

Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины: учеб. пособие / И.Т. Глебов. – СПб.: Лань, 2010. – 256 с.
2. Глебов И.Т. Зависимость сил резания от направления строгания и ширины кромок фанеры / И.Т. Глебов, В.В. Глебов // Лесной журнал. – № 1 – 2014. – С. 87–91.

УДК 674.05

И.Т. Глебов, Г. Амет
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), git5@yandex.ru

УДАЛЕНИЕ СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

REMOVAL OF SHAVING WHEN DRILLING

Приведен анализ геометрической и математической моделей принципа удаления стружки в процессе сверления древесины. Предложена формула для допустимой подачи на зуб при сверлении без брикетирования стружки и заклинивания сверла. Проведены экспериментальные исследования, выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Показана удовлетворительная сходимость результатов.

The analysis of the geometrical and mathematical models of the principle of chip removal during drilling of wood. The formula for allowable feed per tooth when drilling without briquetting chips and jamming. Experimental studies, comparison of calculated and experimental data. A satisfactory shadeport results.

При сверлении отверстий образовавшаяся стружка по канавкам сверла отводится из зоны резания, однако механизм удаления стружки остается непонятным.

Обработка отверстий в древесине и древесных материалах часто осуществляется винтовыми сверлами на сверлильных станках. По конструкции винтовые сверла могут быть с конической заточкой (по ГОСТу 22057-76), с центром и подрезателями (по ГОСТу 22053-76), с пластинами твердого сплава (по ТУ 2-035-962-84). Сверло состоит из хвостовика, с помощью которого оно крепится в патроне шпинделя станка, и рабочей части [1]. Рабочая часть включает два зуба с режущими кромками, передними 2 и задними 1 поверхностями, перемычкой 3, винтовые канавки для отвода стружки из зоны резания и узкие ленточки 4, центрирующие сверло в цилиндрическом отверстии (рис. 1).

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

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

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

где ρ – плотность древесины, г/см³.

В каждую винтовую канавку попадает половина указанной массы стружки, кг:

$$dm_1 = 0,001 \frac{\pi d^2 \rho}{8} dt .$$

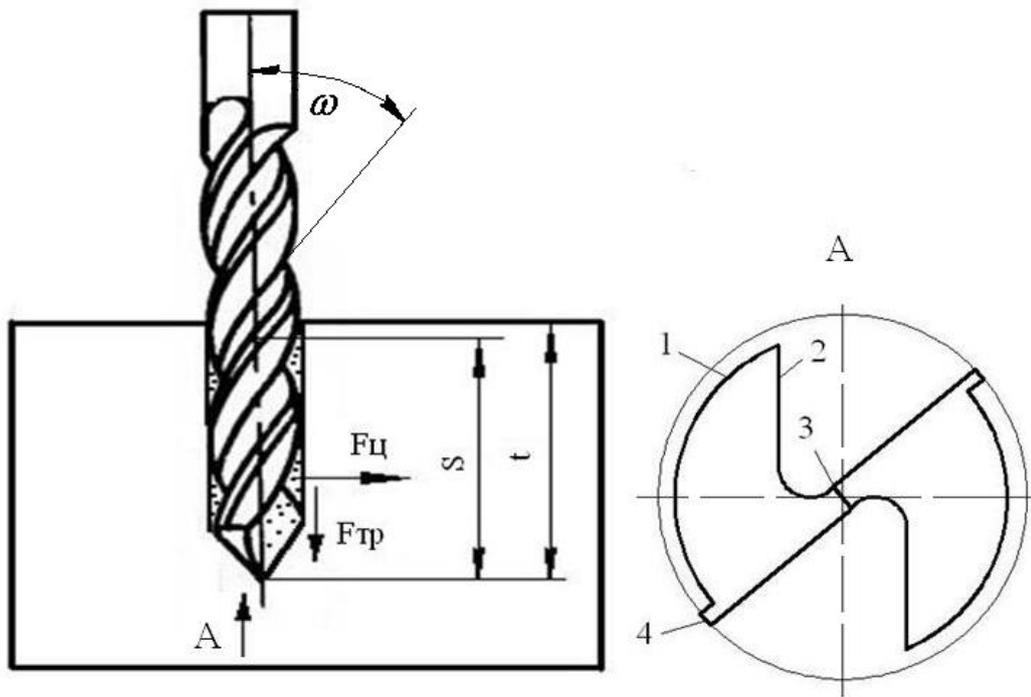


Рис. 1. Схема удаления стружки и конструкция сверла

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

$$dF_u = \frac{dm_1 V^2}{r},$$

где r – радиус сверла, м;

V – максимальная окружная скорость вращения сверла, м/с:

$$V = \frac{\pi d n}{60000},$$

где d – наружный диаметр сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

На внутренней цилиндрической поверхности отверстия возникает сила трения, Н:

$$dF_{mp} = dF_u f = \frac{dm_1 V^2}{r} f,$$

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_k , создающее скольжение стружки по канавке к выходу,

$$dF_k = dF_{mp} \sin(\omega + \rho_1),$$

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

ω – угол подъема винтовой поверхности канавки; $\operatorname{tg} \omega = \frac{S}{\pi d}$,

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 отверстии в канавках образуются брикеты уплотненной стружки.

Брикеты начинают образовываться около режущих кромок сверла. Вынос их 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 $t \leq 10d$ [2]. Это слишком неопределенно.

Стружка перемещается по винтовым канавкам сверла в разрыхленновоздушном состоянии. Примем коэффициент полнодревесности разрыхленновоздушной стружки $K_v = 0,0625$. В этом случае разрыхленные стружки в воздухе будут занимать объем в 16 раз больше объема массивной древесины. Найдем объем разрыхленновоздушных стружек, поступающих в одну канавку за 1 мин работы сверла, $\text{мм}^3/\text{мин}$:

$$Q_c = \frac{\pi d^2}{4K_v} S_z n, \quad (1)$$

где S_z – подача на 1 зуб сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин^{-1} .

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

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

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

$$\omega = \arctg \frac{\pi d}{S}.$$

Примем поперечное сечение канавки равным $\frac{1}{4}$ поперечного сечения отверстия. Тогда производительность канавки будет равна произведению поперечного сечения канавки, заполненной стружками, и скорости осевого перемещения стружки, $\text{мм}^3/\text{мин}$:

$$P_k = \frac{\pi d^2}{4 \cdot 4} 0,5\pi d n \sin 2\omega. \quad (3)$$

Приравнивая Q_c и P_k , получим:

$$\frac{\pi d^2}{4K_v} S_z n = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{8} \pi d n \sin 2\omega.$$

Отсюда при $K_v = 0,0625$ находится максимально допустимая величина подачи на зуб, мм:

$$S_z = \frac{\pi d \sin 2(\arctg \frac{\pi d}{S})}{128} \quad (4)$$

Пример. По полученной формуле ниже для заданных сверл получены допустимые значения подачи на зуб. На практике подача на зуб при сверлении древесины изменяется в диапазоне 0,1–2,0 мм (табл. 1).

Таблица 1

Данные примера

Параметр	Значение			
Диаметр сверла, мм	4	6	10	12
Шаг спирали сверла, мм	30	37	60	80
Допустимая подача на зуб, мм	0,070	0,119	0,202	0,227

Для проверки теоретических исследований были проведены лабораторные испытания процесса сверления. Для сверления были выпилены из фанеры толщиной 9 мм 5 заготовок 120×120 мм и саморезами объединены в блок толщиной 45 мм. Сверление выполняли спиральным сверлом диаметром 6 мм на станке с ЧПУ. На станке изменялась глубина сверления, частота вращения шпинделя и скорость подачи. Результаты экспериментов приведены в прилагаемой таблице 2.

Таблица 2

Исследуемые режимы сверления фанеры

Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Скорость подачи сверла V_s , мм/мин	Глубина сверления t , мм	Наличие брикета	Длина брикета l , мм	Подача на зуб S_z , мм
3000	1000	20	Нет	0	0,167
		25	Да	5	
		30	Да	10	
		40	Да	15	
	750	20	Нет	0	0,125
		25	Да	5	
		30	Да	10	
		40	Да	15	
	500	20	Нет	0	0,083
		25	Нет	0	
		30	Нет	0	
		40	Да	5	
250	20	Нет	0	0,042	
	25	Нет	0		
	30	Нет	0		
	40	Нет	0		
2000	1000	20	Нет	0	0,25
		30	Да	5	
		40	Да	Заклинило	
	750	20	Нет	0	0,188
		30	Да	5	
		40	Да	15	
	500	20	Нет	0	0,125
		30	Нет	0	
		40	Да	5	

Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Скорость подачи сверла V_s , мм/мин	Глубина сверления t , мм	Наличие брикета	Длина брикета l , мм	Подача на зуб S_z , мм	
1000	250	20	Нет	0	0,063	
		30	Нет	0		
		40	Нет	0		
	1000	1000	20	Да	Заклинило	0,5
			30	Да	Заклинило	
			40	Да	Заклинило	
	750	750	20	Да	5	0,375
			30	Да	Заклинило	
			40	Да	Заклинило	
500	500	20	Да	5	0,250	
		30	Да	10		
		40	Да	15		
250	250	20	Нет	0	0,125	
		30	Нет	0		
		40	Да	5		

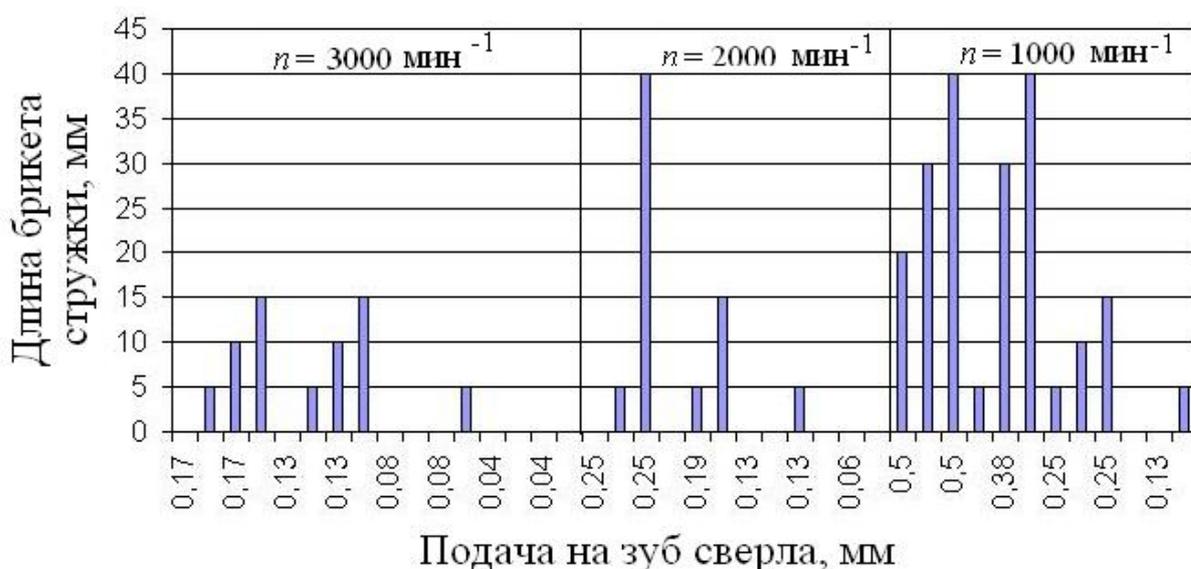


Рис. 2. Зависимость длины брикета стружки от подачи на зуб при сверлении фанеры сверлом диаметром 6 мм

Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. При подаче на зуб сверла $S_z = 0,063-0,083$ мм брикет стружки при сверлении не образуется. Удаление стружки из отверстия происходит без помех.
2. При подаче на зуб сверла $S_z = 0,125$ мм брикет стружки образуется при глубине сверления 40 мм.
3. При подаче на зуб сверла $S_z > 0,125$ мм брикеты стружки образуются всегда, и происходит даже заклинивание сверла в отверстии.
4. Предельно допустимая подача на зуб для сверла диаметром 6 мм и шагом винтовой канавки 37 мм по расчетной формуле $S_z = 0,119$ мм. Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований удовлетворительная.

Библиографический список

1. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты / А.Э. Грубе. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 344 с.
2. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Высшая школа, 1975. – 304 с.

УДК 674.05

И.Т. Глебов, Г. Амет
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), git5@yandex.ru

ШЕРОХОВАТОСТЬ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ КРОМОК ФАНЕРЫ

ROUGHNESS OF THE MILLED SURFACE OF EDGES OF PLYWOOD

Приведено определение шероховатости. На станке с ЧПУ из листа фанеры методом фрезерования вырезаны круги при различных режимах резания. На торцевых кромках кругов найдены точки, соответствующие углам перерезания волокон древесины (по лицевому слою фанеры) 0°, 45°, 90°. Построены графики зависимости шероховатости от углов встречи с волокнами.

The definition of roughness. For CNC sheet of plywood cut by milling wheels at different cutting conditions. on the edges of the circles found the end point corresponding to the corners of the cutting of wood fibers (the personal layer of plywood) 0°, 45°, 90°. Plotted roughness on the angles of the meeting with the fibers.

Фрезерные станки с ЧПУ часто используются для раскроя листов фанеры на криволинейные заготовки или для изготовления профильных деталей. Качество обработанных поверхностей оценивается шероховатостью. Шероховатость фрезерованных кромок фанеры зависит от угла перерезания волокон древесины. Направление волокон древесины фанеры принято считать по волокнам лицевого слоя.

На фрезерованной поверхности различают различные виды неровностей. В общем виде обработанную поверхность можно изобразить в виде волнистой линии, на которой различают длину волны L и высоту H . Для характеристики такой поверхности вводят коэффициент формы поверхности.*

$$K = L/H.$$

На обработанной поверхности различают макронеровности, неровности с нерегулируемым и регулируемым шагом.

Макронеровности представляют собой отклонения поверхности от заданной геометрической формы (выпуклость и вогнутость для плоскостей). Для макронеровностей значение $K > 1000$. Для $H = 0,4$ мм, например, $L > 400$ мм.

К неровностям с нерегулируемым шагом относятся разнообразные неровности, образованные при разрушении древесины или при вибрации. К ним относятся ворсистость и мшистость, вырывы, заколы (углубления по границе годовичного слоя).

К неровностям с регулируемым шагом относятся неровности упругого восстановления и кинематическая волнистость, для которых $50 < K < 1000$.

* Глебов И.Т. Резание древесины. СПб.: Лань, 2010. 256 с.