. \quad (5)$$

На цилиндрической поверхности отверстия стружка тормозится силами трения, Н:

$$dF_{\text{тр}} = dF_{\text{ц}} f = \frac{dm_1 V^2}{r} f = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt \frac{V^2}{r}, \quad (6)$$

где f – коэффициент трения скольжения древесной стружки по деревянной поверхности отверстия ($f = 0,5$).

Сила трения создает тормозной вращательный момент, а также препятствует перемещению стружки в осевом направлении сверла. Стружка стремится остановиться около поверхности отверстия. Однако винтовая поверхность канавки сверла подхватывает стружку и, преодолевая торможение, вращает ее. В результате на поверхности канавки касательно к ней возникает усилие $F_{\text{к}}$, создающее скольжение стружки по канавке к выходу:

$$dF_{\text{к}} = dF_{\text{тр}} \sin(\omega + \rho_1) = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt \frac{V^2}{r} \sin(\omega + \rho_1), \quad (7)$$

где ρ_1 – угол трения стружки по стальной поверхности канавки сверла;

ω – угол подъема винтовой поверхности канавки;

$$\text{tg}\omega = \frac{S}{\pi d},$$

где S – шаг винтовой канавки.

Стружка, словно гайка на вращающемся винте, скользит по канавке и выходит из отверстия. При оптимальном режиме сверления количество удаляемой разрыхленной стружки должно равняться количеству образующейся разрыхленной стружки. Производительность удаления стружки зависит от глубины сверления, частоты вращения сверла и параметров сверла – диаметра и шага винтовой канавки. Чем больше глубина сверления, тем больше силы трения стружки в отверстии, препятствующие выносу стружки. С увеличением частоты вращения производительность выноса стружки увеличивается.

Производительность вновь образующейся стружки зависит от подачи на зуб при сверлении. При малых значениях подачи на зуб образуется небольшое количество разрыхленной стружки, и сверло беспрепятственно удаляет ее из отверстия. При больших значениях подачи на зуб образуется много разрыхленной стружки, и сверло не успевает удалить ее из зоны сверления. В отверстиях канавок образуются брикеты уплотненной стружки.

Сравнивая формулы (4) и (5), отметим, что $\frac{3}{4}$ образовавшихся стружек расположены в периферийной зоне сверла и они нормально удаляются по канавкам сверла из отверстия. При этом $\frac{1}{4}$ часть стружек расположена в центральной зоне сверла, около его сердцевины, и эта часть стружек плохо удаляется из отверстия. Стружка не отбрасывается к стенкам отверстия, угол подъема винтовой линии канавки около сердцевины сверла близок к 90° , и канавка оказывает большое сопротивление продвижению стружки. Старая стружка в этой зоне выталкивается вновь образующейся. Здесь она уплотняется, и зарождаются плотные брикеты.

По мере увеличения глубины сверления или с форсированием подачи объем брикетов быстро распространяется на весь объем канавки. Вынос стружки из отверстия прекращается. Дальнейшее сверление становится невозможным, так как брикеты заклинивают поворот сверла в отверстии.

Для любого режима сверления можно выделить критическую глубину, превышение которой недопустимо. При достижении этой глубины сверло надо поднять из отверстия, очистить от брикета стружки и продолжить сверление до следующей критической глубины. Глубина сверления массивной древесины за один проход рекомендуется $t \leq 10d$ [1]. Это слишком неопределенно.

Срезанная стружка, перемещаясь по винтовым канавкам сверла, ломается, разрыхляется. Примем коэффициент полнодревесности разрыхленно-воздушной стружки $K_v = 0,03125$. В этом случае разрыхленные стружки в воздухе будут занимать объем в 32 раза больше объема массивной древесины [3].

Найдем объем разрыхленно-воздушных стружек, поступающих в одну канавку в периферийной зоне за 1 мин работы сверла, $\text{мм}^3/\text{мин}$:

$$Q_c = 3 \frac{\pi D^2}{32 K_v} S_z n, \quad (8)$$

где S_z – подача на 1 зуб сверла, мм.

Осевая скорость подъема стружки, $\text{мм}/\text{мин}$:

$$V_{oc} = 0,5V \sin 2\omega = 0,5\pi D n \sin 2\omega, \quad (9)$$

где ω – угол между продольной осью сверла и касательной к поверхности винтовой канавки.

Найдем живое сечение (поперечное сечение) канавки в периферийной зоне сверла (рис. 3, заштрихованная зона), приблизительно приняв его как разность площади сектора и площади прямоугольника, мм^2 :

$$s \approx \frac{1}{4} \frac{\pi D^2}{4} - \frac{D}{2} \frac{0,3D}{2} = 0,12D^2.$$

Производительность канавки, мм³/мин:

$$P_k = sV_{oc} = 0,12D^2 0,5\pi Dn \sin 2\omega.$$

$$P_k = 0,06D^3 \pi n \sin 2\omega. \quad (10)$$

Приравнивая Q_c и P_k , получим:

$$3 \frac{\pi D^2}{32K_v} S_z n = 0,06D^3 \pi n \sin 2\omega.$$

При $K_v = 0,03 \cdot 125$ находим максимально допустимую величину подачи на зуб, мм:

$$S_z = 0,64DK_v \sin 2 \left(\arctg \frac{\pi D}{S} \right). \quad (11)$$

Отсюда следует, что с увеличением шага винтовой канавки или с уменьшением угла наклона канавки допустимая величина подачи на зуб уменьшается.

Библиографический список

1. Ивановский Е.Г. Резание древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 200 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины. СПб: Лань, 2016. 308 с.
3. Глебов И.Т., Амет Г. Удаление стружки при сверлении // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междунар. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2015. С. 137–142.

УДК 656.091.4

Н.К. Казанцева, Е.С. Синегубова

(N.K. Kazanceva, E.S. Sinegubova)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: sinyes@yandex.ru

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

EVALUATION OF THE CONFORMITY OF WHEELED VEHICLES

Оценка соответствия – это прямое или косвенное подтверждение соответствия объекта заявленным требованиям. Формы оценки соответствия и правила их выполнения для колесных транспортных средств устанавливает технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» ТР ТС 018/2011. В материалах статьи представлена информация о вариантах оценки соответствия колесных транспортных средств, о необходимых документах, подтверждающих соответствие требованиям безопасности, а также о правилах маркировки колесных транспортных средств, прошедших процедуру оценки соответствия и подтвердивших соблюдение требований безопасности [1–5].